



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

### **1. CONCEPÇÃO DE PROJETO**

O presente memorial tem por objetivo descrever os procedimentos que serão utilizados para executar o projeto em epígrafe, visando atender as exigências legais e técnicas da **Prefeitura Municipal de Sabará - MG**.

As vias serão demarcadas obedecendo o projeto geométrico em comprimento e largura indicada em detalhes, tais como: locação de eixo, marcação dos bordos (LD/LE), fornecimento e marcação da nota de serviço de terraplenagem (corte e aterro), marcação das obras de drenagem pluvial e obras complementares, obras de pavimentação (subleito, sub-base, base e revestimento), obras de drenagem e obras complementares, e finalmente serão executados os serviços de sinalização.

A obra projetada visa melhorar a qualidade de vida da população local, proporcionar um maior conforto e segurança aos usuários da via (motoristas e pedestres), no que tange ao trânsito e ao tráfego em geral.

Para a execução dos projetos, foram adotadas as metodologias previstas nos cadernos de encargos da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – SUDECAP/PBH, DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e devidas normas aprovadas pela ABNT.

### **2. SERVIÇOS EM TERRA**

#### **2.1. SERVIÇOS PRELIMINARES**

##### **2.1.1. DESTOCAMENTO E LIMPEZA**

Os serviços de destocamento e limpeza serão executados objetivando a remover, das áreas destinadas ao rebaixamento do nível do terreno e o recebimento de aterros, às obstruções naturais e artificiais, que porventura existirem tais como, arbustos, entulhos e materiais orgânicos. Serviço medido em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

#### **2.2. TERRAPLENAGEM**

O levantamento topográfico local foi realizado com o auxílio de GPS geodésico, marca CHC e modelo i80, esse que gera uma tabela de coordenadas UTM sistema SIRGAS 2000, que foram corrigidas e deram origem ao projeto topográfico. O projeto topográfico pode ser observado em plantas, parte integrante deste projeto.

Consiste na etapa de preparação do terreno, envolvendo os trabalhos de retirada de materiais indesejados, nivelamento, drenagens provisórias e manutenção de acessos e implantação do greide de projeto (foram utilizados taludes de corte com seção de 1/1,5 e taludes de aterro com seção de 1,5/1). A terraplenagem será executada por empresa



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

habilitada e devidamente licenciada, contemplando as atividades de limpeza do terreno, corte e aterro. O material para aterro será o mesmo extraído do corte. Está prevista a utilização do solo local, resultante da diferença de corte e aterro, como composição de mistura solo-cal para fins de sub-base e solo-brita-cal para a base.

Considerando as classificações usuais de solo, temos:

Primeira categoria - Os materiais que podem ser escavados com o auxílio de equipamentos comuns como trator de esteira e pás carregadeiras são considerados de primeira categoria;

Segunda categoria - São materiais removidos com os equipamentos citados acima, mas que pela sua maior consistência exigem um desmonte prévio feito com escarificador ou equipamentos de ar comprimido.

Terceira categoria - São os materiais “rocha” com resistência à penetração mecânica superior ou igual à do granito e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m, ou de volume igual ou superior a 2 m<sup>3</sup> cuja extração se processa com uso contínuo de explosivos e/ ou equipamentos de ar comprimido.

Foram considerados apenas materiais de primeira categoria para a execução do projeto. Quaisquer outros materiais que não foram contemplados, tais como 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> categorias e solos moles, deverão ser tratados em acordo com a fiscalização e a Prefeitura Municipal de Sabará. Os solos com resíduos e/ou matéria orgânica devem ser retirados e enviados ao aterro sanitário (bota-fora), sendo substituídos por solos de melhor qualidade.

A Rua Aimorés possui um volume de aterro maior do que de corte, necessitando do material retirado das outras ruas. O restante desse material será enviado ao depósito, previsto na Rua Coqueiros, para utilização em etapas subsequentes. Serviço medido em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### **3. PAVIMENTAÇÃO**

O projeto de pavimentação compreende a determinação das camadas que compõem a estrutura a ser adotada para o pavimento de forma que estas camadas sejam suficientes para resistir, transmitir, e distribuir as tensões normais e tangenciais para o subleito, sem sofrer deformações apreciáveis, no período de projeto. O mesmo foi executado pela Empresa Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda e é contemplado como parte anexa ao projeto.

#### **3.1. REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO**

A regularização é um serviço que visa conformar o leito transversal e longitudinal da via pública, compreendendo cortes e ou aterros, cuja espessura da camada deverá ser de no



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

mínimo 20 cm. De maneira geral, consiste num conjunto de operações, tais como aeração, compactação, conformação, de forma que a camada atenda as condições do greide e seção transversal exigidas. Após a execução de cortes e/ou aterros para atingir o greide de projeto, deverá ser feita uma escarificação na profundidade de 20 cm, seguida de pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento. Serviço medido em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### **3.2. SUB-BASE EM SOLO-CAL**

O solo provindo dos cortes da terraplenagem será carregado e transportado ao depósito da Rua Coqueiros. Em paralelo, será feita a regularização do subleito. Finalizada a regularização, o solo será carregado e transportado de volta à rua e nela será misturada, na pista, a cal hidratada calcítica no teor de 2%.

Esta camada tem por finalidade o reforço do pavimento de forma a conferir uma maior resistência aos esforços previstos em projeto e consiste na execução, em conformidade com a seção transversal e o perfil longitudinal do projeto com 15 cm de espessura, de uma camada de solo-cal. Estes serviços só poderão ser iniciados, após a aceitação dos resultados apresentados de outras camadas do pavimento. A única rua que receberá tal camada será a Rua Coqueiros, devido ao seu tráfego e às especificações de projeto.

O material que constituirá a referida sub-base deverá ser disposto uniformemente sobre o subleito em camadas e espalhado de forma a evitar a segregação. Serviço medido em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

### **3.3. BASE EM SOLO-BRITA-CAL (38/60/2)**

O solo provindo dos cortes da terraplenagem será carregado e transportado ao depósito da Rua Coqueiros; a bica corrida, adquirida em pedreira e a cal hidratada calcítica, serão transportadas até a rua. Feita a regularização do subleito e/ou a execução da sub-base o solo será transportado de volta à rua e então será feita a mistura, na pista, de solo-bica corrida-cal no teor necessário para atender a especificação de projeto. A cal hidratada calcítica será adicionada em 2% em relação ao peso da mistura de solo-brita compactada.

Esta especificação se aplica à execução de base granular constituída de solo-bica corrida-cal (38/60/2) com 15,0 cm de espessura já compactada. A mistura de agregados para a base deve apresentar-se uniforme quando distribuída sobre a camada anterior e a deverá ser espalhada de forma única. Após o espalhamento, o agregado umedecido deverá ser compactado com equipamento apropriado. A fim de facilitar a compressão e assegurar um grau de compactação uniforme, a camada deverá apresentar um teor de umidade constante e dentro da faixa especificada no projeto. Serviço medido em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

### **3.4. IMPRIMAÇÃO**



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

O serviço consiste na aplicação de material betuminoso sobre a superfície da base, para promover uma maior coesão e uma maior aderência entre a base e o revestimento, e também para impermeabilizar a base. O material utilizado será o asfalto diluído tipo CM-30, de maneira geral, as taxas devem ser da ordem de 1,2 a 1,8 l/m<sup>2</sup>.

O equipamento utilizado é o caminhão espargidor, salvo em locais de difícil acesso ou em pontos falhos que deverá ser utilizado o espargidor manual. A área imprimada deverá ser varrida para a eliminação do pó e de todo material solto e estar seca ou ligeiramente umedecida. É vedado proceder a imprimação da superfície molhada. O tráfego nas regiões imprimadas só deve ser permitido após decorridas, no mínimo, 24 horas de aplicação do material asfáltico. A imprimação será executada em toda a largura do pavimento, incluindo as sarjetas. Serviço medido em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### **3.5. PINTURA DE LIGAÇÃO**

A superfície a ser pintada deverá ser varrida, a fim de ser eliminado o pó e todo e qualquer material solto. Antes da aplicação, a emulsão deverá ser diluída na proporção de 1:1 com água a fim de garantir uniformidade na distribuição da taxa residual e aplicada a uma taxa em torno de 0,5 l/m<sup>2</sup> de emulsão.

Será aplicado, a seguir, o ligante betuminoso adequado na temperatura compatível com o seu tipo, na quantidade recomendada. A pintura de ligação será executada na pista, exceto na área da sarjeta, em um mesmo turno de trabalho, deixando-a fechada ao trânsito.

A fim de evitar a superposição ou excesso de material nos pontos inicial e final das aplicações, serão colocadas faixas de papel, transversalmente na pista, de modo que o material betuminoso comece e termine de sair da barra de distribuição sobre essas faixas. As faixas serão retiradas a seguir.

Qualquer falha na aplicação deverá ser imediatamente corrigida. Quando o ligante betuminoso utilizado for emulsão asfáltica diluída, recomenda-se que a mistura água e emulsão seja preparada no mesmo turno de trabalho. Deve-se evitar o estoque da mesma por prazo superior a 12 horas. Serviço medido em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### **3.6. CBUQ**

Concreto asfáltico é o revestimento resultante da mistura a quente, em usina adequada, de agregado mineral graduado, material de enchimento e material betuminoso com densidade de 2,4 ton/m<sup>3</sup>, espalhado e comprimido a quente sobre a base imprimada. Após executada a pintura de ligação, serão executados os serviços de pavimentação asfáltica com CBUQ, com espessura de 4 cm compactada, conforme indicada no projeto e composto das seguintes etapas: usinagem, transporte, espalhamento e compactação. A mistura a ser aplicada deverá estar de acordo com o projeto. Deverá ser observado o



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

completo resfriamento do revestimento para abertura ao tráfego. Serviço medido em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

### **3.7. PAVIMENTAÇÃO EM ALVENARIA POLIÉDRICA**

Será executado um colchão de pó de pedra de 8,0 cm para o assentamento das pedras, este será executado sobre a base de solo-brita. Além do colchão inferior, o pó de pedra será espalhado em uma camada de 2,0 cm sobre as pedras já assentadas com a finalidade de, após a compactação, rejuntar e arrematar o pavimento executado.

Juntamente com o pó de pedra, as pedras irregulares serão fornecidas por pedreira, com distribuição uniforme dos materiais constituintes, isentas de sinais de desagregação ou decomposição. Deverão ter forma de poliedros, de quatro a oito faces, com a superior plana, devendo a maior dimensão da face de rolamento ser inferior a altura da pedra quando definitivamente colocada, com diâmetro mínimo 10,0 cm e máximo de 15,0 cm (foi utilizado diâmetro de 12,0 cm no projeto). Não serão aceitas pedras em forma de cunha. As pedras serão assentadas manualmente.

Serão executados travamentos transversais e longitudinais, com meios-fios pré-moldados de concreto. Os travamentos transversais serão executados a cada 15,0 m de pavimento. Serviço medido em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

## **4. SINALIZAÇÃO E ACESSIBILIDADE**

O projeto de sinalização tem a finalidade de fornecer elementos essenciais para a execução dos serviços de sinalização viária vertical e horizontal na área urbana do Município de Sabará, Estado de Minas Gerais. O projeto de sinalização é composto da sinalização vertical com o uso de placas, e da sinalização horizontal, através da pintura feita no revestimento (apenas nas ruas revestidas com CBUQ) da pista, podendo ser faixas, símbolos e letras. A sinalização tem como finalidades informar, regulamentar, indicar e educar o usuário acerca da correta utilização da via, tornando-a mais segura ao trânsito.

A metodologia de execução foi conforme ABNT e projeto básico de Sinalização em anexo. O mesmo foi desenvolvido segundo orientação da Nova Coletânea de Trânsito (CONTRAN), Resoluções de números 599/82 – Manual de Sinalização de Trânsito – Parte I – Sinalização Vertical, e 666/86 – Manual de Sinalização de Trânsito – Parte II – Marcas Viárias e Parte III – Dispositivos Auxiliares à Sinalização.

### **4.1. SINALIZAÇÃO VERTICAL**



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

As placas para sinalização vertical têm por finalidade regulamentar o uso, advertir sobre perigos potenciais e orientar os motoristas e demais usuários da via. Os sinais serão colocados à margem da rua a uma distância mínima de 0,60 m do bordo e fixadas a uma altura de 2,10 m em relação a ele.

As placas deverão ser fixadas em postes galvanizados a serem colocados em furos de 1,0 m de profundidade chumbados com concreto. O posicionamento das placas de sinalização, consiste em fixação ao lado direito da via no sentido do fluxo de tráfego que devem regulamentar. As placas de sinalização devem ser colocadas na posição vertical, fazendo um ângulo de 93° a 95° em relação ao sentido do fluxo de tráfego, voltadas para o lado externo da via. Esta inclinação tem por objetivos assegurar boa visibilidade e leitura dos sinais, evitando o reflexo especular que pode ocorrer com a incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa. Serviço medido por unidades de suportes e placas em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### **4.2. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL**

A sinalização horizontal é estabelecida por meio de marcações ou de dispositivos auxiliares implantados no pavimento e tem como finalidades básicas canalizar os fluxos de tráfego, suplementar a sinalização vertical, principalmente de regulamentação e de advertência, em alguns casos, servir como meio de regulamentação (proibição). As linhas longitudinais têm a função de definir os limites da pista de rolamento e a de orientar a trajetória dos veículos. Serviço medido em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

#### **4.2.1. PRÉ-MARCAÇÃO E ALINHAMENTO**

A pré-marcação será feita com base no projeto e com o uso de equipamentos de topografia, antes da aplicação da pintura à mão ou à máquina.

#### **4.2.2. PREPARO DA SUPERFÍCIE**

Antes da aplicação da tinta, a superfície deve estar seca e limpa, sem sujeiras, óleos, graxas ou qualquer material estranho que possa prejudicar a aderência da tinta ao pavimento. Quando a simples varrição ou jato de ar forem insuficientes, as superfícies devem ser escovadas com uma solução adequada a esta finalidade. A sinalização existente que será modificada deve ser removida ou recoberta não podendo deixar qualquer falha que possa prejudicar a nova pintura do pavimento.

#### **4.2.3. APLICAÇÃO**

A pintura deverá ser executada somente quando a superfície estiver seca e limpa e quando não estiver com os ventos excessivos, poeira ou neblina. A tinta deverá ser misturada de acordo com as instruções do fabricante antes da aplicação. A tinta deverá ser totalmente misturada e aplicada na superfície do pavimento com equipamento apropriado na sua consistência original sem adição de solventes. Se a tinta for aplicada



## AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.

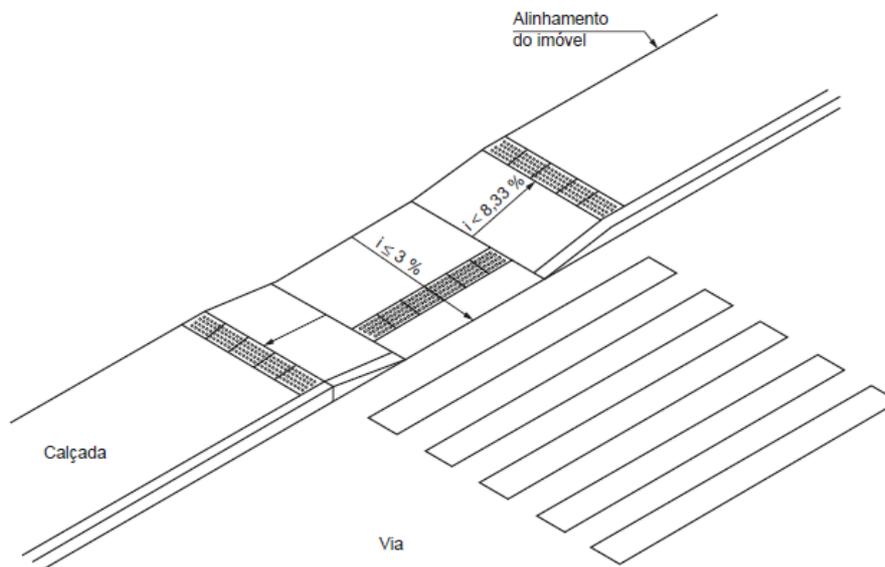
com pincel, a superfície deverá receber duas camadas sendo que a primeira deverá estar totalmente seca antes da aplicação da segunda.

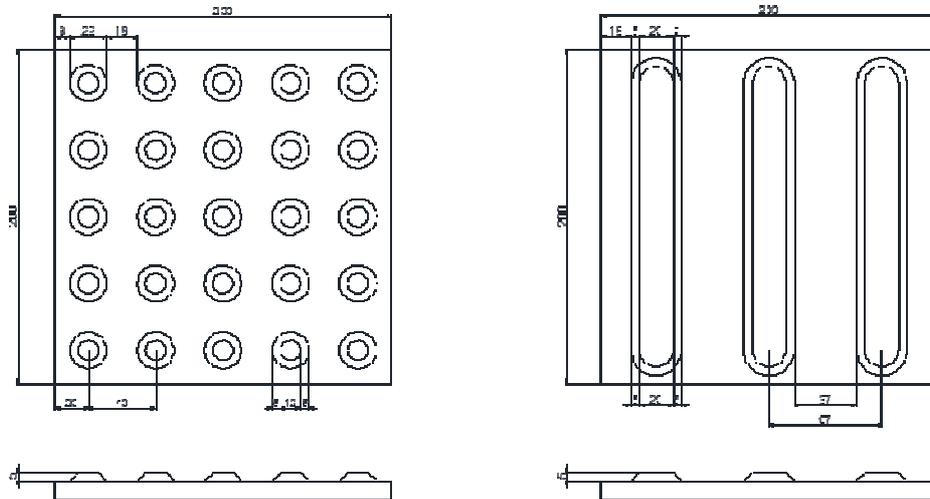
### 4.3. ACESSIBILIDADE

Será adotado piso tátil para a devida sinalização e direcionamento de deficientes visuais pela via, o piso adotado será de borracha e assentado com argamassa de cimento e areia traço 1:3, na espessura de 7 mm, sobre o passeio de concreto executado. Os pisos deverão ser assentados conforme a norma NBR 9050:2015. Serviço medido por área.

As rampas de acessibilidade PNE deverão ser em concreto Fck 20MPa com espessura de 0,08 m. A inclinação nunca deverá exceder 8,33% e deve ser sempre constante. Não deverá haver desnível entre o fim da rampa e a rua. Deverão ser assentados pisos de alerta e direcionais conforme observado na NBR 9050:2015. As rampas devem ser localizadas em lados opostos de uma via, e devem estar alinhadas, preferencialmente coincidindo com a faixa de pedestres.

Como a silhueta das ruas não permitem uma largura de passeio uniforme foi adotada a solução de rebaixamento de calçadas estreitas, conforme figura abaixo. Serviço medido por unidade.





## 5. PECULIARIDADES

As interferências encontradas durante a fase de projeto, que não estão em seu escopo, deverão ser sanadas pela Prefeitura Municipal antes e/ou durante a execução da obra.

### 5.1. Rua Abaeté

A rua será pavimentada com CBUQ em sua totalidade.

Entre as estacas E7+14 e E10 teremos um escalonamento do talude formado por materiais inertes. Esse material será retirado e substituído por material de melhor qualidade. A cubação e o projeto desse escalonamento foram executados e estão em anexo ao projeto.

### 5.2. Rua Aimorés

A pavimentação da Rua Aimorés é dada em CBUQ da estaca E0 até E2, em poliédrico com escada em concreto armado para pedestre no bordo esquerdo da pista da estaca E2 até E7 e em CBUQ da estaca E7 até E12+0,515.

No trecho entre as estacas E2 e E7, por motivos de segurança, foi adotada compactação manual com compactador de percussão.

### 5.3. Rua Carlos Chagas

#### 5.3.1. Trecho 1

Pavimentação em CBUQ em sua totalidade.

#### 5.3.2. Trecho 2

Pavimentação em calçamento poliédrico da estaca E0 até E5 e em CBUQ da estaca E5 até E10+7,445.

### 5.4. Rua Cláudio



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

Pavimentação em CBUQ da estaca E0 até E3+9, em calçamento poliédrico da estada E3+9 até E7 e CBUQ da estaca E7 até a estaca E14+15,433.

### 5.5. Rua Coqueiros

A Rua Coqueiros será pavimentada em sua totalidade com CBUQ e será a única rua que receberá a camada de sub-base devido ao tráfego da mesma.

### 5.6. Rua Esplendor

Pavimentação em CBUQ em sua totalidade.

### 5.7. Rua Governador Valadares

Pavimentação em CBUQ da estaca E0 até E2, em calçamento poliédrico da estaca E2 até E10 e em CBUQ da estaca E10 até E27+3. A partir da estaca E27+3 até a estaca E30+12,036 teremos a construção de uma escada em concreto armado na largura total da pista, não permitindo o fluxo de veículos neste trecho. Com isso, a Rua Governador Valadares será uma rua sem saída desde a interseção com a Rua Carangola.

Da estaca E30+12,036 até a estaca E31+4,318 teremos a concretagem do trecho, interligando com o trecho concretado existente.

### 5.8. Rua Pirapora

#### 5.8.1. Trecho 2

Pavimentação em calçamento poliédrico da estaca E0 até a estaca E6 e em CBUQ da estaca E6 até E14+6,709.

### 5.9. Rua Teófilo Otoni

Pavimentação em calçamento poliédrico em sua totalidade.

A rua receberá a sinalização prevista para a implantação da creche que será executada no platô existente.

## **6. MEMÓRIA DE CÁLCULO**

### 6.1. Largura da Pista

A largura da pista foi calculada pela média ponderada das larguras medidas no projeto topográfico considerando como peso a distância medida por estacas.

### 6.2. Instalação do canteiro de obra e serviços preliminares

Previu-se a instalação do canteiro de obras na Rua Coqueiros com área de 10.000 m<sup>2</sup> (100 x 100 m). Foi considerado um valor proporcional para cada rua com base na área das mesmas, visto que será implantado apenas um canteiro e este servirá a todas as ruas. Os serviços contemplados como administração local e os consumos de água, energia elétrica e telefone também foram divididos proporcionalmente.



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

As instalações foram projetadas para atender as demandas das ruas com as seguintes dimensões:

- Escritório (3,30 x 4,40 m);
- Almoxarifado (3,30 x 4,40 m);
- Sanitários/Vestiários (3,30 x 8,80 m);
- Refeitório (3,30 x 5,50 m).

### 6.3. Remoções e demolições

Foi considerada a demolição de alguns pavimentos asfálticos, calçamentos poliédricos e concretagens feitas na pista devido a baixa qualidade desses revestimentos encontrados no local, estando os mesmos totalmente danificados e impróprios para o tráfego e trânsito. Esses serviços foram quantificados e orçados com seus custos incluídos como contrapartida da Prefeitura Municipal de Sabará.

### 6.4. Terraplenagem

O volume de corte e aterro para as obras em terra foram calculados com base da folha de cubação em anexo.

#### 6.4.1. Carga mecânica de material para bota-fora

A carga mecânica de material para bota-fora foi calculada com base na diferença de volume de corte e aterro com o empolamento do material de 30% de seu volume.

#### 6.4.2. Transporte de solo de primeira categoria para bota-fora

O transporte de solo de primeira categoria foi calculado considerando o aterro sanitário CTR Macaúbas como local de bota-fora.

#### 6.4.3. Ensaio tecnológicos

Para todos serviços a serem realizados serão realizados ensaios para o controle tecnológico. Na regularização do subleito, serão feitos os ensaios de granulometria, limites de liquidez e plasticidade a cada 250 metros, compactação a cada 100 metros, CBR a cada 500 metros, ensaio de determinação do teor de umidade a cada 200 metros e da massa específica do solo a cada 100 metros.

Na execução da base e sub-base serão executados os ensaios de granulometria, limites de liquidez e plasticidade a cada 150 metros, compactação a cada 100 metros, CBR a cada 300 metros, ensaio de determinação do teor de umidade a cada 200 metros e da massa específica do solo a cada 100 metros.

Para o controle de qualidade do CBUQ, teremos a realização dos seguintes ensaios por tonelada de material aplicado: ensaio de penetração, viscosidade Saybolt-Furol, ponto de



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

fulgor, susceptibilidade térmica, ensaio de espuma, granulometria do agregado, ensaio Marshall, compressão diametral e densidade do material betuminoso.

Para o controle da pavimentação em alvenaria poliédrica teremos a execução do ensaio de granulometria e de determinação de impurezas orgânicas.

Os ensaios serão medidos por unidade.

### 6.4.3.1. Ensaio de granulometria

O ensaio de granulometria é utilizado para determinar a distribuição granulométrica do material, ou seja, a percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de grãos representa na massa seca total utilizada para o ensaio.

### 6.4.3.2. Limite de liquidez

O limite de liquidez (LL) é o teor em água acima do qual o solo adquire o comportamento de um líquido. É possível determinar o limite de liquidez de um solo através do dispositivo de Casagrande.

### 6.4.3.3. Limite de plasticidade

O Limite de plasticidade (LP) é o teor de umidade abaixo do qual o solo passa do estado plástico para o estado semi-sólido, ou seja, o solo perde sua trabalhabilidade e se torna quebradiço. O ensaio de determinação do limite de plasticidade consiste, basicamente, em se determinar a umidade do solo quando uma amostra começa a fraturar ao ser moldada com a mão sobre uma placa de vidro, conforme um gabarito cilíndrico com cerca de 10 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro.

### 6.4.3.4. Ensaio de compactação

Através do ensaio de compactação é possível obter a densidade máxima do maciço terroso, condição que otimiza a estrutura do pavimento. O ensaio consiste em compactar uma porção de solo em um cilindro com volume conhecido, variando a umidade de forma a obter o ponto de compactação máximo no qual obtém-se a umidade ótima de compactação.

### 6.4.3.5. Ensaio CBR

O ensaio CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão de brita estabilizada granulometricamente. Essa relação é expressa em porcentagem.



### 6.4.3.6. Ensaio de teor de umidade

Foi considerado o método estufa padrão para a realização do ensaio de determinação do teor de umidade, o procedimento é dado inserção da amostra em uma capsula e em seguida, determina-se o peso da capsula e do conjunto. Leva-se o material para estufa por 24 horas e, após isto, pesa-se novamente para determinar a quantidade água que evaporou. Com esses dados em mão, fez-se um cálculo da diferença da massa total antes de ir para estufa e da massa após retirar da estufa, obtendo, assim, a quantidade e percentual de água existente na amostra original.

### 6.4.3.7. Ensaio de determinação de massa específica com emprego de balão de borracha

Para a determinação da massa específica deve-se limpar a superfície do solo onde será feita a determinação, tornando-a, tanto quanto possível, plana e horizontal, faz-se uma perfuração cilíndrica, instala-se o aparelho no rebaixo da bandeja, abre-se o registro, aciona-se a bomba de borracha de modo a produzir pressão sobre a água até que o nível desta, na proveta, permaneça constante, indicando que o balão de borracha, cheio de água, tomou todo o volume da cavidade. Fecha-se o registro e anotar a leitura. Inverte-se a bomba e tem-se os valores para calcular a massa específica.

### 6.4.3.8. Ensaio de penetração

O ensaio de penetração tem como objetivo descrever o modo pelo qual deve ser determinada a penetração de materiais asfálticos sólidos e semi-sólidos, para determinação do seu tipo.

### 6.4.3.9. Viscosidade Saybolt-Furol

O ensaio de viscosidade Saybolt-Furol tem como objetivo a determinação da viscosidade de materiais betuminosos à alta temperatura e determina aspectos como a trabalhabilidade da emulsão.

### 6.4.3.10. Ponto de fulgor

O ponto de fulgor é um ensaio ligado a segurança de manuseio do asfalto durante o transporte, estocagem e usinagem. Representa a menor temperatura na qual os vapores emanados durante o aquecimento do material asfáltico se inflamam por contato com uma chama padronizada.

### 6.4.3.11. Susceptibilidade térmica

O cálculo da susceptibilidade térmica é feito para determinar faixa de temperatura correspondente à transição entre sólido e líquido, que é influenciada pela proporção dos quatro componentes do ligante asfáltico e pela interação entre eles.

### 6.4.3.12. Ensaio de espuma



## **AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

O ensaio de espuma visa a avaliação da presença de água na mistura. O CAP não deve conter água pois, ao ser aquecido, pode formar espuma causando explosões visto que há dificuldade do material de liberar as bolhas de água aquecidas, que, ao forçarem a liberação, podem lançar gotículas de asfalto a longas distâncias.

### **6.4.3.13. Ensaio Marshall**

O ensaio Marshall consiste na determinação da estabilidade e da fluência das misturas betuminosas de cimento asfáltico por meio de sua aparelhagem.

### **6.4.3.14. Ensaio de compressão diametral**

O ensaio de compressão diametral tem como objetivo determinar a resistência à tração por compressão diametral de misturas betuminosas utilizadas em projetos de pavimentos flexíveis.

### **6.4.3.15. Ensaio de determinação da densidade do material betuminoso**

O ensaio de determinação da densidade do material betuminoso utiliza o picnômetro para determinação da massa específica de materiais líquidos e semi-sólidos a 25°C ou 16°C.

### **6.4.3.16. Determinação de impurezas orgânicas**

O ensaio de determinação de impurezas orgânicas estabelece a avaliação colorimétrica do agregado miúdo. Deve-se avaliar a quantidade de matéria orgânica comparando a cor da solução obtida com a da solução padrão e anotar se a cor é mais escura, mais clara ou igual.

## **7. DRENAGEM**

Os projetos de drenagem foram executados pelo engenheiro Harlley Cavalcante R. Moreira, CREA-MG 180.914/D e estão em anexo ao projeto.

## **8. ORÇAMENTO**

Foram utilizadas as tabelas SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil e SUDECAP no projeto, adotando os preços desonerados e referência de novembro/2017, bem como para as composições.

## **9. CRONOGRAMA FÍSICO DE EXECUÇÃO DE OBRA**

Até 18 (dezoito) meses, conforme cronograma da Caixa Econômica Federal.



**AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.**

  
**João Batista Z. C. Almeida**  
Eng.º Civil e Agrim. CREA-MG: 31.959D

**Alexandro Moks do Carmo**  
Secretário Municipal de Obras - Sabará



## AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.

### NOTA TÉCNICA

Para uma melhor compreensão dos trechos das ruas e suas larguras, foram criadas as tabelas abaixo com a devida discriminação de larguras das pistas de rolamento e passeios. Foram adotados critérios de larguras mínimas para a pista de rolamento, observando o sentido do tráfego da via, para adoção das demais larguras e definições acerca do restante do pavimento.

#### Rua Abaeté

Rua Abaeté					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	3+4	4,00	1,00	-	-
3+4	11+6	4,00	1,00	1,50	1,50

Não foi possível manter o passeio entre as estacas E0 e E3+4 devido ao estreitamento da via.

#### Rua Aimorés

Rua Aimorés					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0+10	2,00	4,40	1,00	-	-
2,00	7,00	4,00	1,00	1,50	1,50
7,00	12,00	4,40	1,00	-	1,50

Conforme a largura da via varia em função de construções irregulares, deve-se ajustar o passeio do trecho entre as estacas E2 e E7 de forma que mantenham os 4 m de pista de rolamento e o passeio do lado esquerdo (escada) com 1,50 m, variando apenas o passeio do lado direito.

#### Rua Carlos Chagas – Trecho 1

Rua Carlos Chagas - Trecho 1					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	10+14	4,60	1,00	1,20	1,20

#### Rua Carlos Chagas – Trecho 2

Rua Carlos Chagas - Trecho 2					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	4+10	4,80	1,00	-	1,20
4+10	10+7	4,00	1,00	-	-



## AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.

Não foi possível manter o passeio entre as estacas E0 e E4+10 do lado esquerdo e nem entre as E4+10 e E10+7 em ambos os lados, devido ao estreitamento da via.

### Rua Cláudio

Rua Cláudio					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	7	6,00	1,00	1,50	1,50
7	11	4,70	1,00	-	-
11	14+15	6,00	1,00	1,50	1,50

Não foi possível manter o passeio entre as estacas E7 e E11 devido ao estreitamento da via.

### Rua Coqueiros

Rua Coqueiros					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	6	5,80	1,00	-	2,00
6	32+15	5,80	1,00	-	1,20
32+15	36+3	5,00	-	-	-
36+3	37+8	15,00	-	-	-

No trecho entre as estacas E0 e E6 temos uma largura total de 11 m em média, a diferença entre a largura proposta e a existente deverá ser mantida no bordo esquerdo e será gramada. Foi priorizado o passeio do lado direito da via, pois não existem residências no outro bordo. Não foi possível manter o passeio entre as estacas E32+15 e E37+8, devido ao estreitamento da via.

### Rua Esplendor

Rua Esplendor					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	3+17	7,00	1,00	1,50	1,50

### Rua Governador Valadares

Rua Governador Valadares					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
1	3+10	3,00	1,00	-	-
3+10	9+17	7,00	1,00	1,50	1,50
9+17	27+4	5,60	1,00	1,20	1,20



## AZ - PROJETOS E CONSTRUÇÕES LTDA.

Não foi possível manter o passeio entre as estacas E1 e E3+10 devido ao estreitamento da via.

### Rua Pirapora – Trecho 2

Rua Pirapora - Trecho 2					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	14+6	4,60	1,00	1,20	1,20

### Rua Teófilo Otoni

Rua Teófilo Otoni					
Trecho		Largura da pista de rolamento	Largura da Sarjeta (ambos os lados)	Largura do passeio	
Estaca inicial	Estaca Final			Lado Esquerdo	Lado Direito
0	10	5,50	1,00	1,50	-
10	17+2	5,50	1,00	1,50	1,00

Não foi possível manter o passeio entre as estacas E0 e E10 do lado direito devido ao estreitamento da via.

# DRENAGEM

## ESTUDOS HIDROLÓGICOS

### INTRODUÇÃO

Os Estudos Hidrológicos têm por finalidade a determinação dos elementos essenciais ao dimensionamento do sistema de drenagem. Para isso, devemos considerar os diversos parâmetros intervenientes da metodologia estabelecida no “Procedimento Padrão Para Contratação e Elaboração de Projetos de Infraestrutura” da PBH, editado pela SUDECAP.

### DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO

#### DELIMITAÇÃO DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

As bacias que perfazem um total de 25 (vinte e cinco) foram traçadas em acordo com primordialmente a locação dos pontos baixos das vias projetadas, as contribuições inerentes a cada projeto, os arruamentos que afetam cada via projetada e as curvas de nível de satélite.

A Base de curvas de nível foi retirada do software "Global Mapper" v19.0 com fonte cartográfica: AsterGdemV2

#### INTENSIDADE DA CHUVA CRÍTICA

A Intensidade Pluviométrica foi estimada com base na equação de chuvas intensas apresentada na dissertação de mestrado de Márcia Maria Guimarães Pinheiro (Escola de Engenharia da UFMG, Orientador: Prof. Mauro Naghetti, 1997) estabelecida com base nas relações intensidade-duração-frequência e de ietogramas típicos de distribuição temporal, para as precipitações históricas da Região Metropolitana de BH, portanto atendendo a cidade de Sabará.

A expressão geral da equação é:

$$I_{T,i} = 0,76542 \times D^{-0,7059} \times P^{0,5360} \times \mu_{T,d}, \text{ onde}$$

$I_{T,i}$  é a estimativa da intensidade de chuva no local “i” associada ao período de retorno T (mm/h);

D é a duração da chuva (horas);

P é a precipitação média anual no local “i” (mm); e,

$\mu_{T,d}$  é o quantil adimensional de frequência regional associado ao período de retorno T e à duração d.

Diante do exposto a precipitação média anual a ser adotada nos estudos e projetos de microdrenagem, no município de Belo Horizonte, será de 1.500 mm.

## **TEMPO DE RECORRÊNCIA – TR**

O Tempo de Recorrência é adotado em função da segurança que se deseja, quanto a prejuízos causados pelas inundações. Para o projeto de redes tubulares e canaletas a metodologia da PBH define o uso de TR – 10 Anos, que foi o adotado.

## **TEMPO DE CONCENTRAÇÃO**

O Tempo de Concentração é calculado em função de dados físicos da bacia de drenagem. Para bacias com até 5,0 km<sup>2</sup>, com características naturais e para loteamentos com sistema viário definido, a metodologia propõe o uso da fórmula de Kirpich.

O tempo de concentração foi calculado pela expressão:

$$t_c = 57 \times \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}, \text{ onde}$$

L = comprimento do talvegue em km;

H = diferença entre as cotas da seção de saída e o ponto mais a montante da bacia, em metros

A metodologia adota o valor mínimo de 10 minutos.

Com os dados TR = 10 anos e Tc = 10 minutos, a chuva de projeto tem intensidade de I = 194,50 mm/h.

## **VAZÕES DE PROJETO**

Para a definição das Vazões de dimensionamento das estruturas hidráulicas, utilizou-se a fórmula do Método Racional apresentada a seguir:

$$Q = 0,00278 C.I.A$$

Onde:

Q = deflúvio superficial (vazão) em m<sup>3</sup>/s;

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade média da chuva em mm / hora; e,

A = área da bacia de contribuição, em ha.

## **DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

O Bairro de Nossa Senhora de Fátima compreende uma área de densidade média, com razoável permeabilidade, adotando-se então um C2 de 0,70.

## DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE

A maioria do arruamento do bairro possui engolimentos precários de águas pluviais em seus pontos baixos e lançamentos sem os critérios adequados. Principalmente nas ruas onde não há pavimentação, as águas correm livremente causando erosões tanto na pista, quanto na jusante dos pontos baixos.

### DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO:

Para o dimensionamento das redes e descidas d'água foram utilizadas a fórmula de Manning e a equação da continuidade, traduzidas pelas seguintes expressões:

$$Q = \frac{AR^{2/3}xi^{1/2}}{n}$$

$$Q = AV$$

$$K_1 = \frac{Qxn}{b^{8/3}xi^{1/2}}$$

$$k_2 = \frac{Qxn}{D^{8/3}xi^{1/2}}$$

Onde:

$K_1$  e  $K_2$  = fator de descarga, tabelados em função da razão:

$\frac{D}{b}$  para galeria celular,

$\frac{D}{d}$  para rede tubular

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

n = coeficiente de Manning, igual a 0,014;

i = declividade da rede, em m/m;

b = largura do canal, em m;

d = diâmetro interno do tubo, em m;

D = altura da lâmina d'água, em m;

R = raio hidráulico, em m;

V = velocidade, em m/s;

e adotados:

- coeficiente de rugosidade para os tubos e canaletas de concreto  $n = 0,014$ ;
- coeficiente de rugosidade para tubos de PVC  $n = 0,009$
- lâmina máxima de 80% do diâmetro nominal da rede e da seção da canaleta;
- declividade máxima correspondente à velocidade de 7,5 m/s para os tubos,
- **superando essa velocidade, foram empregados tubos de junta elástica que aceitam até 12,0 m/s de velocidade (ver anexo I).**
- declividade máxima correspondente à velocidade de 4,0m/s para as canaletas/descidas d'água em calha;
- velocidade mínima de 0,75 m/s
- recobrimento mínimo de 55 cm, sobre a geratriz superior dos tubos;
- diâmetro da rede de ligação da Boca de Lobo com 400 mm;

### **SOLUÇÕES ADOTADAS:**

#### **Rua Abaeté:**

O trecho do projeto compreende-se entre as ruas Pirapora e Aimorés. A coleta já se inicia na interseção da Rua Abaeté com a Pirapora (que contribui com uma vazão considerável). Já na outra extremidade, chega a rede da Rua Aimorés, em contra greide. Os dois trechos de rede se “encontram” no PVA da estaca 4+10 (ponto baixo), esse PV intercepta a rede tubular de DN1200 existente) que funciona como bueiro atualmente, será demolido o trecho em que será implantado o PV, acoplado a rede no interior do mesmo mantendo a funcionalidade desse bueiro.

#### **Rua Aimorés:**

A solução de drenagem consiste na coleta das águas pluviais no ponto baixo da rua. Essa coleta é realizada por 4 bocas de lobo duplas, sendo duas de cada lado do ponto baixo. Foram colocadas duas de cada lado para garantir a eficiência do engolimento das águas pluviais. A rede segue por contra greide até atingir a rede projetada da Rua Abaeté, essa rede em contra greide terá profundidade máxima de 2.50 metros.

#### **Rua Carlos Chagas:**

A rua já conta com uma coleta de águas pluviais precária, com engolimento inadequado e fora dos pontos baixos. Trata-se de duas caixas, onde uma liga na outra, e as águas são lançadas notalvegue jusante da pista. É projetada então uma coleta robusta no ponto baixo da Rua, na estaca 8+0.0, 4 bocas de lobo duplas, duas de cada lado da pista. As águas coletadas são lançadas na caixa existente na jusante da pista, que possui 2.45 metros de profundidade. Já a caixa a montante é proposta a sua demolição,

substituindo por uma boca de lobo dupla, refazendo o lançamento nessa caixa existente a montante. O lançamento final se mantém o mesmo atual.

#### **Rua Cláudio:**

A proposta de drenagem da Rua Cláudio começa na sua interseção com a Rua Carlos Chagas, e se desenvolve uma rede com DN600 até o ponto baixo, tendo seus trechos iniciais (até o PVC 5) toda com tubos de junta elástica, devido a alta velocidade das águas pluviais. O ponto baixo da Rua Cláudio já conta com uma caixa de passagem que recebe águas pluviais engolidas de um talvegue seco a montante por um bueiro de DN1000. A rede projetada lança no bordo dessa caixa, o mais raso possível para evitar remanso com as águas pluviais vindas do bueiro supracitado. O outro bordo lateral da caixa recebe as águas pluviais de duas bocas de lobo duplas previstas na via no oposto da rede projetada. Ainda é proposto a implantação de uma ala de montante do bueiro existente a fim de otimizar o engolimento das águas do talvegue seco. A ala deve ser implantada de modo que suas paredes fiquem enterradas, evitando que as águas passem por sua lateral e não sejam coletadas.

#### **Rua Coqueiros:**

Trecho com uma grande vazão, por esse motivo a rede foi subdividida em duas ao longo da Rua, com lançamentos distintos. O primeiro trecho de rede inicia-se na estaca 9+10 e se desenvolve até a interseção com a Rua Santa Luzia onde lança no talvegue natural através de ala dissipadora com enrocamento com DN800.

O segundo trecho inicia-se na estaca 20+0 até a estaca 26+0, o lançamento se dá no PVA 9 na estaca 24+10. Esse poço de visita lança em uma caixa de drenagem existente, dessa caixa sai uma rede existente, que dá o destino final das águas pluviais.

No final do estaqueamento da Rua Coqueiros ainda foi projetada uma boca de lobo dupla lançando numa segunda caixa existente, que possui uma escada dissipadora a jusante.

#### **Rua Governador Valadares – Trecho Inicial:**

A coleta da Rua Governador Valadares deu-se início na interseção com a Rua Cláudio, que inclusive contribui em parte com águas pluviais no trecho de projeto. A rede se desenvolve até o ponto baixo, onde existe uma caixa com grelha e saída de rede tubular de DN1200.

A caixa existente encontra-se em estado precário, é proposto em projeto então a demolição da mesma, e substituição por PV de DN1200.

No lado oposto à rede, com uma contribuição menor, foram projetadas duas bocas de lobo duplas coletando as águas pluviais antes de atingirem o ponto baixo.

#### **Rua Governador Valadares – Trecho Final:**

Trata-se de um trecho com uma considerável vazão. É compreendido por uma escadaria projetada e a solução de drenagem consiste em uma coleta com uma grelha transversal no início do trecho em escada projetada, com saída dessa grelha em uma descida d'água em degraus com DN1000 que se desenvolverá paralela à escadaria até o final desta. A descida d'água serve tanto para conduzir as águas coletadas pela grelha transversal, quando pra coleta das águas do talude de montante da rua. No final do trecho alvo do projeto outra grelha transversal foi prevista para garantia de não descer águas pluviais pela via de concreto existente. Todas as águas coletadas são direcionadas por um PV tipo C a outra descida D'água

projetada de DN1000 que alcançará a drenagem existente, uma caixa com saída de descida d'água também de DN1000 existente. Todo o trecho da Rua Governador Valadares foi projetada com sarjeta tipo C, para assegurar o mínimo de águas acumuladas na pista de rolamento.

### **Rua Lima Duarte**

A Rua Lima Duarte possui 3 pontos baixos, cuja realização de contra greides são inviáveis, obrigando então a haver 3 lançamentos distintos no interior de quarteirão, esses lançamentos são situados nas estacas:

2+5: Nesse ponto a coleta é realizada por duas bocas de lobo duplas no ponto baixo, e por um PVA é lançado pelo interior de uma residência que possui espaço para implantação de uma descida d'água de DN500 entre uma escada existente e o alinhamento do muro vizinho. A descida d'água lançamento por ala dissipadora com enrocamento no final da edificação em terreno natural.

10+10: O ponto baixo da via já conta com uma grelha e uma tubulação de DN400 que passa pela garagem e interior de uma casa. Como o ponto conta com edificações em seu entorno, a solução consistiu em interceptar essa rede existente com bocas de lobos em ambos os lados da via, e mantendo e usando o lançamento existente no interior da edificação.

17+0: A solução dada no ponto baixo foi de coleta por bocas de lobo e lançamento no talvegue existente através de descida d'água de DN500. De acordo com a seção de terraplenagem, a seção da via projetada está sobre um íngreme talude, e ao realizar a implantação da mesma, a jusante do lançamento está em um grande desnível. Ao implantar a via é importante a construção concomitante do PVA 3 que terá profundidade de 4.0 metros sob o aterro da pista. O Lançamento a exemplo da estaca 2+0 se dará por ala dissipadora com enrocamento a jusante da descida d'água projetada supracitada no talvegue natural.

### **Rua Pirapora - Trecho 2**

As coletas das águas pluviais da Rua Pirapora se dão da estaca 3+00 até a estaca 13, e o lançamento está na estaca 6+10, que é na interseção com a Rua Ubá. O trecho de rede entre as estacas 13 e 11 (PVs 06 -> 07) é em contra greide, tendo a maior profundidade de 2.90 metros. Atualmente o ponto baixo da estaca 13 tem um lançamento inadequado no interior de quarteirão, passando sob edificações. O Lançamento final do projeto se dá em uma caixa de DN1500 na Rua Ubá, que possui em sua extensão uma rede bastante robusta, (de DN1500) o que indica que há uma grande vazão na Rua Pirapora, sendo fundamental promover a coleta das águas pluviais em sua extensão.

### **Rua Teófilo Otoni**

A Rua Teófilo Otonise encontra em um fundo de talvegue, o que torna a contribuição nela incidente considerável. Há uma galeria celular com dimensões internas de 2.5x2.5m sob o ponto baixo da Rua. O projeto de drenagem na via consiste no trecho todo compreendido entre a Rua Pará de Minas, as redes se "encontram" na estaca 10, lançando na parede da Ala de Galeria Celular a jusante do ponto baixo da via. Essa ala está sendo proposta em projeto, juntamente com uma ala a montante da galeria, para promover um melhor engolimento das águas pluviais do talvegue a montante da Rua. Portanto deve ser previsto o recebimento da rede projetada na parede da ala no projeto estrutural a ser desenvolvido para a mesma,

### **Rua Três Corações**

Trata-se de uma via com acentuada declividade, atualmente estando bastante deteriorada pela velocidade das águas pluviais. O início do projeto se dá na estaca 6+0 e se desenvolve até a estaca 13+00 (ponto baixo da via). Toda a extensão da rede é projetada com tubos de junta elástica devida a alta velocidade. O lançamento final se dá através de um PVC que encaminha as águas para uma descida d'água projetada de DN600 que se desenvolve através do fundo de talvegue até atingir o pé do mesmo, lançando em uma ala dissipadora com enrocamento.



Harley Cavalcante R. Moreira  
Engenheiro Civil  
CREA: MG 180.914/D

## ANEXO I

Contagem, 09 de junho de 2003

À  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE**  
**Secretaria Municipal de Estrutura Urbana**

Em anexo encaminhamos os documentos solicitados para V. análise dos Tubos Junta Elástica, que estão endereçados ao Sr. Secretário Murilo Valadares, conforme acordado. Como esclarecimentos adicionais, informamos que os Tubos de Concreto Junta Elástica pelas suas características estruturais (carga de ruptura), não necessitam de berço em concreto.

A necessidade estrutural de suporte refere-se apenas a uma boa qualidade do solo que poderá ser obtida por meio de compactação e/ou substituição por material granular, tais como: areia, cascalho, bica corrida, escória, etc.

O reaterro da base até meia seção do Tubo deve ser feita com o mesmo material acima indicado por exclusiva facilidade executiva, pois permite a compactação por adensamento hidráulico garantindo o necessário contato do Tubo com o solo (berço).

Tendo em vista que a resistência à ruptura aos Tubos S2 (em concreto simples) é maior que a dos Tubos CA2 (em concreto armado) sugerimos a substituição dos Tubos CA2 pelos Tubos S2 nos diâmetros de 400 a 600mm.

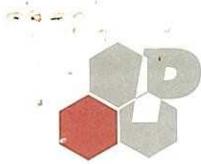
Além do mais, os Tubos S2, não tendo armadura são mais duráveis em canalizações urbanas de águas pluviais, pois resistem melhor aos ataques provocados pelos esgotos sanitários lançados nas redes pluviais.

Estamos à disposição para prestar quaisquer esclarecimentos técnicos julgados necessários.

Atenciosamente,

\_\_\_\_\_  
Engº. Cláudio Menin de O. Santos  
Consultor e Responsável Técnico

---



**PÁDUA COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.**  
**Premoldando Qualidade**

Contagem, 03 de julho de 2.003.

À  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE**  
**Secretaria Municipal de Estrutura Urbana**

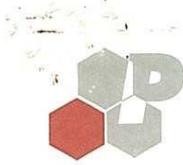
**At.: Engº. Túlio Vami**  
**Gerente de Normas e Padrões**

Prezado Senhor,

Encaminhamos em anexo as especificações para REDES DE TUBOS DE CONCRETO COM JUNTA ELÁSTICA devidamente modificada conforme observações feitas em nossa reunião de maio deste ano.

Atenciosamente,

Engº Cláudio Menin de Oliveira Santos  
Consultor e Responsável Técnico



PÁDUA COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.

*Premoldando Qualidade*

Contagem, 18 de setembro de 2.003.

À  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE**  
**Secretaria Municipal de Estrutura Urbana**

**At.: Engº. Túlio Vami**  
**Gerente de Normas e Padrões**

Prezado Senhor,

Em continuidade a nossa reunião, esclarecemos algumas dúvidas levantadas junto ao nosso departamento comercial:

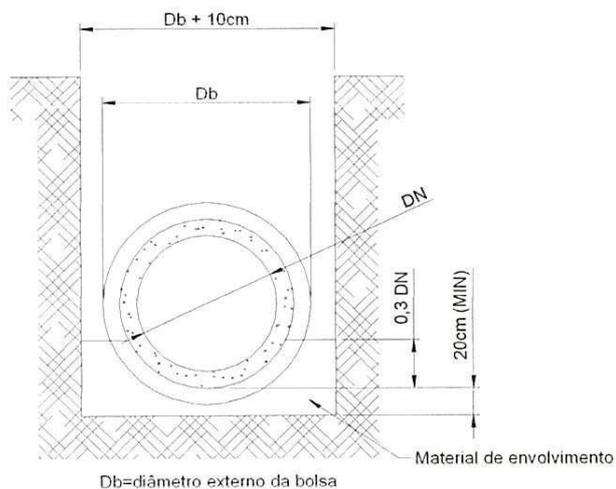
1. "Verificar a taxa admissível de 0,03Mpa"  
Esclarecemos que a taxa mínima indicada de 0,03 Mpa é para assentamento dos tubos e não para suporte do aterro. O que firmamos é que o tubo pode ser instalado em qualquer solo capaz de suportar o aterro equivalente ao enchimento da vala. Um solo com a taxa de suporte indicada é suficiente para atender ao processo de montagem do tubo. O que tem que ficar bem claro é que não há necessidade de reforço de solo para assentamento dos tubos desde que o solo suporte o peso do aterro equivalente ao enchimento.
2. "Apresentar ensaios de velocidade, abrasão, resistência e demais especificados"
  - Conforme nossa reunião, V.S. ficou de fornecer um tubo utilizado pela Sudecap para que pudesse ser feito ensaio de resistência à abrasão e cujo resultado seria comparado com o tubo JE ambos acompanhados por V.S.. De posse dos resultados poderia então ficar confirmado o uso dos tubos JE para velocidades superiores a 12m/s.
  - Voltamos a confirmar a possibilidade do uso dos tubos JE em substituição a galerias com velocidade de até 12 m/s, uma vez que o processo de fabricação dos tubos JE resulta em concreto com mais qualidade e resistência que o concreto de fck>25Mpa especificado para as galerias.
  - Os testes executados nos tubos são os determinados nas Normas Técnicas Brasileiras e são executados normalmente em nosso laboratório com acompanhamento ou não do cliente. Informamos ainda que contamos com convenio com o Departamento de Materiais da UFMG que acompanha os testes e desenvolve traços de concreto quando necessário.



PÁDUA COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.

**Premoldando Qualidade**

3. "Especificar o material de envolvimento, largura da vala, profundidade e serviços complementares"
- o material de envolvimento até a altura correspondente a  $\frac{1}{4}$  do diâmetro externo ou  $\frac{1}{3}$  do diâmetro nominal do tubo deve ser granular fino de forma a permitir o adensamento hidráulico que atenda a pelo menos 80% do PI de compactação (adensamento). Entende-se material granular como areia, cascalho, pó de pedra, etc... que possa ser adensado hidráulicamente.
  - A largura da vala depende da profundidade e da necessidade ou não de escoramento. Usualmente pode-se adotar a largura da vala sem escoramento igual ao diâmetro externo da bolsa acrescido de 10 cm.
  - Quanto a serviços complementares, estes não são específicos à aplicação do tubo JE.
4. Abaixo o croqui de assentamento do tubo conforme solicitado.



Db=diâmetro externo da bolsa

FIGURA 2 - ASSENTAMENTO DO TUBO COM JUNTA ELÁSTICA

Atenciosamente,

Engº Cláudio Menir de Oliveira Santos  
Consultor e Responsável Técnico



PÁDUA COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.  
*Premoldando Qualidade*

#### 4.3 – REDE TUBULAR DE TUBOS DE CONCRETO COM JUNTA ELÁSTICA

##### Objetivo

O Caderno de Encargos da Sudecap tem por objetivo estabelecer, neste item, as especificações básicas a serem aplicadas na execução de redes tubulares de tubos de concreto com junta elástica abrangendo desde a estocagem das peças no canteiro de obras até os procedimentos de assentamento e reaterro.

##### Processo de estocagem

Até o DN de 700 mm os tubos podem ser estocados horizontalmente em pilhas de até 3 unidades, dispostos com as bolsas alternadas.  
Acima de 800 mm inclusive, os tubos devem ser estocados na posição vertical apoiados nas bolsas.

##### Aplicações

Em razão de sua qualidade e da estanqueidade da junta, os tubos de concreto com junta elástica são especialmente indicados para uso em terrenos com baixa capacidade de suporte e em situações convencionais, principalmente naquelas que exigem uma rápida execução e reaterro da rede tubular.

##### Especificações técnicas

##### Limites de utilização

Os tubos de concreto podem ser utilizados para qualquer profundidade de vala devendo o projetista especificar a sua classe ou a carga de ruptura mínima necessária. Para drenagem de águas pluviais admite-se velocidades máximas de até 12,0 m/s devido à qualidade do concreto necessária à fabricação do tubo junta elástica.

##### Ensaio pertinentes

Os fornecedores dos tubos junta elástica deverão fornecer todos os ensaios exigidos pelas normas brasileiras especificadas abaixo para cada lote fornecido:

NBR 7531 – Anel de borracha – Determinação da absorção de água.

NBR 8891 – Tubos de concreto simples - Determinação da resistência à compressão diametral

NBR 8892 – Tubo de concreto – Determinação do índice de absorção de água.

NBR 8893 – Tubo de concreto – Verificação da permeabilidade.



PÁDUA COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.  
*Premoldando Qualidade*

NBR 8894 – Tubo de concreto armado – Determinação da resistência à compressão diametral.  
NBR 8895 – Verificação da estanqueidade da junta elástica.

#### **Fundação**

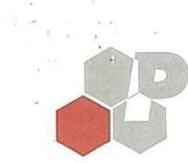
O terreno no fundo da vala deve apresentar resistência suficiente para suportar um aterro de altura correspondente à profundidade da vala sem apresentar recalque excessivo ou diferencial (tensão admissível mínima de 0,03 Mpa). Se houver ocorrência de águas nascentes no fundo da vala, proceder com execução de dreno convencional especificado para redes tubulares. A ocorrência de solo mole e/ou orgânico na cota abaixo da do assentamento pode ser isolada com uso de manta geotêxtil evitando-se a contaminação do material de reaterro ou com a substituição do solo por material granular. Neste caso a decisão caberá ao engenheiro geotécnico responsável pelo projeto ou pelo responsável pelo acompanhamento da execução da obra.

#### **Assentamento**

O assentamento da tubulação deverá ser feito diretamente sobre o fundo da vala após regularização e compactação. No fundo da vala deverão ser feitas escavações para acomodar as bolsas dos tubos de forma a permitir que o corpo do tubo fique totalmente apoiado. O assentamento deve ser feito de jusante para montante e o tubo seguinte deverá ser descido para assentamento já com o anel de vedação montado na ponta do mesmo. O assentamento deve começar pelo encaixe da ponta do tubo com anel na bolsa do tubo já assentado. Até tubos com DN 600 o próprio movimento de assentamento do tubo executa o encaixe do novo tubo. Em tubos com DN superior a 700mm inclusive, é necessário uso de dispositivo de tração (Tirfor ou catraca) para auxiliar o perfeito encaixe dos tubos. Devido ao uso do anel de vedação e ao comprimento da bolsa, admite-se uma deflexão máxima de 2,5° por junta.

#### **Berço e material de envolvimento**

As redes tubulares de concreto com junta elástica podem ser assentadas diretamente sobre o fundo da vala em solo com capacidade portante, superior a 0,03 Mpa. É necessário, entretanto, lançar camada de material granular (areia, pó de pedra, brita ou cascalho) com espessura de 1/3 DN acima do fundo da vala, recomendando-se o adensamento hidráulico ou mesmo adensamento com uso de compactadores mecânicos ou manuais de modo a garantir o suporte adequado ao tubo e a transferência das cargas aplicadas à fundação. O material que completa o envolvimento da tubulação poderá ser o mesmo retirado da vala desde que apresente condições de



PÁDUA COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA.

*Premoldando Qualidade*

compactação conforme especificado em projeto (mínima de 85% PN). Caso contrário deverá ser utilizado material apropriado.

#### **Critérios de medição e pagamento**

As redes serão medidas pelo comprimento real em metros efetivamente executadas, de acordo com o projeto padrão, considerando-se a classe e o diâmetro nominal do tubo. Descontar os seguimentos ocupados por poços de visita, caixas de passagem e bolsas.

#### **Pagamento**

O serviço será pago aos preços unitários contratuais, de acordo com os critérios definidos no item anterior, os quais, remuneram o fornecimento, transporte e utilização de equipamentos, mão de obra, encargos e materiais necessários à sua execução, envolvendo ainda:

- Regularização e compactação do fundo de vala.
- Assentamento de tubos.
- Demais serviços e materiais atinentes.

PLANILHAS DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS												
BAIRRO NOSSA SENHORA DE FÁTIMA - SABARÁ												
Marcia Pinheiro						1500mm			Data: Fev/2018			
I PAI WU												
SUB BACIAS			ÁREA (ha)			tc (adot.)	C <sub>2</sub>	C	I <sub>10</sub> anos	I <sub>25</sub> anos	Q <sub>10</sub> anos	Q <sub>25</sub> anos
RUA	Nº	Montante	Direta	Montante	Total	min		(0,67xC <sub>2</sub> )	mm/h	mm/h	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Rua Coqueiros	1		4,448		4,448	10,00	0,700	0,47	194,48	220,85	1,128	1,281
	2		2,875		2,875	10,00	0,700	0,47	194,48	220,85	0,729	0,828
	3		0,936		0,936	10,00	0,700	0,47	194,48	220,85	0,237	0,270
	4		0,804		0,804	10,00	0,700	0,47	194,48	221,85	0,204	0,233
Rua Governador Valadares	5		2,174		2,174	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,551	0,632
	6		1,042		1,042	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,264	0,303
	7		1,716		1,716	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,435	0,499
Rua Cláudio	8		3,552		3,552	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,901	1,032
	9		0,449		0,449	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,114	0,130
Rua Pirapora	10		3,494		3,494	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,886	1,015
Rua Pirapora	11		1,615		1,615	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,409	0,469
Rua Abaeté	12	11	0,735	1,61	2,350	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,596	0,683
Rua Aimorés	13		1,370		1,370	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,347	0,398
Rua Abaeté	14	13	0,524	1,37	1,895	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,480	0,551
Rua Carlos Chagas I	15		2,186		2,186	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,554	0,635
Rua Lima Duarte	16		0,590		0,590	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,150	0,172
	17		0,581		0,581	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,147	0,169
	18		0,671		0,671	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,170	0,195
Rua Três Corações	19		1,930		1,930	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,489	0,561
	25		0,364		0,364	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,092	0,106
Rua Teófilo Otoni	20		2,026		2,026	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,514	0,589
	21		1,906		1,906	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,483	0,554
Rua Pirapora - Trecho 2	22		4,355		4,355	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	1,104	1,265
	23		1,514		1,514	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,384	0,440
	24	23	1,353	1,51	2,867	10,00	0,700	0,47	194,48	222,85	0,727	0,833



**CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE SABARÁ - MG**

**OBJETO PROJETOS DE PAVIMENTAÇÕES - REVESTIMENTO  
ASFÁLTICO E POLIÉDRICO**

**OBRA INFRA ESTRUTURA DE VIA URBANA -**

**TRECHO SEGMENTOS DE VIAS DO BAIRRO DE FÁTIMA**

**LOCAL CIDADE DE SABARÁ - MG**

**ATENÇÃO: SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS**

**Elaboração: Solocap – Geotecnologia Rodoviária Ltda.**

**Janeiro / 2018**



## ÍNDICE

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 - DOCUMENTOS CONSULTADOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 – SEGMENTO DE VIA .....</b>	<b>4</b>
<b>4 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
<b>5 - DESCRIÇÕES GERAIS.....</b>	<b>5</b>
<b>6 – DESCRIÇÕES E INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS.....</b>	<b>6</b>
<b>6.1 - INVESTIGAÇÕES DO SUBLEITO.....</b>	<b>6</b>
<b>6.2 – ALTERNATIVAS DE MATERIAIS GRANULARES.....</b>	<b>7</b>
<b>6.3 DRENOS PROFUNDOS.....</b>	<b>8</b>
<b>7 - COMPOSIÇÕES GEOTÉCNICAS DOS PAVIMENTOS.....</b>	<b>8</b>
<b>8 - METODOLOGIA EMPREGADA.....</b>	<b>9</b>
<b>8.1 - PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>8.1.1- Número "N".....</b>	<b>9</b>
<b>8.2 - Subleito - ISproj. e Classificação Quanto à Resiliência.....</b>	<b>10</b>
<b>8.3 - Coeficientes de Equivalência Estrutural (Método do DNER)....</b>	<b>10</b>
<b>9.0 - DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS.....</b>	<b>11</b>
<b>9.1 - Método do DNER.- Pavimento Flexível.....</b>	<b>11</b>
<b>9.2 – Método Peltier – Pavimento Poliédrico.....</b>	<b>12</b>
<b>9.3 – Composições Geométricas dos Pavimentos.....</b>	<b>12</b>
<b>10 - ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS E SERVIÇOS.....</b>	<b>12</b>
<b>10.1 – Pavimento Asfáltico.....</b>	<b>12</b>
<b>10.2 – Pavimento Calçamento polie3drico.....</b>	<b>14</b>
<b>11 ANEXOS.....</b>	<b>18</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Os Projetos de Pavimentações foram desenvolvidos a partir dos elementos levantados pelas análises e interpretações das Plataformas das Terraplenagens, das Seções “Tipo”, Estudos Geotécnicos, dados de Tráfego e demais informações fornecidas pelo Contratante.

Dados relativos às observações tácteis visuais obtidos durante as visitas de Engenheiro e Técnicos Rodoviários, antes e após as sondagens e conclusão dos ensaios de caracterizações sobre as amostras no horizonte do subleito, permitiram avaliar e reconhecer: posições e características geográficas, topográficas, geométricas, influências hídricas, existência / ineficiência de drenagens superficiais das urbanizações adjacentes; contribuíram objetivamente para atualizar e particularizar as estruturas e serviços de pavimentação a serem implantados ao longo dos segmentos objetos deste relatório.

As definições, concepções e detalhamentos geotécnicos do projeto visam permitir e assegurar integridade física, durabilidade e economia das estruturas dos pavimentos, nas situações adversas das fundações ao longo dos trechos, com estimativa de desempenho satisfatório aos esforços aplicados em condições de conforto e segurança, através da indicação das espessuras das camadas constituintes, dos dispositivos de drenagens profundas, dos materiais a serem reaproveitados / empregados, e principalmente, definições dos processos executivos com técnicas atualizadas e de acordo às especificações e métodos de ensaios particularizados para cada situação geológica e geotécnica local, estando de acordo os respectivos confrontos com os parâmetros de desempenhos.

## 2. – DOCUMENTOS CONSULTADOS

Para elaboração deste relatório foram consultados os seguintes documentos, a saber:

- a) Planta de situação – Emissão AZ Projetos e Construções
- b) Perfil de terraplenagem-seção tipo do pavimento – Emissão AZ Projetos e Construções
- c) Projeto de Drenagem – Planta e perfil - Emissão AZ Projetos e Construções
- d) Planilha de Quantidades e Preços - Emissão AZ Projetos e Construções
- e) Classificação de Vias objeto deste relatório toma base a classificação do Município de Belo Horizonte – SUDECAP
- f) Relatório de Ensaio Nº 786 – 17 – emissão Solocap Geotecnologia Rodoviária Ltda





## **5. DESCRIÇÕES GERAIS – Topografia – Geotecnia - Geologia – Mineralogia e Conflitos de Permeabilidades Horizontais.**

Parte significativa da área onde se localizam as vias situa em terreno com topografia acidentada, e por consequência, todos os traçados acompanham.

Localmente, a elevada influencia e o volume das precipitações nas bacias das meias encosta à montante, representa, de um lado, grande contribuição na drenagem superficial, e de outro lado, elevada taxa de infiltração e caminhamentos preferenciais horizontalmente nas umidades.

A geotecnia dos solos de superfície no horizonte do subleito e ao longo do platô onde se localiza o Bairro de Fátima; apresenta segmentos com relativa coesão a solos de comportamento e fração predominante areia silto argilosa com pedregulho, há localmente afloramentos de saprolitos e segmentos com taludes em corte de rocha silicática decomposta, porem concrecionados, e ainda, há significativa presença de solos finos medianamente compactos, há bolsões de erosões localizadas nos bordos externos em alguns segmentos, caracterizados por solos pouco coesivos e/ou volumes concentrados nos fluxos das precipitações, por inexistência de drenagem pluvial..

Constata-se localmente, presença de solos com capacidade de suporte em termos de CBR, variando desde  $\geq 7\%$  a  $33\%$  com valores de expansões inferiores ao limite recomendado para subleito, ou seja  $\leq 2,0\%$ .

As definições de serviços e quantitativos de pavimentação a serem implantados, mostrados adiante, consideraram como fatores definidores os seguintes parâmetros:

- O relativo pequeno volume de tráfego;
- As condições geométricas das plataformas da via;
- As condições topográficas da maioria absoluta da extensão;
- As condições de drenagens profundas

## **6. DESCRIÇÕES E INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS**

As investigações geotécnicas realizadas constaram basicamente de:



- Visitas de inspeções e reconhecimento geológico geotécnico das áreas e plataformas onde serão implantados os pavimentos novos,
- Investigações, Sondagens e coleta do subleito e da camada do revestimento primário.

## **6.1 - INVESTIGAÇÕES DO SUBLEITO**

As investigações de campo realizadas constataram sob o ponto de vista geológico geotécnico, que a morfologia e o estado de consolidação dos solos presentes em toda área, constituem-se de areias silto argilosas com mediana baixa capacidade de suporte, conforme se lê nos resumos de caracterizações.

Foram realizados 25 (vinte e cinco) furos de sondagens a pá e picareta, ao longo do subleito das vias, com coletas de amostras, para execução em laboratório, dos seguintes ensaios:

- granulometria por peneiramento;
- limite de liquidez;
- limite de plasticidade;
- compactação Proctor normal com amostras in natura e com 2,0% de cal calcítica hidratada
- ISC e expansão com amostras Iná natura e e com 2,0% de cal calcítica hidratada.

O boletim de sondagem e os quadros resumo de ensaios são apresentados em anexo.

## **6.2 – ALTERNATIVAS DE MATERIAS GRANULARES PARA BASE E SUB-BASE**

### **6.2.1 - ESTABILIZAÇÃO DAS CAMADAS DE BASE – SUB-BASE DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO E DA BASE DO REVESTIMENTO POLIÉDRICO**

Com objetivo de manter a integridade das camadas estabilizadas granulometricamente de base e sub-base do revestimento asfáltico e da base do revestimento poliédrico, com adição de 2% de cal calcítica hidratada, fundamenta nos seguintes propósitos:

- Assegurar elevada coesão nos fragmentos da fração argila siltosa, eliminando risco de erosões devido às elevadas rampas nas plataformas.
- Manter integridade estrutural nas interfaces de transição entre revestimento asfáltico e revestimento poliédrico, visto este último comportar-se com elevada taxa de infiltração



- Aumentar a capacidade de suporte em termos de CBR e redução de expansão, demonstrada pela ativação do potencial pozolânico dos solos presente no horizonte do subleito, com ação da cal calcítica hidratada, seja em segmentos em corte e ou aterro.
- Assegurar e facilitar o escoamento superficial dos volume das precipitações.

### 6.2.2 – UTILIZAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO – MATERIAL TIPO GOETHITA

Como alternativa de materiais para composição das camadas de base e sub-base do revestimento asfáltico ou revestimento poliédrico, é recomendado a utilização da canga de minério de ferro constituída essencialmente por minerais procedentes da goethita, apresentando características mostradas no quadro de composição geotécnica;

Tal material além da atender às condições específicas da norma DNIT - ES- 141/2010 – Base estabilizada granulometricamente, devem apresentar coesão suficiente para manter a integridade física das camadas sob condições de elevado índice de pluviométricos, impedindo carreamento de finos e percolação de água nas camadas. Traduzindo geotecnicamente: recomenda-se utilizar canga de minério com limites de Atterberg (líquidos e plasticidade) com valor médio das especificações, e coeficiente de permeabilidade  $\leq 1, \times 10^5$  cm/seg.

### 6.3 - DRENOS PROFUNDOS TIPO CEGO – MODELO DNIT – DPS 05

Com base nas investigações de campo quando foram constatadas umidades nos horizontes do subleito em níveis ligeiramente acima à umidade ótima em relação à energia do proctor normal, especialmente aos pés dos cortes existentes, é recomendada a implantação de drenos profundos longitudinais “tipo cego”, imediatamente após a fase da terraplenagem, ou seja, definição do greide de projeto, em todo segmentos em corte ou aterro.

**Drenos profundos** longitudinais, posicionados nos bordos externos da plataforma, preferencialmente locados e afastados da faixa de rolamento no mínimo 1,0m, com profundidade mínima de 1,20m, com largura de 0,50m, camada filtrante em geotextil e camada drenante em brita 1, procedente de rocha gnáissica, com espessura de 0,80m, e selo argiloso com espessura  $\geq 0,40$ m em relação à cota do subleito, com deságue nas caixas de drenagem pluvial, e/ou em descida d’água de grotas, conforme deverá indicado nas plantas dos projetos de terraplenagem e ou drenagem.



Os drenos profundos objetivam manter restrita a variação da umidade, nos horizontes do subleito em toda a plataforma do pavimento, durante as estações do ano e capaz de assegurar e manter boa capacidade de suporte do subleito, definido neste dimensionamento, mantendo os baixos níveis de deformabilidade recuperável das estruturas dos pavimentos, com reflexo no desempenho da vida de fadiga do revestimento betuminoso, e a integridade do poliédrico.

O dreno profundo deve seguir as orientações contidas das especificações DNIT– ES 015/2006: Características / especificações dos materiais:

- Brita 1 – Procedente de rocha gnáissica
- Argila – Permeabilidade carga variável  $K_{20} \leq 1 \times 10^{-6}$  cm/s
- Geotextil - Permeabilidade  $K_{20} \geq 3 \times 10^{-1}$  cm/s
  - Resistência à tração  $\geq 12$  KN/m
  - Alongamento  $\geq 30$  %
  - Resistência a puncionamento  $\geq 2,5$  KN

## 7. – COMPOSIÇÕES GEOTÉCNICAS DOS PAVIMENTOS

Com base nas disponibilidades de materiais na RMBH, e seus comportamentos, são indicadas abaixo as alternativas de composições geotécnicas dos pavimentos novos,

<b>COMPOSIÇÕES GEOTÉCNICAS DAS ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS</b>			
<b>Camada</b>	<b>Opções</b>	<b>Materiais</b>	
<b>Revestimento</b>		<b>Poliedrico</b>	<b>CBUQ – Fx “C – ES 031-06</b>
Base	1 <sup>a</sup>	Pó de pedra Calcítica/Dolomítica	Solo brita cal hidratada
	2 <sup>a</sup>	Colchão areia	Canga de minério
Sub base	1 <sup>a</sup>	Solo local + cal hidratada	Solo local + cal hidratada
	2 <sup>a</sup>	Canga de minério	Canga de minério
Subleito	única	Solo local	Solo local

## 8. METODOLOGIA EMPREGADA

As estruturas geométricas dos pavimentos obedecem aos Métodos de Dimensionamentos utilizados pela comunidade rodoviária enquanto a concepção geotécnica obedece à experiência da Consultora.



1º - Pavimento Flexível - "Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis" do DNER (1996) e "Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis" do DER-MG"

2º - Pavimento Poliédrico "Equação empírica (Equação de Peltier) com base no valor do CBR do subleito

## 8.1 - PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

### 8.1.1 Número "N"

O Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 t. foi estimado com base na previsão da frequência e do tipo de tráfego que solicitará os pavimentos, "Norma Técnica para Projeto de Pavimentação" da SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital da Prefeitura de Belo Horizonte, para período de projeto de 10 anos, mostrado abaixo:

Tipo de Via	Função Predominante	Tráfego	VDM inicial na faixa mais carregada		NÚMERO "N"
			Veículos leves	Ônibus/caminhões	
V - 1	Local residencial	Muito leve	100	3 a 20	$1 \times 10^3$ a $3 \times 10^4$
V - 2	Via local – 1 linha de ônibus	Leve	101 a 400	21 a 100	$4 \times 10^4$ a $3 \times 10^5$
V - 3	Via coletora secundária $\leq 3$ linhas	Médio	401 a 1.500	101 a 500	$4 \times 10^5$ a $3 \times 10^6$
V - 4	Via coletora secundária $\geq 3$ linhas	Médio Pesado	1.501 a 5.000	501 a 1.000	$4 \times 10^6$ a $1 \times 10^7$
V - 5	Via arterial	Pesado	5.001 a 10.000	1.001 a 1.999	$2 \times 10^6$ a $3 \times 10^7$
V - 6	Via arterial principal ou Expressa	Muito Pesado	> 10.000	> 2000	$4 \times 10^7$ a $2 \times 10^8$

As vias foram classificadas pela equipe Técnica da Prefeitura, conforme sua categoria de tráfego:

Tráfego Médio – V-3 – Rua Coqueiros -  $3 \times 10^6$

Trafego leve – V-1 - Todas as demais –  $1 \times 10^3$ .

## 8.2 - Subleito - ISproj.

Os materiais constituintes do subleito analisados nas condições in natura, conforme descrito anteriormente apresentam comportamento relativamente homogêneo, entre as 25 amostra procedentes de segmento com revestimento asfáltico e revestimento poliédrico, localizadamente, há solos abaixo e ou acima do valor considerado, permitindo com segurança indicar os  $ISC_{proj} = 10\%$ , admitindo coeficiente de variação da ordem de 40%, levando-se em



consideração as possíveis variações de umidade durante a execução, conforme mostra o quadro estatístico abaixo:

RESUMO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO SUBLEITO - AMOSTRAS IN NATURA																	
Ord	Parametros estatísticos	Granulometria (porcentagem passando)											Compactação				
		1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº16	Nº30	Nº40	Nº60	Nº 100	Nº200	Hót. %	Dens. máx. g/cm3	I.S.C. %	EXP %
1	Número de amostras "n"	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
2	Média	100	99	98	95	91	85	80	73	67	59	52	44	15,76	1,759	14	0,61
3	Desvio Padrão	0	2	2	4	7	9	10	11	12	12	11	11	2,5	0,1	6	0,50
4	Coefficiente de variação	0	2	2	5	7	11	12	15	18	20	22	26	16	7	46	81
5	Máximo	100	100	100	100	100	97	95	91	87	81	76	69	20	2,06	33	1,99
6	Mínimo	100	94	93	87	78	70	63	53	47	37	28	20	11,2	1,558	7	0,02
7	Valores adotados	100	98	96	91	85	77	71	63	57	49	42	35	13,6	1,638	10	0,34

RESUMO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO SUBLEITO ESTABILIZADO COM 2,0% DE CAL CALCÍFICA HIDRATADA																	
Ord	Parametros estatísticos	Granulometria (porcentagem passando)											Compactação				
		1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº16	Nº30	Nº40	Nº60	Nº 100	Nº200	Hót. %	Dens. máx. g/cm3	I.S.C. %	EXP %
1	Número de amostras "n"	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
2	Média	100	99	98	95	91	85	80	73	67	59	52	44	15,7	1,745	50	0,01
3	Desvio Padrão	0	2	2	4	7	9	10	11	12	12	11	11	2,7	0,1	13	0,03
4	Coefficiente de variação	0	2	2	5	7	11	12	15	18	20	22	26	17	8	25	200
5	Máximo	100	100	100	100	100	97	95	91	87	81	76	69	20,9	2,06	74	0,11
6	Mínimo	100	94	93	87	78	70	63	53	47	37	28	20	11,1	1,528	23	0,00
7	Valores adotados	100	98	96	91	85	77	71	63	57	49	42	35	13,4	1,620	40	0,00

### 8.3 - COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL

Os valores dos coeficientes de equivalência estrutural para os materiais constituintes das camadas do pavimento, em relação à camada de base granular tomada com  $K = 1,00$ , são os seguintes:

Revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente:  $K_r = 2,00$ ;

Camada de base e sub base granular estabilizada:  $K_b = 1,00$ ;

## 9 - DIMENSIONAMENTOS DOS PAVIMENTOS

### 9.1 - Pavimento Flexível - Método do DNER e Método DER-MG



O "Método da Resiliência" considera o "Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis" do DNER (1966) para o cálculo da espessura total do pavimento ( $H_t$ ) em termos de camada granular com coeficiente de equivalência estrutural  $K = 1,00$ , de forma a proteger o subleito quanto ao aparecimento de deformações permanentes excessivas; tal espessura, é em função do parâmetro de tráfego  $N$  e do CBR do subleito, é expressa por:

$$H_t = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598}$$

- para  $N = 1,0 \times 10^3$  e  $CBR = 10\% \rightarrow H_t = 27,0$  cm.(base + revestimento)
- para  $N = 3,0 \times 10^6$  e  $CBR = 10\% \rightarrow H_t = 40,0$  cm.(sub-base + base + revestimento)

Adotando equações do Método de dimensionamento do DER-MG MT- 01.15, para os mesmos volumes de tráfego obtém as seguintes espessuras totais dos pavimentos;

- para  $N = 1,0 \times 10^3$  e  $CBR = 10\% \rightarrow H_t = 21$  cm .(base + revestimento)
- para  $N = 3,0 \times 10^6$  e  $CBR = 10\% \rightarrow H_t = 32$  cm .(Sub-base + base + revestimento)

Admitindo-se o conceito da razoabilidade geotécnica e considerando o baixo volume de tráfego, é seguro e prudente definir como espessuras médias finais dos pavimentos para as demais vias como segue:

- para  $N = 1,0 \times 10^3$  e  $CBR = 10\% \rightarrow H_t = 23$  cm =  $H_t = 4 \times 2 + 15 \times 1 = 23$  cm
- para  $N = 4,0 \times 10^6$  e  $CBR = 10\% \rightarrow H_t = 38$  cm =  $H_t = 4 \times 2 + 15 \times 1 \times 2 = 38$  cm

## 9.2 - Pavimento em Calçamento Poliédrico – Método Peltier

O dimensionamento adotou o "Método CBR", cuja espessura total do pavimento é definida com base na capacidade de suporte dos materiais constituintes da camada de fundação (subleito) e da carga por roda do tráfego solicitante, a partir de curvas obtidas empiricamente.

Para o dimensionamento utilizou-se a fórmula empírica do CBR, empregada pelos franceses (Peltier), que fornece valores similares aos obtidos pelo conjunto de curvas comumente empregadas, traduzindo-as numericamente através da expressão:

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{ISC + 5}$$

onde:  $e$  = espessura total do pavimento, em cm;



- P = carga por roda do tráfego solicitante, adotada igual a 3,0 t
- ISC = índice de suporte Califórnia representativo do subleito;

$$e = 23,99 \cong 24 \text{ cm} - \text{revestimento} + \text{base} = 8,75 + 15 = 23,75 \cong 24 \text{ cm}$$

### 8.3 – COMPOSIÇÕES GEOMÉTRICAS DOS PAVIMENTOS

COMPOSIÇÃO GEOMÉTRICA DAS ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS FLEXIVEIS				
Ord	Segmento	Espessuras das Camadas - cm		
		Revestimento	Base	Sub-Base
1	Rua Coqueiros	4	15	15
1	Todas as vias	4	15	--

COMPOSIÇÃO GEOMÉTRICA DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO POLIÉDRICO				
Ord	Segmento	Espessuras das Camadas - cm		
		Poliédrico		
		Revestimento	Colchão de assentamento	Base
1	Todas as vias	10,00 a 12,0	8,0	15

## 10 - ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DE MATERIAIS E SERVIÇOS.

### 10.1 PAVIMENTO ASFÁLTICO

#### 10.1.1 Revestimento Asfáltico

O revestimento indicado é o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), faixa "C", utilizando-se como ligante betuminoso CAP 50/70,

Ressalta-se que para uso de agregados 100% silicático deverá ser incorporado ao CAP, melhorador de adesividade (dope) em teor de 0,08% em relação ao peso do CAP.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 031/2006-ES - "Concreto Asfáltico". Exceto a faixa granulométrica que deve obedecer a especificação DNER – ES 313/97

#### 10.1.2 Pintura de Ligação

Deverá ser executada pintura de ligação sobre a camada de base imprimada empregando-se emulsão asfáltica tipo RR-1C, diluída em água à razão de 1:1 e aplicada a uma taxa em torno de 0,5 l/m<sup>2</sup> de emulsão.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 145/2010-ES - "Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico Convencional".



### 10.1.3 Imprimação

A superfície da camada de base deverá ser imprimada utilizando-se asfalto diluído tipo CM-30. A taxa de aplicação deverá ser definida experimentalmente no canteiro de obras e deverá ser capaz de deixar a superfície com película de ligante residual sensível ao toque após 24 horas.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 144/2010-ES - "Imprimação com Ligante Asfáltico Convencional"

Opcionalmente, poderá ser utilizado outro ligante especial a base de emulsão asfáltica, para substituir o asfalto diluído, desde que respeitadas às condições operacionais do fabricante.

De maneira geral, as taxas devem ser da ordem de 1,2 a 1,8 l/m<sup>2</sup>, o tempo de repouso entre 15 a 24 horas, a depender das características granulométricas do material de base e da macro e micro textura da superfície da base.

### 10.1.4 Base de revestimento asfáltico

A camada de base será do tipo estabilizado granulometricamente, empregando-se uma das opções abaixo:

1ª - 38% Solo local + 60% brita bica corrida + 2,0% cal hidratada

2ª - 100% canga de minério de ferro tipo gohetita

Para 1ª ou 2ª opção recomenda-se que a granulometria dos materiais (brita bica corrida ou canga de minério) apresentem enquadrada na faixa "D" da especificação DNIT 141/2010-ES - "Base Estabilizada Granulometricamente".

Para 1ª opção, a mistura poderá ser executada na pista, na pilha ou na usina de solos, desde que a relação do fator campo/laboratório seja  $\geq 0,9$ . Implica em dizer que os ensaios de controle durante a execução apresentem relação entre valores de campo com os valores de laboratório sejam  $\geq 90\%$ .

A camada de base deverá ser compactada com a energia do Proctor Intermediário.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 141/2010-ES - "Base Estabilizada Granulometricamente".

### 10.1.5 Sub-Base do revestimento asfáltico



A camada de base será do tipo estabilizada granulometricamente, empregando-se uma das opções

1ª - 98% Solo local + 2,0% cal hidratada

2ª – 100% canga de minério de ferro tipo ghoetita

Para 1ª ou 2ª opção recomenda-se que a granulometria dos materiais (brita bica corrida ou canga de minério) apresentem enquadrada na faixa “D” da especificação DNIT 141/2010-ES - "Base Estabilizada Granulometricamente".

Para 1ª opção, a mistura poderá ser executada na pista, na pilha ou na usina de solos, desde que a relação do fator campo/laboratório seja  $\geq 0,9$ . Implica em dizer que os ensaios de controle durante a execução apresentem relação entre valores de campo com os valores de laboratório sejam  $\geq 90\%$ .

A camada de sub-base deverá ser compactada com a energia do Proctor Intermediário.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 139/2010-ES - "Sub-base Estabilizada Granulometricamente".

#### **10.1.6 - Regularização do Subleito**

O subleito deverá ser regularizado e compactado com a energia de referência do Proctor normal, com os materiais devendo  $ISC \geq 10\%$  e expansão  $<1,50\%$ ; o desvio de umidade em relação à ótima deverá situar-se no intervalo de  $-2\%$  a  $+1\%$ , preferencialmente no ramo seco.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 137/2010-ES - "Regularização do Subleito" (compactação com a energia de referência do Proctor normal).

### **10.2 PAVIMENTO EM CALÇAMENTO POLIÉDRICO – NBR 7193**

#### **10.2.1 – REVESTIMENTO**

##### **a) Generalidades**

Esta especificação aplica-se à execução de pavimento em calçamento poliédrico constituído de fragmentos pétreos britados, assentados individualmente por justaposição em processo manual sob um colchão uniforme de areia ou pó de pedra (espessura e umidade), rejuntados com complementação de areia ou pó de pedra e adensados imediatamente, de forma a produzir uma monocamada monolítica sobre a sub-base.



Pedras mestras são os primeiros poliedros assentados, em alinhamentos paralelos ao eixo da pista, destinados a servir de guia para o assentamento dos demais.

#### b) Material

O pavimento em alvenaria poliédrica será executado com materiais aprovados pela Fiscalização e que preencham os seguintes requisitos:

#### Material Pétreo Poliédrico

O material pétreo poliédrico a ser utilizado deverá satisfazer os seguintes requisitos:

- resistência à compressão simples superior a 1.000 kg/cm<sup>2</sup>;
- peso específico aparente mínimo de 2.400 kg/m<sup>3</sup>;
- absorção de água, após 48 horas de imersão, inferior a 1,0% em peso;
- desgaste por abrasão "Los Angeles" inferior a 30%;
- perdas no ensaio de durabilidade c/sulfato de magnésio com exposição a 5 ciclos inferior a 12%;
- dimensões - deverá ter uma face para rolamento mais ou menos plana, que se inscreva em círculos de raios entre 3,81 e 4,86 cm, ou diâmetros entre 7,62 a 9,52 cm e altura máxima de 12,7 cm.

#### 10.2.2 COLCHÃO DE AREIA

- a) Colchão de areia ou Pó de Pedra Calcítica / Dolomítico - Material de Enchimento e Fixação do Material Pétreo Poliédrico

Este material deverá ser constituído de partículas limpas, duras e duráveis, de areia ou pó de pedra ou outro material aprovado pela Fiscalização, isentos de torrões de argila, matéria orgânica ou outras substâncias nocivas, observando sempre a seguinte granulometria:

Nº DE PENEIRA	PORCENTAGEM PASSANDO (EM PESO)
¼ " (6,35 mm)	100
Nº 200 (0,074 mm)	5 - 15

- b) Material para a Camada de Recobrimento

O material usado para a camada de recobrimento deverá ter as mesmas características do material de enchimento e fixação do material pétreo poliédrico.

- c) Execução

- c.1) Colchão de areia ou Pó de Pedra Calcítica / Dolomítico - Camada de Enchimento e Fixação do Material Pétreo



O material de enchimento e fixação do material poliédrico deverá ser espalhado manual ou mecanicamente sobre a camada de base numa espessura uniforme de 4 a 6 cm, tomando como referência de nivelamento do material, um tubo de PVC Ø 2”

### c.2) Material Pétreo Poliédrico

Sobre essas camadas serão assentadas, inicialmente, as pedras mestras, que servirão de referência para o assentamento das demais. Essas pedras mestras deverão ser assentadas com espaçamento de cerca de 1,50 a 2,00 m no sentido transversal da via em forma de arco romano (arco de volta perfeita, arco de volta inteira, arco de pleno centro, arco de meio ponto ou “**arco romano**” aos arcos que formam um semicírculo inteiro), com raio igual metade da faixa de rolamento, no sentido longitudinal, de conformidade com as partes, transversal e longitudinal constantes do projeto. Desta maneira, forma-se um reticulado que facilitará o trabalho de assentamento, evitando-se desvio em relação aos elementos do projeto, e ainda, excelente inter travamento granular;

Segue-se o assentamento por justaposições das demais pedras, com as faces de rolamento cuidadosamente escolhidas pelo calceteiro, que as fixará, com o martelo, no material de enchimento, com estas faces para cima. As pedras deverão ficar entrelaçadas e bem cuidadas, de modo que não coincidam as juntas vizinhas, e que as faces superiores não apresentem saliências acentuadas, uma em relação às outras. Por isto, o calceteiro deve ser cuidadoso, não só quanto à face de rolamento, quanto à de encosto entre duas pedras.

As juntas maiores serão preenchidas c/lasca de pedras, as menores e com material de enchimento e fixação.

Após o assentamento das pedras deverá ser espalhada uma camada de material de enchimento, com 2,0 cm de espessura, sobre o calçamento, forçando-se a penetração desse material nas juntas dos poliedros por meio de vassourões adequados ou leve irrigação em quantidade que não carregue o material, mas apenas facilite a penetração nas juntas.

Logo após a conclusão do rejuntamento dos poliedros será devidamente compactado/adensado.

A compactação/adensamento por rolagem deverá progredir, nas tangentes, das bordas para o centro, paralelamente ao eixo da pista, de modo uniforme, com cada passada atingindo a metade da outra faixa de rolamento, até completar a fixação do calçamento, isto é, até quando não se observar mais movimentação alguma das pedras pela passagem do rolo. Nos trechos em curva a progressão do rolo deverá ser do bordo interno da curva para o bordo externo.

Qualquer irregularidade ou depressão que venha a surgir durante a compactação deverá ser prontamente corrigida, removendo e recolocando os poliedros com maior ou menor adição do material de assentamento, em quantidade suficiente à total correção do defeito.



A compactação/adensamento das partes inacessíveis aos rolos compactadores deverá ser efetuada por meio de soquetes manuais adequados. Durante todo o período de construção do pavimento e até o seu recebimento definitivo, os trechos em construção e o pavimento acabado deverão ser protegidos contra os elementos que possam danificá-lo. As águas pluviais deverão ser desviadas por meio de valetas provisórias e o tráfego deverá ser proibido sobre a pista cujo pavimento estiver em construção.

#### c.3) Contenções laterais ou confinamentos de bordos externos

As contenções laterais devem ser necessariamente executadas antes do espalhamento/nivelamento do colchão de Areia.

Quando a via não possuir meios-fios, ou sarjeta de concreto, a contenção lateral do revestimento poliédrico será feita com cordões ou festos, que são peças de rocha ou concreto, com seção retangular, destinadas a serem assentadas com a face superior coincidindo com a superfície de rolamento dos poliedros, com a finalidade de proteger\conter os bordos do revestimento; poderão ser utilizadas peças de meio-fio pré-moldadas.

Nota 1 – Cordões ou festos de concreto ou de pedra de forma retangular com largura de 0,10m, altura de 0,25m e comprimento de 0,40m; (para peças pré fabricadas a resistência à compressão deve ser  $\geq 15$  MPa)

Nota 2 – Meio fio de concreto ou de pedra de forma aproximadamente retangular com largura de 0,18m, altura de 0,40m e comprimento de 0,80m, ou será obedecidas as dimensões citados nos dispositivos do Projeto de Drenagem

Nota 3 – As sarjetas são definidas nos dispositivos do Projeto de Drenagem;

#### c.4) Contenções ou Cordões de confinamentos transversais

Os cordões transversais ao sentido do rolamento são recomendados para todo segmento com rampas (declividade longitudinal)  $\geq 6,0\%$ , implantados com espaçamento a cada 60 metros de extensão, para evitar escorregamentos e deslocamentos horizontais dos fragmentos de poliedros antes, durante e após a execução.

Os cordões transversais deverão ser pré-fabricados tipo festos, com resistência à compressão  $\geq 35$  MPa, implantados com penetração na camada de sub-base logo após sua liberação, da ordem de 0,10m, com nivelamento de topo levemente abaixo do nível do poliédrico da ordem de 0,02m;

### 10.3 Sub-Base do revestimento poliédrico

A camada de base será do tipo solo estabilizado quimicamente ou granulometricamente, empregando-se uma das opções



1ª - 98% Solo local + 2,0% cal hidratada

2ª – 100% canga de minério de ferro tipo ghoetita

Para 1ª opção, a mistura poderá ser executada na pista, na pilha ou na usina de solos, desde que a relação do fator campo/laboratório seja  $\geq 0,9$ . Implica em dizer que os ensaios de controle durante a execução apresentem relação entre valores de campo com os valores de laboratório sejam  $\geq 90\%$ .

Para 2ª opção recomenda-se que a granulometria da canga de minério apresente enquadrada na faixa "D" da especificação DNIT 141/2010-ES - "Base Estabilizada Granulometricamente".

A camada de base deverá ser compactada com a energia do Proctor normal

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 139/2010-ES - "Sub-base Estabilizada Granulometricamente".

#### 10.1.6 - Regularização do Subleito

O subleito deverá ser regularizado e compactado com a energia de referência do Proctor normal, com os materiais devendo  $ISC \geq 10\%$  e expansão  $< 1,50\%$ ; o desvio de umidade em relação à ótima deverá situar-se no intervalo de  $-2\%$  a  $+1\%$ , preferencialmente no ramo seco.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 137/2010-ES - "Regularização do Subleito" (compactação com a energia de referência do Proctor normal).

## 11 – ANEXOS

Boletim de Sondagem – relatório nº 786-17

Resumo de ensaios de caracterizações – Relatório nº 786 – 17



Solocap – Geotecnologia Rodoviária Ltda.  
 Cristiano Costa Moreira – CREA 61510  
 T, Químico - Eng. Civil – Graduado em Eng<sup>a</sup> Rodoviária  
 Consultor e Prof.em Materiais e Processos de Pavimentação



## BOLETIM DE SONDAGEM

DATA: 20/11/2017

RELATÓRIO Nº: 786-17

O.S Nº: 112/17

OPERADOR: JORGE LUIZ

FOLHA: 19

FOR-EX-SL-014-REV03-23-11-16

( REVESTIMENTO, BASE, SUB-BASE, SUBLEITO)

REFERENCIAS Nº CASA	RUAS	FURO	POSIÇÃO	CAMADA	COORDENADAS		PROFUNDIDADE (cm)		CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA	SOLO		CBR		
					N	S				BOM	RUIM	>8	<8	<4
70	RUA COQUEIROS	1	EX	SUBLEITO	7809665	619915	0,10	1,10	AREIA SILTO ARGILOSA MARROM	X		X		
240		2	BE	SUBLEITO	7803916	619372	0,10	1,10	SILTE ROSA		X			X
330		3	BE	SUBLEITO	7803917	617613	0,00	1,00	SILTE ARENOSO VERMELHO	X			X	
28	ESPLENDOR	4	BD	SUBLEITO	7803657	619363	0,00	1,05	SILTE ROSA COM PEDREGULHO	X			X	
131	CARLOS CHAGAS	5	BE	SUBLEITO	7803506	619521	0,10	1,15	SILTE ROSA		X			X
60		6	EX	SUBLEITO	7803916	619372	0,15	1,15	SILTE ARGILOSO MARROM COM PED.	X			X	
411	LIMA DUARTE	7	BD	SUBLEITO	7803665	619915	0,00	1,20	SILTE ARGILOSO MARROM COM PED.	X		X		
E. TRÊS C.		8	BD	SUBLEITO	7803374	619820	0,00	0,90	ARGILA VERMELHA COM PED.	X		X		
394	TRES CORAÇÕES	9	EX	SUBLEITO	7803260	619817	0,00	1,20	ARGILA VERMELHA COM PED.	X		X		
526		10	BD	SUBLEITO	7803100	619818	0,00	0,95	ARGILA ARENOSA AVERMELHADA	X		X		
780		11	EX	SUBLEITO	7803260	619817	0,00	1,05	SILTE ARENOSO MARROM COM PED.	X			X	
182	AYMORES	12	BD	SUBLEITO	7803254	6199254	0,00	1,00	SILTE MARROM COM PEDREGULHO	X			X	
20		13	EX	SUBLEITO	7809677	619591	0,00	0,90	SILTE ARGILOSO MARROM COM PED.		X			X
1155	PIRAPORA	14	BE	SUBLEITO	7809337	619588	0,00	1,05	SILTE ARGILOSO ROSA	X			X	
124	TEOFILO OTONI	15	BE	SUBLEITO	7802802	619558	0,00	1,10	SILTE ARGILOSO MARROM COM PED.	X			X	
-	PIRAPORA	16	EX	SUBLEITO	7803232	619551	0,00	1,05	ARGILA ARENOSA VERMELHA	X		X		
87	ABAETE	17	BD	SUBLEITO	7803240	619583	0,00	1,20	ARGILA VERMELHA	X		X		
324	CARLOS CHAGAS	18	EX	SUBLEITO	7803376	619668	0,00	1,00	SILTE ARGILOSO ROSA	X			X	
ESQ. CARLOS	CLAUDIO	19	BE	SUBLEITO	7803515	619515	0,00	0,95	SILTE CLARO		X			X
588		20	EX	SUBLEITO	7803432	619429	0,00	1,20	SILTE MARROM		X			X
552	GOV. VALADARES	21	BE	SUBLEITO	780464	619420	0,00	1,10	SILTE ARGILOSO AVERMELHADO	X		X		
255	TRES CORAÇÕES	22	EX	SUBLEITO	7803467	619862	0,00	0,80	SILTE ARGILOSO ROSA		X			X
453	GOV. VALADARES	23	BD	SUBLEITO	7803631	619402	0,00	1,00	SILTE ARGILOSO AVERMELHADO		X			X
157		24	BE	SUBLEITO	7803856	619502	0,00	0,80	SILTE AVERMELHADO		X			X
92	LIMA DUARTE	25	BD	SUBLEITO	7803737	619529	0,15	1,15	SILTE ARGILOSO AVERM. C/ PED.		X			X

OBSERVAÇÕES:









FOR-DI-SL-006-REV11-02-03-17

# RESUMO DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Preparação para ensaios de solos - ABNT NBR 6457:2016

Determinação do limite de liquidez - ABNT NBR 6459:2016

Determinação do limite de plasticidade - ABNT NBR 7180:2016

Análise granulométrica - ABNT NBR 7181:2016

Ensaio de compactação - ABNT NBR 7182:2016

Índice de Suporte Califórnia - ABNT NBR 9895:2016

DATA: 18/12/2017

REL. Nº: 786-17

O.S Nº: 761-P20

REV. Nº: 0

FOLHA Nº: 32

**Laboratório de Ensaio Acreditado pela Cgcre de acordo com a NBR ISO/IEC 17025/2005, sob o número CRL-1165.****A Cgcre é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation.**

CLIENTE:	PREFEITURA MUNICIPAL DE SABARÁ - MG	SUB-TRECHO:	NÃO INFORMADO
OBRA:	SABARÁ - MG	PROCEDÊNCIA:	VARIADA
TRECHO:	BAIRRO DE FÁTIMA	ESTUDO:	SUBLEITO

## CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)

INÍCIO DO ENSAIO:		24/11/2017		h / min		09:20		FINAL DO ENSAIO:		15/12/2017		h / min		11:00																	
Registro	Furo	Estaca	Prof. m	Am Nº	Granulometria (porcentagem passando)										Índices físicos				Compactação				Sedimentação				Umidade Solos				
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº16	Nº30	Nº40	Nº60	Nº 100	Nº200	L.L.	I.P.	I.G.	T.R.B.	Hót.	Dens. máx.	I.S.C.	EXP	Argila		Silte	Areia	Pedr.	
Classificação de campo: 98% ARGILA ARENOSA AVERMELHADA + 2% CAL					Classificação de laboratório:										Proctor: NORMAL																
2262	10	526	0,00 A 0,95	10	50,4	38,1	25,4	19,1	9,52	4,76	2,0	1,2	0,59	0,42	0,25	0,15	0,074	%	-	-	-	%	g/cm3	%	%	%	%	%	%	%	
TRÊS CORAÇÕES / COORD. 7803100/619818																															



FOR-DI-SL-006-REV11-02-03-17

# RESUMO DE ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Preparação para ensaios de solos - ABNT NBR 6457:2016  
 Determinação do limite de liquidez - ABNT NBR 6459:2016  
 Determinação do limite de plasticidade - ABNT NBR 7180:2016

Análise granulométrica - ABNT NBR 7181:2016  
 Ensaio de compactação - ABNT NBR 7182:2016  
 Índice de Suporte Califórnia - ABNT NBR 9895:2016

DATA:	18/12/2017
REL. Nº:	786-17
O.S Nº:	761-P20
REV. Nº:	0
FOLHA Nº:	33

Laboratório de Ensaio Acreditado pela Cgcre de acordo com a NBR ISO/IEC 17025/2005, sob o número CRL-1165.

**A Cgcre é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation.**

CLIENTE:	PREFEITURA MUNICIPAL DE SABARÁ - MG	SUB-TRECHO:	NÃO INFORMADO
OBRA:	SABARÁ - MG	PROCEDÊNCIA:	VARIADA
TRECHO:	BAIRRO DE FÁTIMA	ESTUDO:	SUBLEITO

## CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)

INÍCIO DO ENSAIO:		24/11/2017		h / min		09:20		FINAL DO ENSAIO:		15/12/2017		h / min		11:00																							
Registro	Furo	Estaca	Prof. m	Am Nº	Granulometria (porcentagem passando)										Índices físicos				Compactação				Sedimentação				Umidade Solos										
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº16	Nº30	Nº40	Nº60	Nº 100	Nº200	L.L.	I.P.	I.G.	T.R.B.	Hót.	Dens. máx.	I.S.C.	EXP	Argila		Silte	Areia	Pedr.							
Classificação de campo:					98% SILTE ARGILOSO MARROM COM PED. + 2% CAL					Classificação de laboratório:					Proctor: NORMAL																						
2265	13	20	0,00 A 0,90	13	50,4	38,1	25,4	19,1	9,52	4,76	2,0	1,2	0,59	0,42	0,25	0,15	0,074	%	-	-	-	%	g/cm3	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
AYMORÉS / COORD. 7809677/619591																																					
Classificação de campo:					98% SILTE ARGILOSO ROSA + 2% CAL					Classificação de laboratório:					Proctor: NORMAL																						
2266	14	1.155	0,00 A 1,05	14																																	
PIRAPORA / COORD. 7809337/619588																																					
Classificação de campo:					98% SILTE ARGILOSO MARROM COM PED. + 2% CAL					Classificação de laboratório:					Proctor: NORMAL																						
2267	15	124	0,00 A 1,10	15																																	
TEÓFILO OTONI / COORD. 7802802/619558																																					

## CARACTERÍSTICAS ÓTIMAS

ESPECIFICAÇÕES - DNIT	137-10	S. LEITO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	139-10	S. BASE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
141-10	BASE	FAIXA	A	100	-	-	-	-	30-65	25-55	15-40	-	-	8-20	-	-	2-8	≤ 25	≤ 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			B	100	-	75-90	-	-	40-75	30-60	20-45	-	-	15-30	-	-	5-15																					> 60
			C	-	-	100	-	-	50-85	35-65	25-50	-	-	15-30	-	-	5-15																					f(x) "N"
			D	-	-	100	-	-	60-100	50-85	40-70	-	-	25-45	-	-	10-25																					< 0,5
			E	-	-	100	-	-	-	55-00	40-100	-	-	20-50	-	-	6-20																					> 80
			F	-	-	100	-	-	-	70-100	55-100	-	-	30-70	-	-	8-25																					

\* Os ensaios de compactação e limites físicos são realizados pelo método com secagem prévia até a umidade higroscópica







