



MEMORIAL DE CÁLCULO

**PROJETO DE DRENAGEM E
PAVIMENTAÇÃO DA ESTRADA VELHA
DO AEROPORTO ATÉ A RUA HÉLIO
JACY GOUVEIA SCHIEFLER (VIA DA
ESCOLA BRZ)**

JUNHO DE 2021

Referências Cadastrais

Cliente	Prefeitura Municipal de Pouso Alegre
Localização	Pouso Alegre, Minas Gerais
Título	Projeto de drenagem e pavimentação da estrada velha do aeroporto até a rua Hélio Jacy Gouveia Schiefler (via da escola BRZ)
Contato	Rinaldo Oliveira
E-mail	rinaldololiveira@gmail.com
Líder do Projeto:	Aloísio Caetano Ferreira
Coordenador:	Denis de Souza Silva
Projeto/centro de custo:	26/2019-01
Data do documento:	28/05/2021

Elaborador/Autor	Flávia Cristina Barbosa	Engenheira Civil
Verificador/aprovador	Denis de Souza Silva	Coordenador do projeto

Isenção de Responsabilidade:

Este documento é confidencial, destinando-se ao uso exclusivo do cliente, não podendo ser reproduzido por qualquer meio (impresso, eletrônico e afins) ainda que em parte, sem a prévia autorização escrita do cliente.

Este documento foi preparado pela Dac Engenharia com observância das normas técnicas de Pouso Alegre e em estrita obediência aos termos do pedido e contrato firmado com o cliente. Em razão disto, a Dac Engenharia isenta-se de qualquer responsabilidade civil e criminal perante o cliente ou terceiros pela utilização deste documento, ainda que parcialmente, fora do escopo para o qual foi preparado.

Equipe Técnica

Responsável Técnico – Projetos Cíveis

Flávia Cristina Barbosa Engenheira Civil	
Nº CREA: MG 187.842/D	Nº ART: 5179084

Responsável Técnico – Projeto de Drenagem

Aloisio Caetano Ferreira Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG 97.132/D	Nº ART: 5179119

Coordenação

Denis de Souza Silva Engenheiro Hídrico	
Nº CREA: MG 127.216/D	Nº ART: 5174910

Elaboração

Márcia Regina	Assistente Administrativa
Rafael Wasem	Auxiliar de Topografia
Antônio Galvão Jr	Design de Interiores
Érika Prudente	Engenheira Ambiental
Thales Tito	Engenheiro Ambiental
Abraão Ramos	Engenheiro Civil
Camila Andrade	Engenheira Civil
Daliani Pereira	Engenheira Civil
Diego Moutinho	Engenheiro Civil
Felipe Guimarães	Engenheiro Civil
Flávia Barbosa	Engenheira Civil
Jonas Guerreiro	Engenheiro Civil

Mara Lucy	Engenheira Civil
Pedro Henrique Justiniano	Engenheiro Civil
Thais Coimbra	Engenheira Civil
Tulio Lemos	Engenheiro Civil
William Baradel	Engenheiro Civil
Giovanni Petrucci	Engenheiro Eletricista
Aloisio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico
Denis Silva	Engenheiro Hídrico
Henrique Biasi	Engenheiro Hídrico
Igor Lopes	Engenheiro Hídrico
Guilherme Lacerda Lima	Engenheiro de Materiais
Geraldo Tiago Filho	Engenheiro Mecânico
German Lozano	Engenheiro Mecânico
Pedro Costa	Engenheiro Mecânico
Tamara Ventura	Estag. Engenharia Ambiental e Sanitária
Giulia Camerini	Estag. Biologia
Bianca Baruk Rosa	Estag. Engenharia Civil
Bianca Batista	Estag. Engenharia Civil
Erica de Souza	Estag. Engenharia Civil
Gabriel Santos	Estag. Engenharia Civil
Gabriel Gomes	Estag. Engenharia Civil
Isabela Silva	Estag. Engenharia Civil
Marcela Cabral	Estag. Engenharia Civil
Sabrina Paro	Estag. Engenharia Civil
Thallis Eduardo Cabral	Estag. Engenharia Civil
Nathália Souza	Estag. Engenharia Hídrica
Júlio Del Ducca	Estag. Engenharia Mecânica

Índice

1.	OBJETO	6
2.	LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO	7
3.	ESTUDO GEOTÉCNICO	10
3.1.	CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DO LOCAL	12
4.	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	17
4.1.	METODOLOGIA APLICADA	17
4.2.	MÉTODO RACIONAL	17
4.2.1.	Coeficiente de Escoamento Superficial.....	18
4.2.2.	Tempo de Concentração e Período de Retorno.....	19
4.2.3.	Intensidade de Precipitação	19
4.2.4.	Vazão	20
5.	PROJETO GEOMÉTRICO	21
5.1.	PARÂMETROS DE CONCEPÇÃO DO ACESSO VIÁRIO	21
5.2.	CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS	21
5.3.	APRESENTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO	23
5.3.1.	Em Planta:	23
5.3.2.	Em Perfil:	23
5.4.	LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO	23
6.	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	25
6.1.	TALUDES PROJETADOS	25
6.2.	RESUMO DAS QUANTIDADES	25
6.3.	MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO	26
6.4.	ORIENTAÇÕES DE PROJETO	26
6.4.1.	Serviços Topográficos.....	27
6.4.2.	Desmatamento, Destocamento e Limpeza	28
6.4.3.	Corte do Terreno.....	29
6.4.4.	Aterro.....	29
6.4.5.	Material de Aterro.....	30
7.	PROJETO DE DRENAGEM	32
7.1.	VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA	32
7.2.	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS	33
7.2.1.	Posicionamento.....	34
7.2.2.	Diâmetro Mínimo.....	34
7.2.3.	Cálculo da Vazão na Galeria	34
7.2.4.	Velocidade de Escoamento	34
7.2.5.	Capacidade Máxima da Galeria.....	36
7.2.6.	Recobrimento mínimo da galeria	36

7.2.7.	Envolvimento de Concreto	37
7.2.8.	Descarte	37
7.2.9.	Interferências	37
8.	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	38
8.1.	MÉTODO UTILIZADO	38
8.2.	PARÂMETROS DO DIMENSIONAMENTO	39
8.2.1.	Número “N”	39
8.2.2.	Índice de Suporte do Subleito (CBR)	39
8.3.	DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	40
8.3.1.	Especificações de Serviços	44
8.4.	DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO	44
9.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	47
9.1.	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	47
9.1.1.	Linha de Retenção (LRE)	47
9.1.2.	Linhas de Separação de Fluxo de Sentidos Opostos	48
9.1.3.	Linha de Bordo (LBO).....	48
9.1.4.	Faixa de Travessia de Pedestre (FTP)	50
9.2.	SINALIZAÇÃO VERTICAL	51
9.2.1.	Parada Obrigatória (R-1)	52
9.2.2.	Regulamentação de Velocidade (R19)	53
9.2.3.	Advertência de Trânsito de Pedestres (A-32a).....	55

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Coeficiente de escoamento superficial	18
Tabela 7.1 – Coeficiente de rugosidade para diferentes materiais	35
Tabela 8.1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via	39
Tabela 8.2 – Tipo de revestimento em função de tráfego	40
Tabela 8.3 – Coeficientes k.....	42

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Estrada Velha Aeroporto até a Rua Hélio Jacy Gouveia	6
Figura 2.1 – Sistema de Levantamento Topográfico por GPS	8
Figura 3.1 – Mapa Geológico de Pouso Alegre.....	12
Figura 3.2 – Mapa pedológico de Pouso Alegre	13
Figura 3.3 – Localização da Sub-bacia do Rio Mandu.....	14
Figura 3.4 – Características geológicas da Sub-bacia de Pouso Alegre.....	14

Figura 3.5 – Condições da vegetação na Sub-bacia de Pouso Alegre	15
Figura 3.6 – Mapa do Bioma de Minas Gerais.....	15
Figura 3.7 – Prioridade de conservação da fauna	16
Figura 5.1 – Parâmetros das vias	22
Figura 5.2 – Seção Transversal da Estrada Velha e Av. Circular	22
Figura 5.3 – Seção Transversal da Rua Arthur Vilhena de Carvalho.....	23
Figura 7.1 – Sarjeta tipo B	32
Figura 7.2 – Características hidráulicas da sarjeta	33
Figura 7.3 – Detalhes hidráulicos da sarjeta.....	33
Figura 8.1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento.....	42
Figura 8-2 – Espessura necessária de Sub-base.....	45
Figura 9.1 – Posicionamento de Linha de Retenção (LRE).....	47
Figura 9.2 – Exemplo de Faixa LFO-3	48
Figura 9.3 – Linha de Bordo (LBO).....	49
Figura 9.4 – Largura da LBO segundo a velocidade da via.....	49
Figura 9.5 – Distância dos limites laterais da pista de rolamento	50
Figura 9.6 – Faixa de travessia de pedestres do projeto.....	51
Figura 9.7 – Placas de parada obrigatória	52
Figura 9.8 – Placas de parada obrigatória	53
Figura 9.9 – Distância máxima entre placas de indicação de velocidade	54
Figura 9.10 – Distância máxima entre placas de indicação de velocidade	54
Figura 9.11 – Dimensões para suporte de placas de advertência	55
Figura 9.12 – Dimensões para placas de advertência quadradas	56
Figura 9.13 – Cores para a placa de advertência quadrada	56
Figura 9.14 – Referências de cores no Padrão Munsell	57

Lista de Equações

Equação 4.1 – Método Racional	18
Equação 4.2 – Equação de chuva intensa de Pouso Alegre	20
Equação 7.1 – Método de Izzard/Manning.....	32
Equação 7.2 – Cálculo da velocidade de escoamento	35
Equação 7.3 – Cálculo do raio hidráulico	35
Equação 7.4 – Determinação da vazão máxima	36

1. OBJETO

A presente documentação tem como finalidade apresentar o projeto de Projeto de drenagem e pavimentação da estrada velha do aeroporto até a rua Hélio Jacy Gouveia Schiefler (via da escola BRZ).



Figura 1.1 – Estrada Velha Aeroporto até a Rua Hélio Jacy Gouveia

FONTE: Google Earth Pro, 2021

No desenvolvimento do projeto procurou-se dimensionar a Estrada Velha do Aeroporto até a Rua Hélio Jacy Gouveia com pavimentação adequada de acordo com os veículos que nela trafegarão. O projeto descreve as características e dimensões principais da via e materiais utilizados na pavimentação, drenagem, sarjeta, e sinalização viária, observando e detalhando as etapas de construção.

2. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

O levantamento planialtimétrico georreferenciado promove uma representação de certo terreno sobre um plano topográfico, através de coordenadas. Tanto medidas planas, quanto ângulos e níveis podem ser medidos por esse método. Da mesma maneira, devido à sua associação com o sistema de coordenadas, é possível estabelecer a posição do norte. O levantamento permite apurar outros detalhes presentes no terreno, como árvores, postes, bueiros e cercas.

O sistema de levantamento por GPS (Figura 2.1) pode oferecer uma precisão de centímetros e até milímetros em condições ideais para tal. O seu funcionamento se baseia na captação de sinais emitidos por satélites, por meio de uma antena. Dessa forma, pode-se obter em tempo real a posição exata de algum ponto de referência específico.

Essa técnica é mais precisa, pois, conhecendo-se as coordenadas do ponto de referência, pode-se aferir o erro associado ao aparelho e aos dados do satélite. Além disso, ela é mais vantajosa, já que o levantamento fica georreferenciado, ou seja, contido em uma rede de triangulação geodésica nacional.

Após finalizado o levantamento, os dados são descarregados e processados em um software específico para tal e, então, levados ao AutoCAD, onde são organizados segundo as especificações necessárias para o projeto.



Figura 2.1 – Sistema de Levantamento Topográfico por GPS

Fonte: DAC Engenharia

Os resultados completos encontrados podem ser vistos em planta específica de projeto. As curvas de nível intermediárias apresentadas em planta estão espaçadas em 1 metro entre si. Já as de nível mestras estão espaçadas em 5 metros.

Com relação ao sistema de referência para o georreferenciamento, foi utilizado o *Universal Transversa de Mercator – UTM*, sendo a zona 23 sul a do local. O datum de referência horizontal utilizado foi o SIRGAS 2000 e o de referência vertical foi o próprio rastreamento geodésico, explicado anteriormente.

As especificações dos aparelhos utilizados são as seguintes:

- Par de antenas GNSS de dupla frequência;
- RTK da marca Stonex, modelos S800 e S800A;
- Levantamento utilizando drone DJI MAVIC PRO.

As cotas apresentadas na planta referem-se a elevações ortométricas, calculadas pelo modelo MAPGEO 2015 (IBGE). O ponto de referência utilizado para calibrar o aparelho e o levantamento foi do tipo marco de parafuso, com coordenadas (época 2000.4):

- Latitude: 7.534.987,191 m;
- Longitude: 405.204,417 m;
- Altitude ortométrica: 889,85 m.

Foram determinadas também as posições dos PVE e postes na localidade, assim como a presença de vegetação, cursos d'água e edificações da região.

3. ESTUDO GEOTÉCNICO

Os estudos geotécnicos têm como objetivo a caracterização das formações geológicas ocorrentes, no sentido de definir as condições de subleito para implantação da via.

Para o projeto em questão, foram realizadas:

- Coleta de amostra e posteriormente realizado os ensaios de controle tecnológico do solo pelo Laboratório da Engenharia Civil de Itajubá - FEPI, entre os dias 18/01/2021 a 20/02/2021.
- Sondagens de reconhecimento a percussão pela empresa Morcelli & Alencar LTDA ME, no dia 26/04/2021.

Não foi encontrado nível d'água nas amostras dos SPT's 01, 02 e 03 no local e o limite da sondagem foi de 10,45 metros de profundidade. No entanto no SPT 04 foi encontrado nível d'água a 2 metros de profundidade. Os tipos de solo encontrados para cada SPT foram:

- **SPT 01**

- Argila com grão quartzo cor: vermelho, de mole a média, até 3,45 metros de profundidade;

- Argila siltosa com grão quartzo cor: vermelho e ocre e rosa variegado, rija, de 3,45 a 6,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão;

- Silte argilo-arenoso cor: vermelho e ocre e branco variegado, muito rijo, de 6,45 a 9,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão;

- Silte cor: vermelho ocre e branco variegado, compacto, de 9,45 a 10,45 metros de profundidade, configurando 1 metros de extensão.

- **SPT 02**

- Argila siltosa com grão quartzo cor: vermelho, média, até 3,45 metros de profundidade;

- Silte arenoso cor: ocre e vermelho, medianamente compacto, de 3,45 a 6,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão;

- Silte cor: ocre e vermelho variegado, de medianamente compacto a compacto, de 6,45 a 9,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão;

- Silte arenoso cor: ocre e roxo e vermelho variegado, compacto, de 9,45 a 10,45 metros de profundidade, configurando 1 metros de extensão.

- **SPT 03**

- Argila arenosa cor: vermelho, de muito mole a média, até 3,45 metros de profundidade;

- Argila arenosa com grão quartzo cor: vermelho, de mole a média, de 3,45 a 6,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão;

- Argila silto-arenosa cor: vermelho e ocre variegado, rija, de 6,45 a 9,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão;

- Argila siltosa cor: ocre e vermelho, rija, de 9,45 a 10,45 metros de profundidade, configurando 1 metros de extensão.

- **SPT 04**

- Argila cor: vermelha, de mole a muito mole, até 2,45 metros de profundidade;

- Areia com argila orgânica cor: marrom, fofa, de 2,45 a 5,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão;

- Argila orgânica cor: preto, de mole a média, de 5,45 a 7,45 metros de profundidade, configurando 2 metros de extensão;

- Argila silto-arenosa cor: vermelho e ocre variegado, de rija a muito rija, de 7,45 a 10,45 metros de profundidade, configurando 3 metros de extensão.

Os detalhes podem ser vistos no Anexo I deste documento.

3.1. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DO LOCAL

Com relação à geologia, o município de Pouso Alegre – MG possui predominantemente depósitos aluviais (ENa), uma pequena parcela de rochas metassedimentares que compõem a Formação Pouso Alegre (NP3pa) e grandes complexos gnáissicos em seu entorno (NP2cm e NP2sjm).

Os depósitos aluviais possuem como característica – Aquíferos granulares, livres, com espessura de até 10-15 m, permeabilidade entre 5 e 10 m/dia e porosidade efetiva da ordem de 10%. Águas um pouco salobras em algumas áreas.

A Formação Pouso Alegre apresenta um aquífero granular superficial com capacidade de produção variável em função da sua espessura e composição granulométrica Gnássico-granítica – sistema aquífero em meio fissurado. Possui baixas permeabilidade e porosidade, pouco exploradas através de poços. Apresentam também de baixa a média capacidade de produção com águas alcalinas e com dureza elevada.

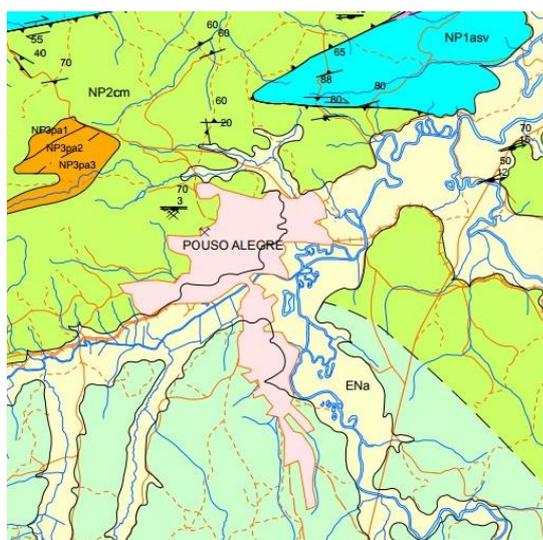


Figura 3.1 – Mapa Geológico de Pouso Alegre

Fonte: RIBEIRO, 2011

Onde:

- ENa: Depósitos fluviais, cascalho, areia e lama;
- NP3pa: Formação Pouso Alegre - brecha polimítica; conglomerado polimítico, arenito feldspatolítico e pelito; arenito feldspatolítico e arcóseo;
- NP2cm: Complexo gnáissico Cachoeira de Minas - ortognaisses granodioríticos a tonalíticos. Localmente fácies migmatítica, ortopiroxênio, granulito máfico com clinopiroxênio, granada, plagioclásio e hornblenda, granada quartzito (metachert) e quartzitos feldspáticos;
- NP2sjm: Complexo gnáissico São João da Mata - ortognaisse granítico/granodiorítico e paragnaisse cinzento, migmatítico, ambos localmente com ortopiroxênio. Pegmatitos e apófises graníticas. Lentes de anfibolito e localmente quartzito.

A região é composta em sua maioria por Latossolo Vermelho distrófico do tipo A (LVd2) moderado, de textura argilosa, passível de ser encontrado na fase cerrado, relevo plano e suave ondulado.

A região também possui Argilossolo vermelho-amarelo distrófico típico A (PVAd2) moderada, de textura média/argilosa, presente em regiões de floresta subcaducifólia, com relevo suave ondulado e ondulado.

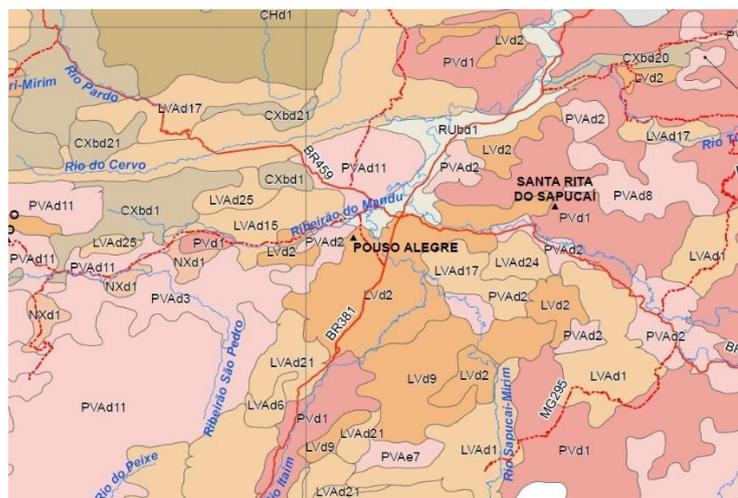


Figura 3.2 – Mapa pedológico de Pouso Alegre

Fonte: UFV, 2010.

Pouso Alegre está incluída na sub-bacia hidrográfica do Rio Mandu, que pertence à sub-bacia do Rio Sapucaí, afluente do Rio Grande (TEIXEIRA et al., 2018), conforme pode ser visto na Figura 3.3. O município é banhado por cinco rios: Sapucaí, Sapucaí-mirim, Rio Cervo, Rio Mandu e Rio Itaim.

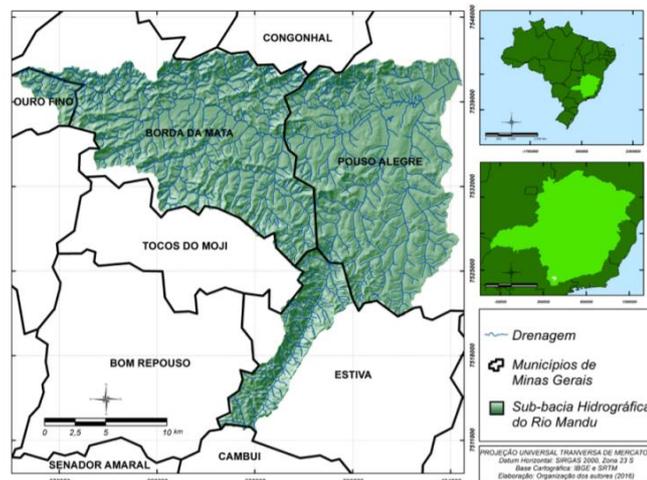


Figura 3.3 – Localização da Sub-bacia do Rio Mandu

Fonte: Teixeira et al., 2018

A cidade está localizada em meio a planícies fluviais, morros e colinas. Seu geossistema é caracterizado, majoritariamente, por zonas transmissoras, com transporte de matéria e energia e zonas acumuladoras, onde ocorre a coleta dessa matéria e energia, provenientes de zonas mais elevadas (Figura 3.4).

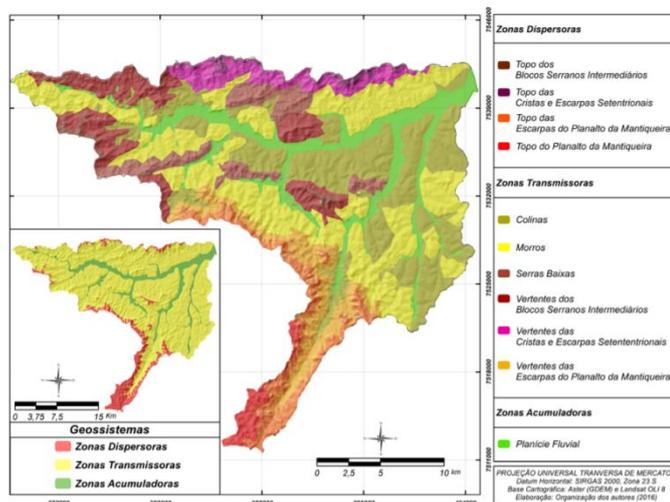


Figura 3.4 – Características geológicas da Sub-bacia de Pouso Alegre

Fonte: Teixeira et al., 2018

Analisando os aspectos vegetais da região de Pouso Alegre, há que se destacar a expressiva presença de Áreas de Preservação Permanente (APP), presentes, principalmente, devido aos cursos d'água (Figura 3.5).

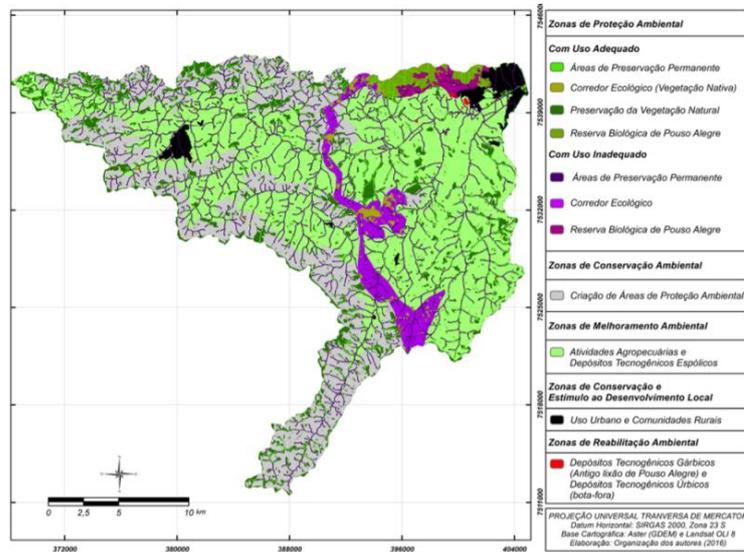


Figura 3.5 – Condições da vegetação na Sub-bacia de Pouso Alegre

Fonte: Teixeira et al., 2018

O meio biótico de Pouso Alegre se configura como Mata Atlântica com alta prioridade de conservação da fauna (Figuras 3.6 e 3.7).

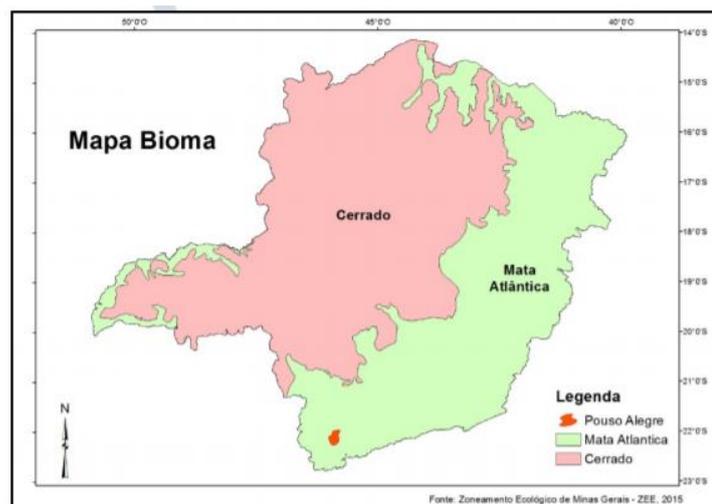


Figura 3.6 – Mapa do Bioma de Minas Gerais

Fonte: Licenciamento Ambiental do Aeroporto de Pouso Alegre

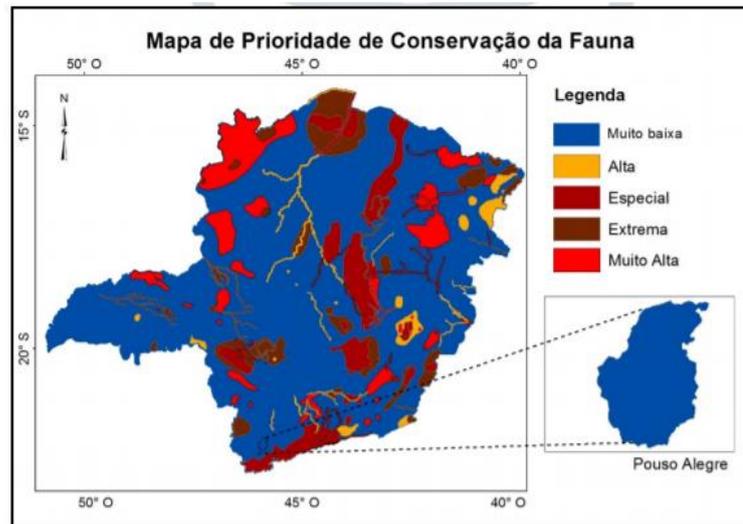


Figura 3.7 – Prioridade de conservação da fauna
Fonte: Licenciamento Ambiental do Aeroporto de Pouso Alegre

4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos irão determinar as descargas máximas nas áreas em estudo, a fim de dar base ao dimensionamento das estruturas hidráulicas do sistema de drenagem em questão. Para isso, é necessário o diagnóstico do regime pluvial e da natureza das precipitações intensas da região, como é apresentado a seguir.

4.1. METODOLOGIA APLICADA

Para a determinação da precipitação máxima utilizou-se a equação que correlaciona os parâmetros intensidade, duração e frequência de chuvas. Essa relação permite ainda a obtenção de precipitações máximas para diferentes Tempos de Concentração – t_c , e Períodos de Retorno – TR. Nas estimativas de vazões a partir de dados de chuva a grandeza utilizada é a Precipitação Excedente, pelo fato de esta contribuir efetivamente para a formação do escoamento superficial

As vazões de projeto podem ser estimadas através de métodos estatísticos diretos e indiretos. Estas metodologias são determinadas de acordo com as dimensões das áreas de drenagem, da seguinte forma:

- Sub-bacias com áreas de até 5 km²: utiliza-se o Método Racional;
- Sub-bacias com áreas entre 5 km² e 10 km²: utiliza-se o Método Racional Corrigido;
- Sub-bacias com área acima de 10 km²: utiliza-se o Método de Ven Te Chow.

Desta forma, como a bacia de projeto possui uma área menor que 5km², utilizou-se o método racional.

4.2. MÉTODO RACIONAL

O método mais utilizado para o cálculo da vazão a partir da transformação de chuva em vazão para análise em pequenas bacias hidrográficas é o método racional, devido a simplicidade de aplicação e facilidade do conhecimento e controle dos parâmetros necessários.

Admite-se, na sua aplicação, que a chuva apresente uma intensidade constante, uniformemente distribuída sobre a superfície da bacia, e que sua duração

seja maior ou igual ao tempo de concentração na bacia. Como a intensidade de chuva decresce com o aumento da duração, a descarga máxima resulta de uma chuva com duração igual ao tempo de concentração da bacia.

Este método, descrito matematicamente pela Equação 4.1, representa uma relação entre a vazão máxima de escoamento superficial e a intensidade de precipitação, dependendo das seguintes variáveis para a sua determinação: tipo de solo e do uso da terra, duração e intensidade da chuva e características físicas da rede de drenagem existente.

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Equação 4.1 – Método Racional

Onde:

- Q: Vazão de projeto (m³/s);
- C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- I: Intensidade da chuva de projeto (mm/h);
- A: Área de drenagem (ha).

4.2.1. Coeficiente de Escoamento Superficial

Coeficiente também denominado por deflúvio superficial ou coeficiente de “Runoff”. Variável determinada em função de uma série de fatores, como o tipo do solo, ocupação da bacia, umidade antecedente, intensidade da chuva e outros. Assim, devido às diversas condições e combinações dos fatores citados, apenas parte do volume precipitado sobre a bacia atinge a seção sob a forma de escoamento superficial. Portanto adotou-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,75, conforme valores indicados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Coeficiente de escoamento superficial

Descrição das Áreas das Bacias Tributáveis	Coeficiente de Deflúvio “C”
--	-----------------------------

Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Gramados; solos arenosos	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,19 a 0,35

4.2.2. Tempo de Concentração e Período de Retorno

O tempo de concentração é considerado o período, em minutos, que uma gota de água de chuva cai no ponto mais distante da bacia, demora a chegar até a seção de análise. Devido às características das curvas de intensidade, duração e frequência da chuva, o tempo de concentração inicial mínimo adotado para as bacias é de 10 minutos.

O tempo de retorno ou período de retorno de uma chuva representa o risco que o empreendimento ou projeto está assumindo no dimensionamento de uma obra hidráulica. Ou seja, qual é o grau de segurança que se deseja proporcionar ao empreendimento, sendo que ele é o inverso da frequência com que a chuva ou vazão venha a ser igualada ou ultrapassada num ano qualquer.

Para escolher qual o tempo de retorno que se irá utilizar no dimensionamento do projeto hidráulico é importante analisar os prejuízos tangíveis e intangíveis que possam a vir a ser causados por eventos extremos de chuva. Portanto, para o empreendimento em questão foi adotado o período de retorno (TR) igual a 10 anos.

4.2.3. Intensidade de Precipitação

Para determinar a intensidade máxima de chuva de um determinado local há uma equação que correlaciona os parâmetros como intensidade, duração e frequência (IDF) das chuvas, e ainda permite obter valores para diferentes tipos de tempos de

concentração e tempos de retorno. Esses são definidos por uma série histórica de dados de chuvas, de mais ou menos 30 anos, do local em questão.

No empreendimento em questão, utilizou-se a equação de chuva do município de Pouso Alegre gerada pela interpolação de dados do software *Plúvio 2.1*. Assim, obteve-se a seguinte equação de chuva:

$$i = \frac{667,338 \cdot T^{0,184}}{(tc + 20,869)^{0,635}} = 115,478 \text{ mm/h}$$

Equação 4.2 – Equação de chuva intensa de Pouso Alegre

Onde:

- i – Intensidade da chuva (mm/h);
- tc – tempo de concentração (min);
- T – Período de retorno (anos).

4.2.4. Vazão

A vazão calculada sintetiza as considerações e cálculos realizados em relação ao tempo de concentração do escoamento e à intensidade de chuva, ao coeficiente de escoamento superficial e a área de contribuição de cada sub- bacia do projeto.

5. PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico é a base do projeto viário como um todo, pois dele decorre uma série de condicionantes para os demais. Procura-se, como regra geral, escolher uma solução que seja compatível com os demais projetos.

O projeto geométrico foi concebido tendo como objetivo a interligação entre a Estrada Velha, a Rua Arthur Vilhena de Carvalho e a Av. Circular, tendo como base os estudos topográficos e os estudos geotécnicos associados à visita técnica “in loco”.

Para o desenvolvimento do greide da via foram adotadas cotas que possibilitassem uma melhor compensação de volumes de corte e aterro e a projeção horizontal de menor interferência nas áreas residenciais.

5.1. PARÂMETROS DE CONCEPÇÃO DO ACESSO VIÁRIO

A seguir, descrevem-se os parâmetros de concepção adotados para a via de acesso.

5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS

A classificação da via, bem como as informações de tráfego, fundamental para que o planejamento do sistema viário seja baseado na identificação das necessidades de deslocamento.

Não foi possível seguir o padrão determinado pelo Caderno de Encargos da Prefeitura Municipal de Pouso Alegre/MG para vias locais, segundo Figura 5.1

CARACTERÍSTICAS	VIAART.	VIACOL.	VIAMUN.	VIALOCAL	VIA PED.	CICLOVIA
Velocidade Diretriz (km/h)	60	50	60	40	-	-
Raio Mínimo de Curvatura Horizontal (m)	80	50	125	30	-	15
Rampa Máxima (%)	10%	15%	12%	20%	20%	15%
Rampa Mínima (%)	1%	1%	1%	1%		1%
Faixa de Rolamento (m)	3,5	3,5	3,5	3,5	-	2,0
Acostamento (m)	-	-	2,0	-	-	-
Canteiro Central (m)	9,0	4,0	-	-	-	-
Passeio mínimo (m)	3,0	3,0	-	2,0	-	-
Sarjeta (m)	0,5	0,5	0,5	0,5		
Faixa verde (m)	2,0	1,5	-	1,0		
Faixa de Estacionamento	3,0	2,0	-	-	-	-
Nº Faixas Rolamento (und)	4	4	2	2		2
Faixa Domínio Mínima (m)	40	32	22	14	5	3
Seção Transversal Vias (m)	30,0	23,0	11	8,0	5	3

Figura 5.1 – Parâmetros das vias

Fonte: Caderno de Encargos da Prefeitura Municipal de Pouso Alegre

Devido à pré-existência de uma geometria na estrada rural, o que foi feito pelo Engenheiro Projetista foi a adequação entre os dois limitantes: o já existente e o colocado pela Prefeitura. Da mesma maneira, não foi possível fixar um veículo de projeto, já que os limitantes foram as edificações e traçado existente.

A largura da via foi definida atentando-se para as possibilidades geométricas locais e as características econômicas necessárias. Assim, a largura final definida é apresentada na Figura 5.2 e Figura 5.3 que segue:

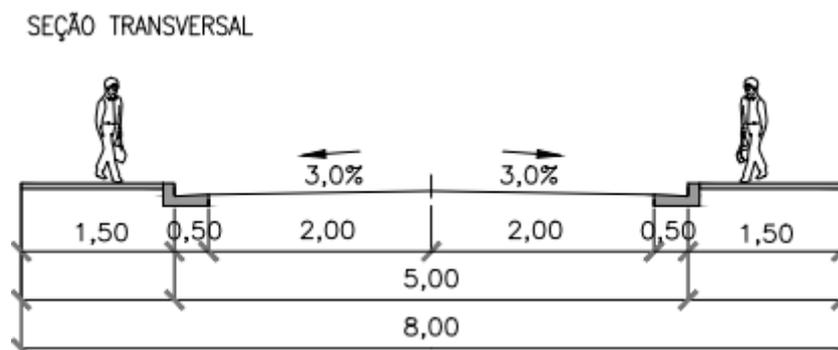


Figura 5.2 – Seção Transversal da Estrada Velha e Av. Circular

Fonte: DAC Engenharia

SEÇÃO TRANSVERSAL

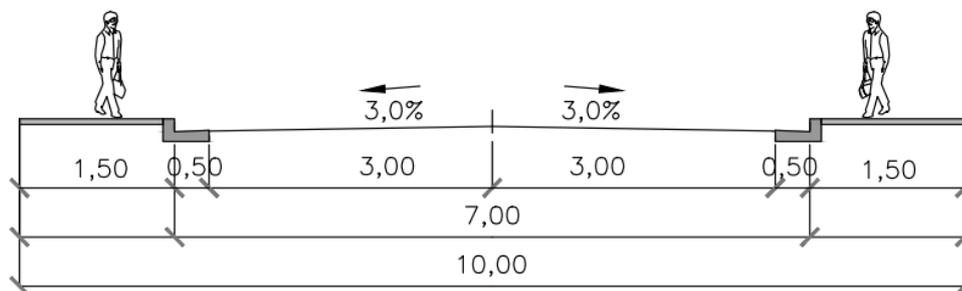


Figura 5.3 – Seção Transversal da Rua Arthur Vilhena de Carvalho

Fonte: DAC Engenharia

5.3. APRESENTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico está apresentado nas pranchas de projeto, contendo os elementos a seguir:

5.3.1. Em Planta:

- Indicação dos eixos projetados com estacas marcadas a cada 20 (vinte) metros, ou menos quando necessário;
- Definição dos elementos cadastrais contidos na faixa do projeto.

5.3.2. Em Perfil:

- Comprimento e percentagens das rampas;
- Comprimento das projeções horizontais e verticais de concordância;
- Afastamento entre o PIV e a parábola;
- Estaqueamento da linha locada, com estacas indicadas de 20 em 20 metros;
- Perfil do terreno natural, pelo eixo projetado.

5.4. LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO

O método de cálculo para a elaboração do projeto geométrico utilizado foi o analítico, através de microprocessador programável. Por meio desse processo, foram calculados todos os pontos de intersecção de eixos de vias, elementos de curvas, além dos demais elementos essenciais ao projeto.

Tendo em vista as características do Sistema Viário projetado, sugere-se que seja adotada a seguinte metodologia para sua exata locação no campo:

- Partindo-se de uma das linhas-base, determinar uma poligonal de referência, preferencialmente fechada, tal que seus vértices sejam os pontos notáveis dos eixos das vias, a saber: PC, PI, PT e pontos de intersecção de vias.

O erro máximo de fechamento tolerável, para efeito de locação, será de 1:2000, ou seja, um centímetro de erro para cada vinte metros medidos. Nas pranchas são apresentadas as tabelas de locação do projeto geométrico.

6. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

No Projeto de Terraplenagem são calculados os volumes de movimentação de terra para implantação do sistema viário. Neste projeto são definidas as proporções dos taludes, analisando a capacidade do solo para estabilidade dos cortes e corpos de aterro.

O cálculo de volume de terraplenagem foi executado através da modelagem tridimensional do terreno acabado, elaborada a partir dos perfis longitudinais das vias e notas de serviço do pavimento acabado.

Neste documento são apresentadas recomendações construtivas e métodos contra erosão necessários para garantir a estabilidade dos taludes projetados.

6.1. TALUDES PROJETADOS

Os taludes em corte deverão ter inclinação máxima de 45° ou razão de 1 por 1 (vertical e horizontal). Os taludes em aterro deverão ter inclinação máxima de +/- 34° ou razão de 1 por 1,5 (vertical e horizontal).

Nos taludes serão executadas obras de proteção contra erosão, com o plantio de grama pelo processo de plantio de placas.

Os cálculos dos volumes de movimentação de terra foram desenvolvidos através do método computacional com modelagem tridimensional.

6.2. RESUMO DAS QUANTIDADES

Definidas as características geométricas dos segmentos, das seções-tipo e através do programa computacional *Autocad Civil 3D*, foram geradas automaticamente superfícies de projeto e seções transversais com áreas de cortes e aterros calculadas, sendo assim geradas automaticamente as planilhas de Volumes para cortes e aterro, apresentadas na prancha do Projeto de Terraplenagem.

A seguir apresenta-se o resumo de quantidades do projeto de terraplenagem:

- Corte de material de 1ª categoria, carga, transporte, descarga e espalhamento, medido no corte..... 784,82 m³

- Compactação de aterro em camadas de 0,20 m de espessura, com grau de compactação maior ou igual à 100% P.N., medido no aterro compactado..... 514,70 m³
- Volume de bota-fora..... 270,12 m³
- Área de plantio de grama para recobrimento dos taludes..... 433,40 m²

Para elaboração de quantitativo, é considerado para fins de medição e acerto financeiro os empolamentos de materiais escavados e/ou desmontados, conforme valores apresentados a seguir:

- Argilas: 22 a 27%
- Areias: 11 a 16%
- Rocha: 60 a 70%

Neste projeto foi considerado o valor de 30%.

6.3. MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO

Todos os elementos analíticos foram calculados através de microprocessador programável, com erro máximo tolerável de +/- 0,05 m, tendo como fundamento teórico o estudo econômico e as normativas técnicas em vigor.

6.4. ORIENTAÇÕES DE PROJETO

O projeto de terraplenagem somente poderá ser executado após o levantamento das informações obtidas através do Levantamento Planialtimétrico Cadastral, do Projeto Geométrico, que fixa os elementos geométricos básicos, e dos Estudos Geotécnicos, que fornecem especificações de materiais e executivas.

Os serviços de terraplanagem consistirão da limpeza da faixa de movimentação de terra, extração e remoção de materiais inadequados para fundação dos aterros, execução de cortes e aterros, operação de acabamento da plataforma e dos taludes dos cortes e aterros, execução de drenagem superficial e profunda, conforme recomendações do projeto.

Tendo em vista a topografia do terreno, o projeto de terraplanagem teve os seguintes condicionantes, que deverão ser seguidos durante a execução.

- Por ocasião da execução das obras de terraplanagem deverá ser observado atentamente o comportamento do terreno;
- Todas as árvores e arbustos existentes que não impeçam os trabalhos serão devidamente protegidos e conservados;
- Os transportes serão efetuados através de meios apropriados, evitando sujar ruas e estradas e, em caso de inobservância ou acidente deverá ser providenciada a imediata remoção do material e a limpeza da via de circulação;
- O número de ensaios tecnológicos sob os aterros e cortes será o necessário e suficiente para permitir um controle estatístico das características geotécnicas do material compactado. Serão realizados no mínimo os ensaios geotécnicos recomendados pela ABNT;
- Depois de lograda a inclinação definitiva dos taludes, a superfície será aplainada e será retirado o material solto e compactado;
- A via projetada deverá obedecer às cotas apresentadas na planta de terraplanagem;
- Os taludes em corte deverão ter inclinação máxima de +/- 45° ou razão de 1 por 1 (vertical e horizontal);
- Os taludes em aterro deverão ter inclinação máxima de +/- 34° ou razão de 1 por 1,5 (vertical e horizontal), recomenda-se que sua execução tenha uma sobrelargura de ao menos um metro e que após sua execução seja executado corte com motoniveladora de forma que este aterro seja formado exatamente com inclinação de 34 graus;
- Em todos os taludes, serão executadas obras de proteção contra erosão, com plantio de grama, em toda extensão do talude;
- Os serviços deverão ser executados obedecendo as Normas e Especificações Gerais das normativas vigentes.

6.4.1. Serviços Topográficos

Os serviços topográficos consistirão de implantação de referência de nível, locação da área a ser aterrada, nivelamento de cortes e de plataforma.

A locação deverá ser executada conforme projeto executivo, cabendo à fiscalização realizar as verificações para o real cumprimento da geometria de projeto.

6.4.2. Desmatamento, Destocamento e Limpeza

O desmatamento compreende o corte e a remoção de toda a vegetação, qualquer que seja a sua densidade e tipo. O destocamento e limpeza compreendem as operações de remoção total dos tocos e raízes, de escavação e remoção da camada de solo orgânico, na profundidade indicada pela fiscalização, e dos matacões encontrados nessa profundidade.

Compreende-se, ainda, como operação de limpeza, a demolição de alicerces de construções existentes dentro da faixa de serviço e a remoção conveniente dos entulhos resultantes, desde que tal demolição possa ser processada através da utilização de tratores de esteiras.

O material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza, será removido para bota-fora ou estocado. A remoção ou estocagem dependerá de eventual utilização, a critério da fiscalização, não sendo permitida a permanência de entulhos nas adjacências do corpo da obra, nem a sua deposição nos locais de aterros. É proibido proceder à queima do material em referência.

No caso de jazidas de empréstimos, o material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza deverá ser estocado em local determinado pela fiscalização ou constante do projeto, podendo eventualmente ser retransportado para as áreas de onde for retirado o material de empréstimo, após seu conveniente acabamento e acerto.

Nas áreas destinadas a cortes, a camada correspondente à média de 30 (trinta) centímetros abaixo do perfil natural deverá ficar isenta de tocos e raízes.

Os locais de bota-fora dos materiais provenientes do desmatamento, destocamento e limpeza, salvo no caso de reutilização, serão indicados pela fiscalização e/ou no projeto executivo.

Nenhum movimento de terra na área destinada à implantação dos aterros poderá ser iniciado enquanto as operações de desmatamento, destocamento e limpeza nas áreas devidas não tenham sido totalmente concluídas.

6.4.3. Corte do Terreno

Os trabalhos deverão ser executados com a cautela e segurança indispensáveis à preservação da vida dos operários e de forma a não colocar em perigo propriedades vizinhas.

O excesso de material, quando não aproveitado, deverá ser enviado ao bota-fora determinado no projeto.

Nenhuma escavação poderá ser executada com profundidade tal que cause desconfinamento do terreno de fundação de prédios vizinhos seja por diferença de nível, seja por efeito de percolação de água.

O talude deverá ser imediatamente protegido após a sua execução.

Em casos de presença de veios de água ou de ser atingido o nível freático e não previsto no projeto, será requerido de imediato a presença de especialista para não vir a ser comprometida a estabilidade do maciço.

6.4.4. Aterro

Os materiais a serem utilizados no aterro devem ter características uniformes e permitir a obtenção do grau de compactação mínimo especificado para o trabalho em causa.

Em caso algum deve ser admitida a utilização de turfas, argilas orgânicas nem materiais com matéria orgânica, micáceas ou diatomácias devendo ainda ser evitado o emprego de materiais expansivos. Igualmente, não será permitida a inclusão de troncos, tocos e raízes nos aterros.

O material dos cortes locais, que venham a ser utilizados para aterro, deve passar por processo de exame e aprovação.

Deverão ser observadas as recomendações da ABNT NB-501 (projeto) que estabelece o controle tecnológico obrigatório na execução de aterros em qualquer dos seguintes casos:

- Aterros com responsabilidade de suporte de fundações, pavimento ou estrutura de contenção;

- Aterros com altura superiores a 1 metro;
- Aterros com volumes superiores a 1.000 m³.

Os aterros e/ou reaterros, independentemente de sua área e volume, serão executadas em camadas com espessura máxima de 20 cm de terra empolada.

Em qualquer das circunstâncias, o corpo de aterro deverá atingir 98% de grau de compactação em relação ao ensaio do Proctor Normal. Para confirmação da observância desta forma, a Fiscalização recolherá amostras e procederá aos testes necessários.

A camada final de terraplenagem (CFT) deve apresentar grau de compactação de 100% do Ensaio de Proctor Normal, desvio de umidade em relação a ótima de +/- 1% (sendo a umidade ótima de 28,4%), CBR \geq 8% e expansão \leq 3%.

Somente será aceita a compactação mecânica, independentemente do volume ou dimensões da área de aterro ou reaterro.

Quando os aterros e/ou reaterros forem executados junto a prédios, vizinhos, muro de arrimo, cortinas de concreto ou taludes existentes, a compactação deverá ser feita por processo que evite fortes vibrações que ocasionarão abalos ou solapamentos nos prédios vizinhos ou terrenos limítrofes.

6.4.5. Material de Aterro

Fica a critério da contratante a escolha da jazida de material de aterro ou mesmo a utilização do material proveniente do corte, desde que o material atenda as seguintes condicionantes:

- No caso de compactação de solos com mais de 20% passante na peneira n° 200 (siltes e argilas) deverão ser utilizados rolos compactadores tipo pé-de-carneiro e a espessura da camada compactada deverá ser menor que 30 cm (após a compactação). Nos locais sem acesso a rolos, deverão ser empregados “sapos” mecânicos e espessura máxima da camada de 20 cm;
- Quando o aterro for constituído por solos grossos (areias e pedregulhos) com menos de 12% passante na peneira n° 200, deverão ser utilizados rolos vibratórios e/ou placas vibratórias (nos locais sem acesso a rolos). Recomenda-

se frequência de vibração entre 25 e 40 Hz. A máxima espessura de camada compactada deverá ser de 40 cm;

- Deverão ser ainda adequadamente selecionadas e controladas as seguintes variáveis: peso mínimo do rolo compactador, comprimento da pata dos rolos pé-de-carneiro, velocidade de passagem do rolo (sempre inferior a 8 km/h) e número de passagens do rolo.

7. PROJETO DE DRENAGEM

O projeto de drenagem objetiva definir os dispositivos de coleta, condução e deságue das águas superficiais que precipitam sobre o terreno, bem como sobre os taludes e áreas que convergem a ele.

7.1. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DA SARJETA

Para assegurar o bom funcionamento do escoamento superficial, as guias e sarjetas das vias públicas serão limitadas por uma lâmina d'água de largura máxima de 1,67 metros e a sarjeta adotada será do tipo B, conforme Figura 7.1.

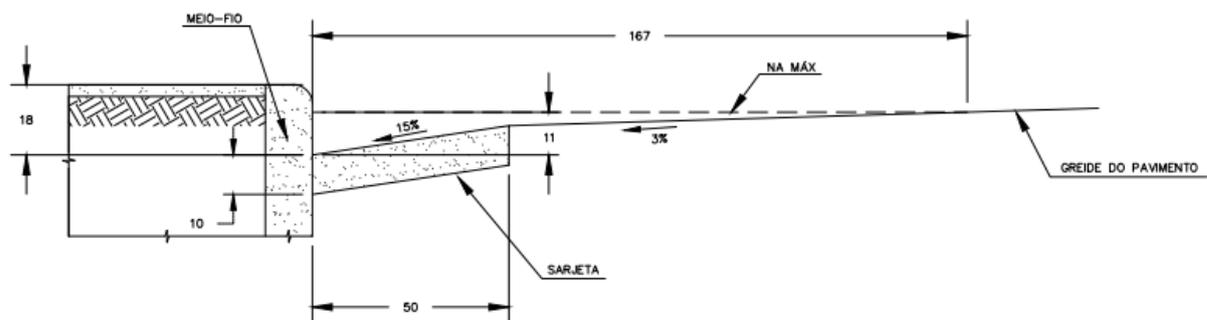


Figura 7.1 – Sarjeta tipo B

Sua vazão pode ser calculada pelo método de Izzard/Manning, conforme a equação 7.1 a seguir:

$$Q = 0,375 \frac{Z}{n} * y^{\frac{8}{3}} * \sqrt{i}$$

Equação 7.1 – Método de Izzard/Manning

Onde:

- Q= vazão (m³/s);
- Z= inverso da declividade transversal;
- I= declividade longitudinal (m/m);
- Y= profundidade junto à linha de fundo (m);
- n= coeficiente de rugosidade.

Considerando as características hidráulicas da sarjeta (Figura 7.2), a vazão pode ser calculada pela soma algébrica em cada uma das seções triangulares (seção da sarjeta mais seção da via, descontando sua interseção), conforme Figura 7.3.

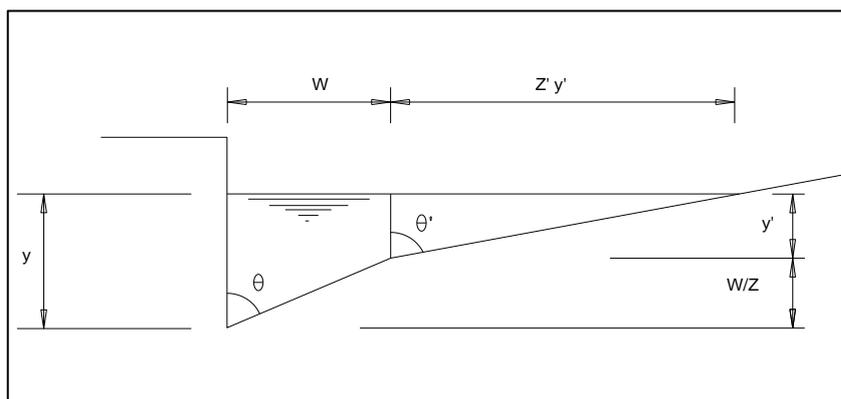


Figura 7.2 – Características hidráulicas da sarjeta

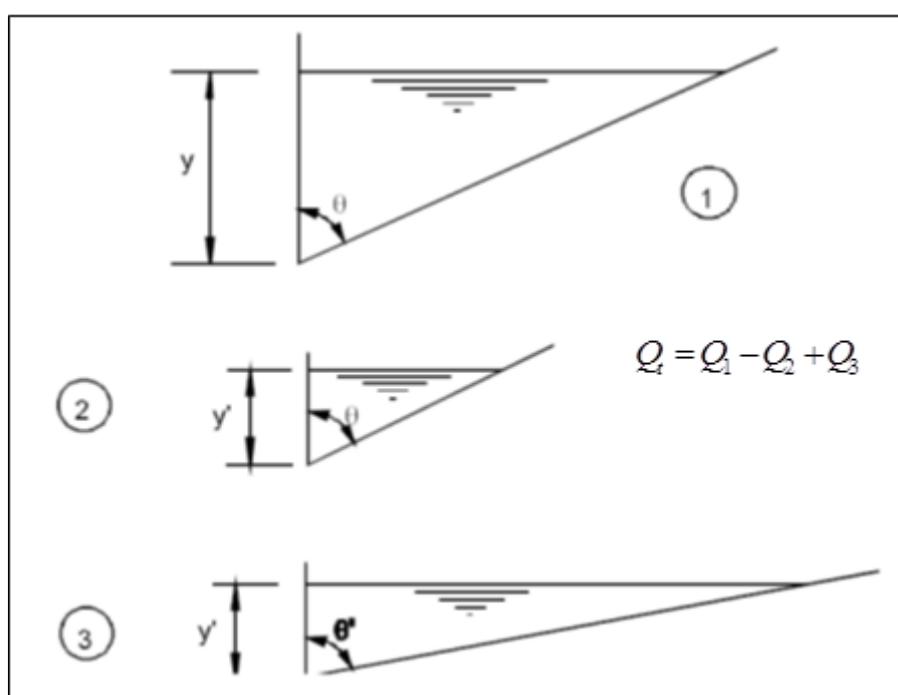


Figura 7.3 – Detalhes hidráulicos da sarjeta

A verificação da capacidade de escoamento da sarjeta foi realizada calculando a área máxima de escoamento que a sarjeta suporta, considerando-se uma faixa de alagamento máxima de 1,67 metros.

7.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS

O dimensionamento hidráulico é realizado junto à verificação das vias considerando simultaneamente os tópicos a seguir. A tabela de dimensionamento consta no Anexo II.

7.2.1. Posicionamento

As galerias deverão ser posicionadas no eixo das vias públicas, devendo ser previstas sempre que houver pelo menos uma das seguintes situações:

- Vazão contribuinte maior do que a capacidade de escoamento das vias;
- Velocidade de escoamento nas vias maior que 5,00 m/s;
- Existência de pontos baixos, onde deverão ser implantadas bocas de lobo.

Após a locação do primeiro poço de visita com as respectivas bocas de lobo, são distribuídos outros poços de visitas conforme a necessidade de novos pontos de coleta do escoamento superficial, curvas em planta ou alterações de declividade ou diâmetro de tubulação. Cada captador tem um limite de capacidade de esgotamento de acordo com o tipo de boca de lobo utilizada.

7.2.2. Diâmetro Mínimo

Foi adotado como parâmetro de projeto o diâmetro mínimo de 0,60 m para galeria. Para ligações de ramais entre bocas de lobo e poços de visita adotou-se o diâmetro mínimo de 0,40 m a uma declividade mínima de 1%.

7.2.3. Cálculo da Vazão na Galeria

Na mesma etapa do projeto, para o dimensionamento, verifica-se a vazão para cada trecho entre PVs, através do somatório de vazões dos captadores (Exemplo: bocas de lobo contribuintes) e dos ramais de galeria a montante.

7.2.4. Velocidade de Escoamento

A velocidade do escoamento é um parâmetro fundamental na definição da galeria a ser projetada ou verificada hidráulicamente. Se, em função da declividade do conduto e de suas dimensões, o fluxo na galeria apresentar velocidades baixas, poderá ocorrer assoreamento ao longo de sua extensão. Contudo, se a declividade for acentuada e a velocidade ultrapassar o limite máximo recomendado é necessário a adequação da declividade ou o redimensionamento do conduto, de forma a evitar a ocorrência de fenômenos erosivos no interior da galeria, mantendo o tempo de vida útil de seus dispositivos.

Assim, os limites de velocidade d'água no interior das galerias serão os seguintes:

- $V_{mín.} = 0,75$ (m/s);

- $V_{\text{máx.}} = 6,00$ (m/s) (ou velocidade de seção plena).

A velocidade pode ser calculada através da Equação 7.2.

$$v = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}}{n}$$

Equação 7.2 – Cálculo da velocidade de escoamento

Onde:

- v – Velocidade (m/s);
- I – Declividade do conduto (m/m);
- R_h – Raio hidráulico (m);
- n – Coeficiente de rugosidade (adimensional).

O raio hidráulico (R_h) é obtido por meio da Equação 7.3:

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Equação 7.3 – Cálculo do raio hidráulico

Em que:

- A_m – Área da seção molhada (m²);
- P_m – Perímetro molhado (m).

O coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, como determinado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Coeficiente de rugosidade para diferentes materiais

Material	Coeficiente (n)
-----------------	------------------------

Tubos em PVC	0,013
Galerias ou bueiros em concreto	0,013
Canais trapezoidais ou retangulares:	
Em concreto	0,013
Alvenaria de Pedra Argamassada	0,025
Em gabiões	0,029
Em gabiões revestidos com concreto magro	0,018
Sem revestimento	0,030
Em concreto irregular	0,033
Revestido com grama em placas	0,030
Revestido com enrocamento bem construído	0,030
Concreto para sarjeta	0,014

7.2.5. Capacidade Máxima da Galeria

Para a obtenção do valor máximo suportado pela via e para o dimensionamento das galerias é empregada a equação da continuidade. Assim, a vazão máxima à seção plena nos condutos é obtida pela equação 7.4 a seguir.

$$Q = v \cdot S$$

Equação 7.4 – Determinação da vazão máxima

Em que:

- Q – Vazão (m³/s);
- v – Velocidade a seção plena, apresentada no Item 2.2.7: Velocidade de escoamento (m/s);
- S – Área da seção (m²).

Portanto, como critério de dimensionamento, a capacidade máxima da galeria deve ser superior a vazão que se deseja transportar.

7.2.6. Recobrimento mínimo da galeria

Nos locais por onde a tubulação passa e que fazem parte do sistema viário foi utilizado o recobrimento mínimo de 1 metro de forma a garantir a segurança

estrutural das galerias, exceto nos locais onde não haverá pavimento que foi adotado 60 centímetros de recobrimento mínimo.

7.2.7. Envelopamento de Concreto

O recobrimento mínimo não foi atendido a partir do PV α -19 +18 m. Dessa forma, foi adotado o envelopamento de concreto, conforme projeto de drenagem.

7.2.8. Descarte

O descarte (ALA-21) está projetado na Estrada Velha do Aeroporto, ao final do trecho onde será pavimentado, à margem direita do córrego existente. A ALA-21 está localizada nas coordenadas 7.536.205,6648N e 404.734,5796E.

Este contará com um dissipador de energia para bueiros com pedra argamassada, conforme projeto de drenagem.

7.2.9. Interferências

Foram identificadas interferências da rede de esgoto e adutora de água sobre a rede de drenagem projetada. Em um lado da via há uma adutora a 1 m da guia, com DN 250 mm e 1,20 m de cobertura. No sentido oposto da via, há a rede coletora de esgoto com DN 300 mm. No trecho entre o PV α - 7 e o PV α -10, na Rua Helio J. Schiefler, será necessário a realocação da rede coletora de esgoto existente para execução da rede de drenagem projetada.

8. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de Pavimentação foi desenvolvido com o objetivo de fornecer o detalhamento e o dimensionamento de uma estrutura que possa suportar economicamente as repetições de eixo padrão em condições de conforto e segurança para o usuário da via projetada.

O dimensionamento das espessuras das camadas do pavimento foi determinado em conformidade com as condições gerais indicadas pelo Manual de Pavimentação do DNIT.

8.1. MÉTODO UTILIZADO

No dimensionamento do pavimento flexível, foi utilizado o método do DNER, edição 1996, do Engenheiro Murilo Lopes Souza, baseado nas características de resistência dos solos de fundação, dos materiais de constituição do pavimento e do volume e tipo do tráfego solicitante.

Segundo tal procedimento, determina-se a espessura total necessária para o pavimento, em função do material granular, como os dados geotécnicos e das características do tráfego solicitante, este último parâmetro também é utilizado para a determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso.

Um projeto de pavimento flexível deve atender limitações de tensões que possam provocar ruptura por cisalhamento, deformações permanentes e deformações recuperáveis ou elásticas.

No dimensionamento do pavimento intertravado, foi utilizado o método apresentado na Instrução de Projeto 06 de 2004 da Prefeitura de São Paulo. A instrução apresenta dois métodos de cálculo preconizados pela ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland.

O método utiliza, basicamente, dois gráficos de leitura direta, fornecendo as espessuras necessárias das camadas constituintes do pavimento de blocos pré-moldados. A escolha do método de dimensionamento do pavimento da via fica entre as duas opções propostas a seguir, em função do número "N" de solicitações do eixo simples padrão.

8.2. PARÂMETROS DO DIMENSIONAMENTO

Na aplicação do método citado, é necessária a obtenção dos seguintes parâmetros:

8.2.1. Número “N”

O pavimento é dimensionado considerando a vida útil de projeto de 10 anos. E o número “N” utilizado para o dimensionamento do pavimento é estabelecido de acordo com a função predominante da via, conforme a Tabela 8.1 apresentada abaixo.

Tabela 8.1 – Tráfego por Classificação Funcional da Via

Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial (faixa mais carregada)		Equivalente/Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/Ônibus			
Via Local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,7 \times 10^4$ a $1,4 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1.500	21 a 100	1,50	$1,4 \times 10^5$ a $6,8 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1.501 a 5.000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5.001 a 10.000	301 a 1.000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10.000	1.001 a 2.000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004.

A partir da projeção futura de utilização da via após a pavimentação, foi considerado o tráfego de Vias Locais (Leve) $N = 1 \times 10^5$.

8.2.2. Índice de Suporte do Subleito (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento foram analisados o Relatório de Ensaios de Laboratório de Solos realizados na Fepi em fevereiro de 2021 e as Sondagens de reconhecimento a percussão pela empresa Morcelli & Alencar LTDA ME, apresentada no Anexo I.

Devido a heterogeneidade do solo adotou-se os relatórios de sondagens como referência para a determinação do CBR de cada trecho do pavimento.

Foram analisados os furos SP1, SP2 e SP3 que estão presentes no trecho que será realizada a pavimentação asfáltica para a verificação de CBR. Outro fator analisado foi o nível de água, visto que é importante que o pavimento esteja a 1,5 m do nível de água para garantir sua maior durabilidade. O valor da capacidade de suporte (CBR) do subleito foi estimado a partir dos resultados dos estudos geotécnicos, utilizando as correlações cruzadas com o ensaio SPT.

Cabe salientar que esta correlação só é válida para $N < 7$ golpes. A correlação correspondente resulta da seguinte equação, onde: N= número de golpes do ensaio SPT:

$$CBR = \frac{N^4}{186}$$

Observando o ensaio SPT na camada de subleito da via projetada, o número de golpes adotado está na ordem de 6 na profundidade do subleito, para o trecho em pavimento asfáltico. Estimando-se, assim, um CBR igual a 8%.

Para o trecho que será realizado o pavimento intertravado foram analisados o SPT 04 e os ensaios laboratoriais, sendo assim foi adotado o CBR de 3%.

8.3. DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

A fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetidos de tração na flexão.

O método do DNIT recomenda as espessuras mínimas apresentadas na Tabela 8.2 que se segue.

Tabela 8.2 – Tipo de revestimento em função de tráfego

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos Betuminosos com 5,0 cm de espessura

$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT, 2006.

As espessuras mínimas do revestimento são obtidas em função do número “N”. Conforme apresentado anteriormente, para o número “N” igual a 1×10^5 , como aponta a estimativa de tráfego, é necessário que seja realizado no mínimo o tratamento superficial betuminoso. No entanto, para o projeto em questão foi adotado uma camada mínima de Revestimento betuminoso com 3,5 cm de espessura.

A determinação das espessuras das demais camadas constituintes do pavimento se faz pelas seguintes inequações:

$$R \times KR + B \times KB \geq h20 \quad (1)$$

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks \geq Hn \quad (2)$$

$$R \times KR + B \times KB + h20 \times Ks + hn \times KREF \geq Hm \quad (3)$$

Onde:

- R = espessura do revestimento;
- B = espessura da camada de base;
- H20 = espessura sobre a sub-base;
- h20 = espessura da sub-base;
- Hn = espessura sobre o reforço do subleito;
- hn = espessura do reforço do subleito;
- Hm = espessura total do pavimento;
- KR, KB, KS, KREF = coeficientes de equivalência estrutural.

As espessuras Hm, Hn, e H20 são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 8.1, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

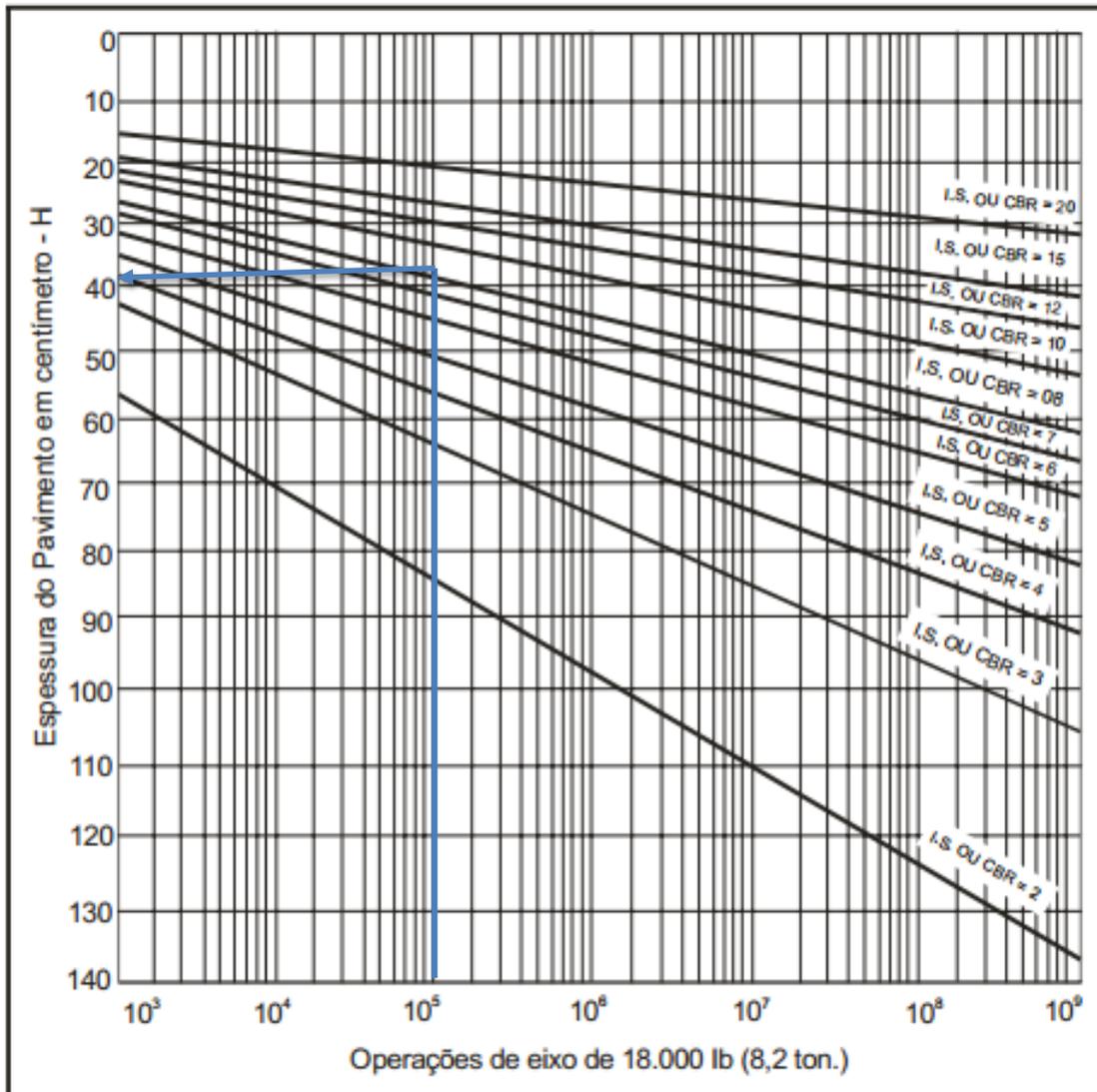


Figura 8.1 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento
Fonte: DNIT, 2006.

O método de dimensionamento do DNIT faz algumas recomendações quanto aos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais e quanto às espessuras mínimas de revestimento betuminoso.

Os coeficientes estruturais dos materiais utilizáveis nas camadas do pavimento são apresentados na Tabela 8.3 que se segue.

Tabela 8.3 – Coeficientes k

Componentes do Pavimento	Coeficiente k
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2

Componentes do Pavimento	Coeficiente k
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,4
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,2
Camadas granulares	1
Solo cimento com resistência a compressão a 7 dias superior a 45 kg/cm ²	1,7
Idem, com resistência a compressão a 7 dias entre 45 e 28 kg/cm ²	1,4
Idem, com resistência a compressão a dias entre 28 e 21 kg/cm ²	1,2
Bases de Solo-Cal	1,2

Fonte: DNIT, 2006.

Para determinação das espessuras do pavimento das vias serão adotados os seguintes coeficientes:

- Revestimento betuminoso: $K = 2,00$;
- Base granular: $K = 1,0$;
- Sub-base granular: $K = 1,0$;
- CBR do subleito = 8,00%.

Assim, com a resolução das inequações e atentando-se para as espessuras mínimas das camadas indicadas pelas instruções de execução em vigor, têm-se as espessuras das camadas do pavimento dimensionado:

Revestimento:

3,5 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ

Base:

15 cm de bica corrida. (CBR \geq 80%, Expansão \leq 0,5%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

Sub-Base:

15 cm de bica corrida. (CBR \geq 40%, Expansão \leq 1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

8.3.1. Especificações de Serviços

Para a execução das camadas, devem-se seguir atentamente as seguintes especificações de serviço:

- Pavimento Flexível: Mistura Asfálticas a Quente – DNER – ES 031/06;
- Imprimação Impermeabilizante – DNIT – ES 144/14;
- Pintura de Ligação Impermeabilizante – DNIT – ES 145/12;
- Base Estabilizada Granulometricamente – DNIT – ES 141/10;
- Sub-Base Bica Corrida – ET-DE-P00-010_A;
- Preparo do Subleito – DNIT – ES 299/97.

8.4. DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DO PAVIMENTO INTERTRAVADO

O procedimento a ser utilizado para o dimensionamento será o Procedimento A, indicado pela IP-06/2004 para as vias de tráfego leve com "N" típico até 1×10^5 solicitações do eixo simples padrão, por não necessitar de utilização da camada de base, gerando, portanto estruturas esbeltas e economicamente viáveis em relação ao procedimento B.

Este procedimento foi adaptado pela ABCP no Estudo Técnico nº 27 do trabalho original proposto pela BCA - "British Cement Association", com a utilização de bases cimentadas. O método utiliza, para o dimensionamento da estrutura do pavimento, dois gráficos de leitura direta, fornecendo as espessuras necessárias das camadas constituintes do pavimento.

- Dimensionamento da Camada de Base

Neste método, para tráfego com $N < 1,5 \times 10^6$, a camada de base não é necessária, portanto não haverá camada de base neste pavimento visto que o tráfego é de $N = 1 \times 10^5$.

- Dimensionamento da Camada de Sub-Base

O gráfico que se segue, retirado da IP-06/2004, fornece a espessura necessária de sub-base em função do valor de CBR do subleito e do número "N" de solicitações.

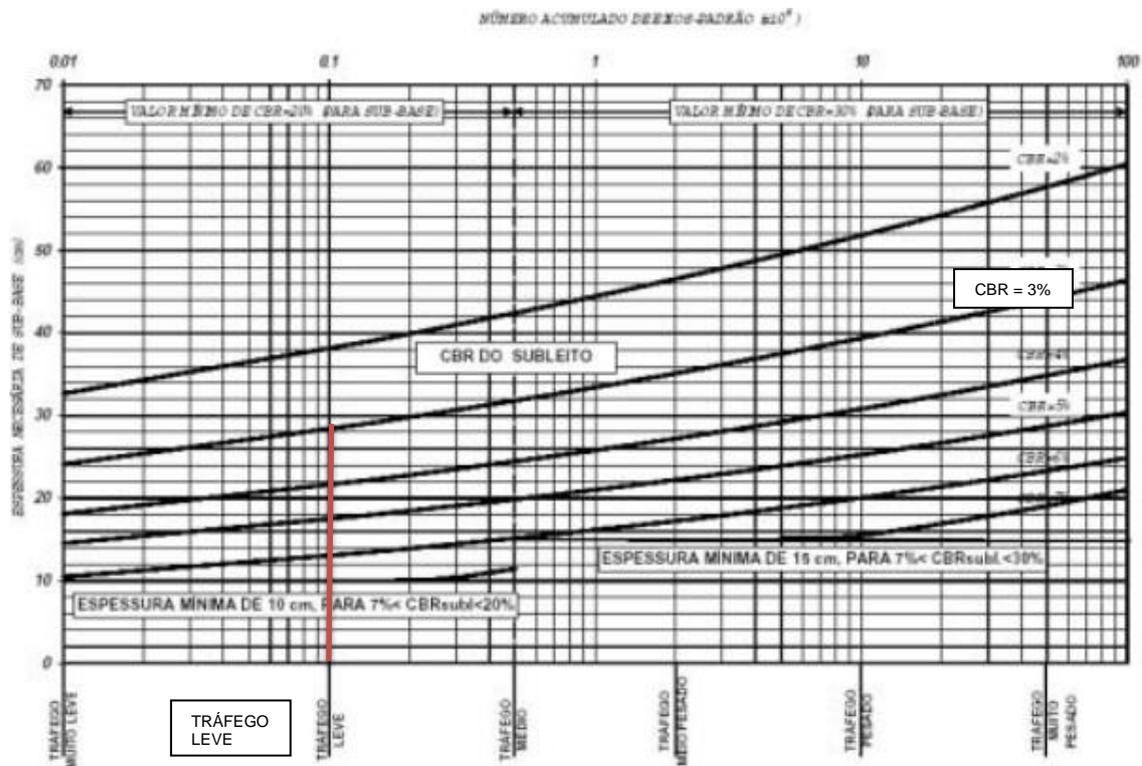


Figura 8-2 – Espessura necessária de Sub-base

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004.

Assim, a camada de sub-base necessária será de 30 cm. O material escolhido para a sub-base será o solo estabilizado granulometricamente (bica corrida).

- Dimensionamento da Camada de Revestimento

A espessura dos blocos é também definida em função do tráfego, conforme quadro retirado da IP-06/2004:

Quadro 8.1 – Espessura de Revestimento em Função do Tráfego

TRÁFEGO	ESPESSURA REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N \geq 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004.

A espessura do pavimento será, portanto, de 8,0 cm em blocos com F_{ck} de no mínimo 35 Mpa.

- **Espessura de Assentamento**

A espessura da areia de assentamento dos blocos será de 6 cm para leito carroçável.

- **Reforço do subleito**

Devido às características diagnosticadas no SPT-04, foi adotada uma camada de 50 cm de rachão como reforço do subleito, visando induzir a percolação de água através do rachão minimizando assim a ascendência de umidade na sub-base do pavimento dimensionado. Além da presença de matéria orgânica, o que insere a necessidade do reforço com rachão.

- **Subleito**

O subleito deverá ser compactado, numa camada de 15 cm, com índice de compactação de 100% do Proctor Normal, e deve ter ao final CBR de no mínimo 3% para implantação do Pavimento.

9. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

O Projeto de Sinalização foi elaborado em consonância com os princípios da Engenharia de Tráfego e em observância às determinações do Código Trânsito Brasileiro – CTB.

9.1. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

De acordo com o Manual de Sinalização do Denatran, a sinalização horizontal tem a finalidade de transmitir e orientar os usuários sobre as condições de utilização adequada da via, compreendendo as proibições, restrições e informações que lhes permitam adotar comportamento adequado, de forma a aumentar a segurança e ordenar os fluxos de tráfego.

9.1.1. Linha de Retenção (LRE)

A Linha de Retenção (LRE) tem a função de indicar o limite de parada do veículo. Tem cor branca (N 9,5, segundo o sistema de cores Munsell) e largura de 30 cm no projeto. É utilizada em todas as faixas de travessia de pedestres a uma distância mínima de 1,60 m do início desta.

A Figura 9.1 apresenta o posicionamento da LRE em relação às faixas de travessia de pedestres. A linha deve abranger a pista destinada ao sentido de tráfego ao qual está dirigida a sinalização em sua total extensão da largura.

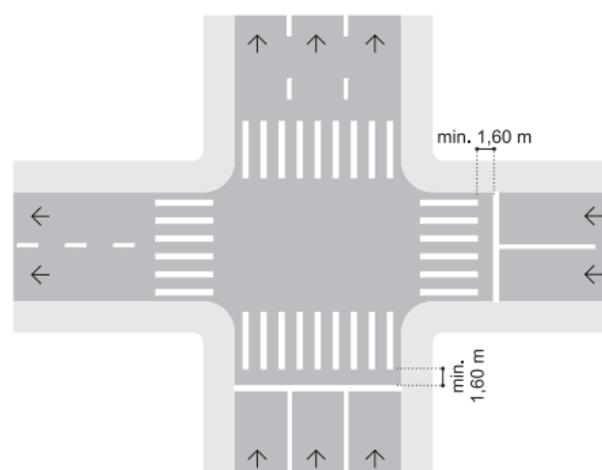


Figura 9.1 – Posicionamento de Linha de Retenção (LRE)

9.1.2. Linhas de Separação de Fluxo de Sentidos Opostos

9.1.2.1. Linha Dupla Contínua (LFO-3)

A Linha Dupla Contínua (LFO-3) delimita fluxos opostos de circulação, no que concerne à ultrapassagem e deslocamentos laterais, desautorizando-os para os dois sentidos de deslocamento, exceto em casos de acesso a imóveis lindeiros. É utilizada em vias com largura igual ou superior a 7,00 metros e/ou volume veicular significativo.

A faixa deve ser, necessariamente, amarela, em conformidade com o sistema de cores Munsell, segundo a tonalidade 10 YR 7,5/14. A largura (L) estabelecida para as linhas é de 0,10 metros e a distância (d) entre elas é de 0,15 metros, conforme Figura 9.2.

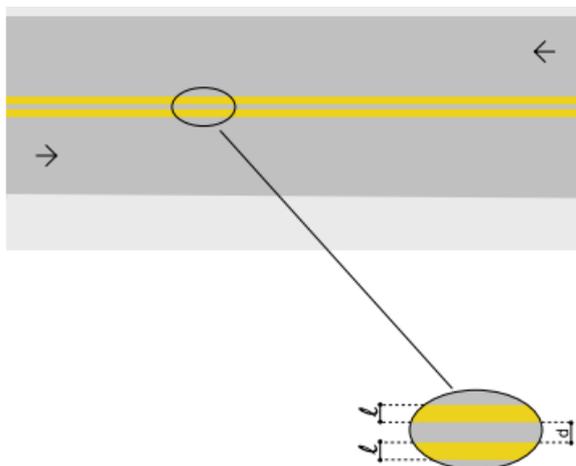


Figura 9.2 – Exemplo de Faixa LFO-3

Fonte: Denatran, 2007

Sua aplicação na pista será feita com Resina Acrílica de 0,6 mm de espessura, utilizando processos manuais ou mecânicos. O material deverá ser retrorrefletivo, segundo as recomendações da ABNT NBR 11862:2012.

9.1.3. Linha de Bordo (LBO)

A Linha de Bordo (LBO), exposta na Figura 9.3, delimita a parte da via destinada ao deslocamento de veículos, estabelecendo seus limites laterais, segundo os trechos de fluxo de pedestres.

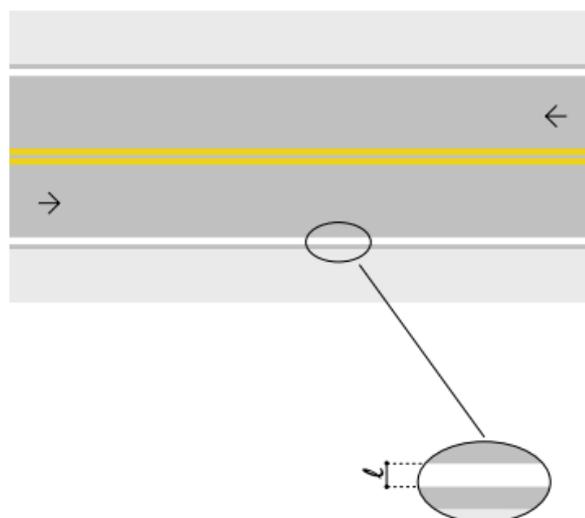


Figura 9.3 – Linha de Bordo (LBO)
Fonte: Denatran, 2007

Sua largura de linha varia de acordo com a velocidade regulamentada na via, conforme Figura 9.4.

VELOCIDADE – v (km/h)	LARGURA DA LINHA – l (m)
$v < 80$	0,10
$v \geq 80$	0,15

Figura 9.4 – Largura da LBO segundo a velocidade da via
Fonte: Denatran, 2007

Para a via em questão, onde a velocidade limite é de 40 km/h, a largura estabelecida será de 0,10 metros. Como não existe barreira física no entorno, a colocação da faixa deverá ser a 0,10 metros dos limites laterais da pista de rolamento, conforme Figura 9.5.

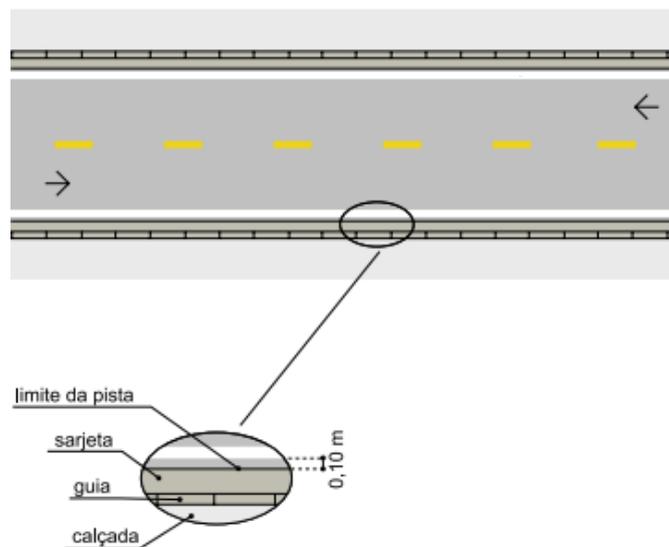


Figura 9.5 – Distância dos limites laterais da pista de rolamento
Fonte: Denatran, 2007

Ela deve ser na cor branca, na tonalidade N 9,5, segundo o sistema de cores Munsell.

9.1.4. Faixa de Travessia de Pedestre (FTP)

A Faixa de Travessia de Pedestres tem a função de delimitar a área de travessia segura para os pedestres e regulamenta a sua prioridade de passagem em relação aos veículos. Para o projeto de sinalização da Estrada Velha do Aeroporto, foi utilizada a FTP do tipo Zebraada (FTP 1), com largura (L) de 30 cm e espaçamento (d) entre elas de igual valor, conforme exibido na Figura 9.6. A extensão das linhas é de 3,00 m.

As FTPs estão posicionadas, no projeto, nos locais que ofereçam maior segurança para a travessia de pedestres.

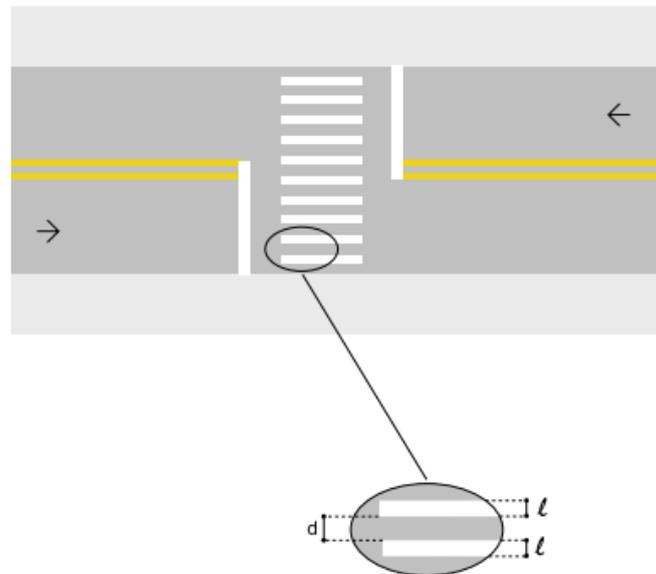


Figura 9.6 – Faixa de travessia de pedestres do projeto
Fonte: Denatran, 2007.

9.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL

A sinalização vertical tem a função de indicar, regulamentar e advertir sobre as movimentações de tráfego através de dispositivos verticais, ao lado ou suspensos sobre a pista ou ainda alocados nas suas laterais.

São implantadas no lado direito da via, salvo casos em que é necessário a colocação ao lado esquerdo, no sentido do fluxo de tráfego que devem regulamentar. Devem ser inseridas 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.

Essa inclinação tem por objetivo 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. O afastamento lateral das placas, medido entre a sua borda lateral e a da pista, deve ser, no mínimo, de 30 cm em trechos retos e 40 cm em trechos curvos.

Os itens a seguir apresentam os dispositivos de sinalização vertical que estão sendo utilizados no projeto referente a Pavimentação da Estrada Velha do Aeroporto. O detalhamento com as medidas principais está disposto nos projetos.

9.2.1. Parada Obrigatória (R-1)

A placa de parada obrigatória (R-1), como intuita a nomenclatura, regulamenta a parada dos veículos antes de entrar ou cruzar a pista. Possui formato octagonal e, nas vias onde não há iluminação pública as placas devem ser retrorrefletivas, luminosas ou iluminadas, sendo que no caso do tipo R-1, ela deve ser no mínimo retrorrefletiva.

Os lados do octógono que constituem a placa de parada obrigatória devem possuir largura mínima de 30 cm. Para o presente projeto utilizou-se da dimensão de 35 centímetros, seguindo a orientação do manual de sinalização vertical do Denatran, conforme Figura 9.7.

Via	Lado (m)	Orla interna branca (m)	Orla externa vermelha (m)
Urbana	0,35	0,028	0,014
Rural (estrada)	0,35	0,028	0,014
Rural (rodovia)	0,50	0,040	0,020

Figura 9.7 – Placas de parada obrigatória

Fonte: Denatran, 2007.

O suporte das placas deve ser dimensionado e fixado de modo a suportar as cargas próprias das placas e os esforços sob a ação do vento, garantindo a correta posição do sinal, e de modo a manter rigidamente as placas em sua posição permanente e apropriada, evitando que sejam giradas ou deslocadas. Além disso, devem ser usados elementos fixadores adequados de forma a impedir a soltura ou deslocamento da placa.

Os materiais podem ser aço ou madeira imunizada e devem possuir cores neutras e formas que não interfiram na interpretação do significado do sinal. Também devem ser posicionadas de forma a não constituir obstáculo à segurança de veículos e pedestres.

Quanto à manutenção e conservação desses sistemas de sinalização, devem ser tomados cuidados especiais para assegurar que a vegetação, mobiliário urbano, placas publicitárias e materiais de construção não prejudiquem a visualização da sinalização, mesmo que temporariamente. As placas devem ser mantidas na posição

apropriadas, sempre limpas e legíveis. As especificações do suporte estão detalhadas na Figura 9.8, assim como em planta de projeto.

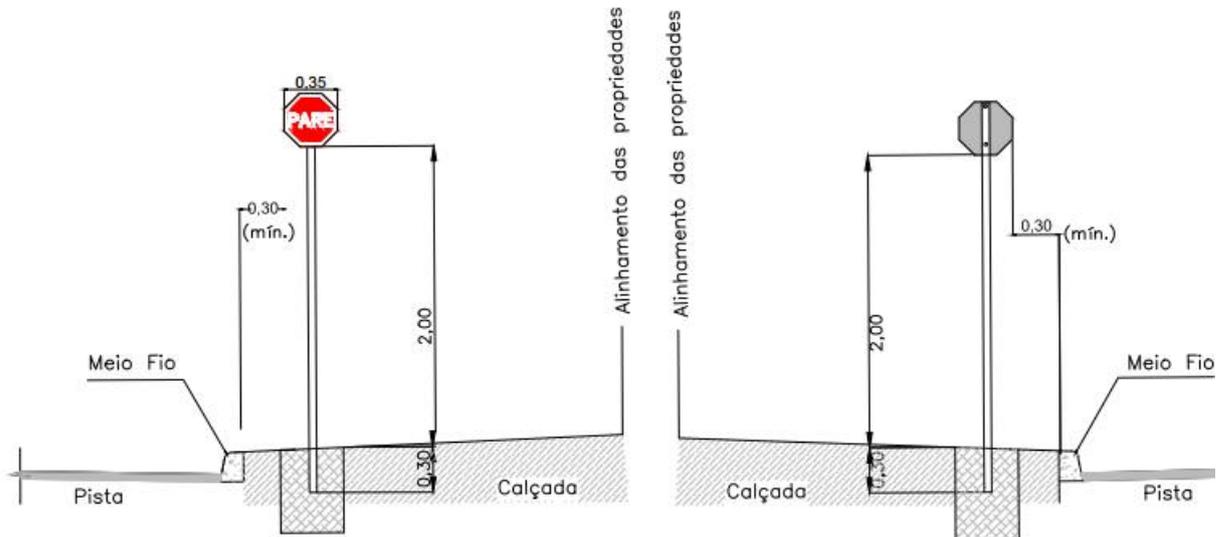


Figura 9.8 – Placas de parada obrigatória

Fonte: Denatran, 2007.

Especificamente nesse caso, a placa deve ser colocada no lado direito da via/pista, o mais próximo possível do ponto de parada do veículo. Ela deve ser colocada no máximo a 10,0 metros do prolongamento do meio-fio ou do bordo da pista transversal.

9.2.2. Regulamentação de Velocidade (R19)

A Placa de regulamentação de velocidade (R-19) tem como função determinar a velocidade máxima permitida na via. Essa sinalização segue os mesmos parâmetros estabelecidos para o tipo de placa R-1 – “Parada Obrigatória” quanto ao suporte, manutenção, conservação, materiais e posicionamento na via.

Contudo, seu formato difere dessa última, sendo circular. As dimensões estabelecidas para esse tipo de placa podem ser vistas na Figura 9.9.

Via	Diâmetro (m)	Tarja (m)	Orla (m)
Urbana (de trânsito rápido)	0,75	0,075	0,075
Urbana (demais vias)	0,50	0,050	0,050
Rural (estrada)	0,75	0,075	0,075
Rural (rodovia)	1,00	0,100	0,100

Figura 9.9 – Distância máxima entre placas de indicação de velocidade
Fonte: Denatran, 2007.

A velocidade máxima definida para a via foi de 40 km/h. Para chegar a esse valor, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Foi avaliada a existência e as condições de deslocamento lateral, do tipo transposição de faixas, movimentos, conversão e retorno, além de estacionamento, parada e acesso;
- A existência e condição de acostamentos;
- Condições de alinhamento horizontal e vertical;
- Condições de segurança em curvas;
- Foi avaliada a condição de trânsito de pedestres e ciclistas ao longo da via;
- A incidência de veículos de grande porte.

A distância máxima permitida entre placas de sinalização de velocidade máxima da via está mostrada na Figura 9.10.

Velocidade Regulamentada	Distâncias Máximas	
	Vias Urbanas (km)	Vias Rurais (km)
Velocidade Inferior ou igual a 80 km/h	1,0	10,0
Velocidade Superior a 80 km/h	2,0	15,0

Figura 9.10 – Distância máxima entre placas de indicação de velocidade
Fonte: Denatran, 2007.

9.2.3. Advertência de Trânsito de Pedestres (A-32a)

A sinalização vertical de advertência tem por objetivo alertar os usuários das condições potencialmente perigosas, obstáculos e restrições existentes na via ou adjacentes a ela, indicando a natureza dessas situações à frente, quer sejam permanentes ou eventuais. Ela deve ser implantada antes dos locais que requerem atenção dos usuários, de maneira que tenham tempo para percebê-la, compreender a mensagem e reagir de forma adequada à situação.

Essa distância é determinada pela velocidade de aproximação do veículo em função do local com potencial risco ou situação inesperada.

Seu posicionamento na via deve seguir as mesmas características das placas de sinalização de regulamentação, conforme Figura 9.11. O afastamento lateral, medido entre a projeção vertical da borda lateral da pista e a borda da pista, deve ser, no mínimo, de 0,30 metros para trechos retos e 0,40 metros para trechos em curva.

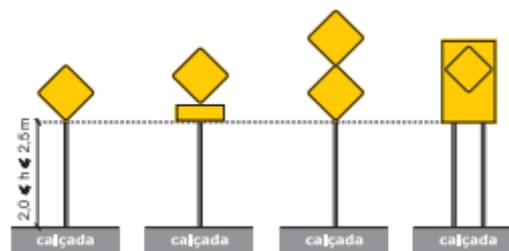


Figura 9.11 – Dimensões para suporte de placas de advertência

Fonte: Denatran, 2007.

O formato da placa A-32a é quadrado, seguindo as dimensões determinadas pelo Manual de Sinalização Vertical do CONTRAN, conforme mostrado na Figura 9.12.

Via	Lado mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,450	0,009	0,018
Rural (estrada)	0,500	0,010	0,020
Rural (rodovia)	0,600	0,012	0,024
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,300	0,006	0,012

Figura 9.12 – Dimensões para placas de advertência quadradas

Fonte: Denatran, 2007.

As cores para cada parte dessa placa estão especificadas na Figura 9.13. Elas devem seguir o padrão definido por Munsell, indicado na Figura 9.14.

Nas rodovias ou vias de trânsito rápido, não dotadas de iluminação pública, as placas devem ser retrorrefletivas, luminosas ou iluminadas e devem apresentar o mesmo formato, dimensões e cores nos períodos diurno e noturno.

Os materiais utilizados na confecção das placas de sinalização são o aço, alumínio, plástico reforçado e madeira imunizada e para os sinais são as tintas e as películas. O verso da placa deve ser na cor preta, fosca ou semi-fosca.

Os suportes das placas de sinalização de advertência devem seguir os mesmos parâmetros estipulados para as de regulamentação, assim como os de manutenção e conservação.

Forma	Cor	
		Fundo
Símbolo		Preta
Orla interna		Preta
Orla externa		Amarela
Legenda		Preta

Figura 9.13 – Cores para a placa de advertência quadrada

Fonte: Denatran, 2007.

Cor	Padrão Munsell	Utilização nos Sinais de Advertência
Amarela	10YR 7,5/14	fundo e orla externa dos sinais de advertência; foco semaforico do simbolo do sinal A-14.
Preta	N 0,5	simbolos, tarjas, orlas internas e legendas dos sinais de advertência.
Verde	10 G 3/8	foco semaforico do simbolo do sinal A-14.
Vermelha	7,5 R 4/14	foco semaforico do simbolo do sinal A-14.

Figura 9.14 – Referências de cores no Padrão Munsell

Fonte: Denatran, 2007.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5681 - NB 501. Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7250. Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos. Rio de Janeiro, 1982.

BH TRANS. Roteiro para Elaboração de Relatório de Impacto na Circulação - RIC. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2007. 19 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005. 133 p.

CEPAGRI. Disponível em <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_569.html>

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Manual de Sinalização. Volumes I, II, III e IV. Brasília-DF, 2007.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Contagem de Tráfego. Publicação IPR-719. Ministério dos Transportes. 2006.

DYER, K.R. Estuaries - A Physical Introduction. 2 ed. Chichester, England, John Wiley & Sons. 1997.

GOOGLE EARTH – Programa Google Earth. 2017.

HIDROWEB - ANA - Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>.

Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida /Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p.

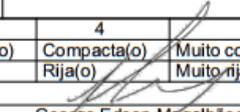
PORTUGAL, L. S. GOLDNER, L. G., (2003). Estudo de Polos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários de Transportes. Editora Edgard Blücher.

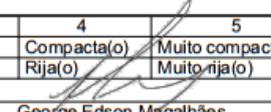
RIBEIRO, André et al. Mapa geológico: folha Pouso Alegre. 2011.

SANTOS, L. C. C. Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010. 173 p.

TEIXEIRA, Gustavo Costa, et al. **Geociências**. Zoneamento geoambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Mandu, sul de Minas Gerais, pela geoecologia das paisagens, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 315 – 330. Disponível em:<https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/37/volume37_2_files/37-2-artigo-07.pdf>. Acesso em: 14 jan 2021.

Anexo I. ENSAIOS GEOTÉCNICOS

		MORCELLI & ALENCAR LTDA ME			0132/21								
		Sondagem de Reconhecimento a Percussão			SP-001								
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: .. Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG				Página 1/13 Data 26/04/2021									
Amostrador Externo: 2" Interno: 2 3/4"	Altura de queda: 75 cm Peso: 65 kgf Escala vertical: 1:100 Sistema: Manual	Cota da boca do furo: 0,00 m Revestimento: 0,00 m Nivel d'água: Ausente	Ensaio de Avanço por Circulação de Água										
Revestimento: 2 1/2"				Início - 10 min - 20 min - 30 min -									
Perfuração: TC-Trado Concha			Coordenadas: N 7.536.303,00 m; E 404.896,00 m; F 23S; WGS84										
N.A.	Rev. / Perf. (m)	Nº de Golpes Penetração (30 cm)			Compacidade/Consistência	Cota (m)	Resistência à Penetração × Profundidade					Prof. (m)	Classificação do Material
		1ª + 2ª	2ª + 3ª							1ª + 2ª	2ª + 3ª		
Ausente						0,00						0,00	Argila c\ grão quartzo cor: vermelho, de mole a média.
		4	5			1						3,45	Argila siltosa c\ grão quartzo cor:vermelho e ocre e rosa variegado, rija.
		8	9			2						6,45	Silte argilo-arenoso cor: vermelho e ocre e branco variegado, muito rijo.
		8	8			3						9,45	Silte cor: vermelho ocre e branco variegado, compacto.
		9	12			4						10,45	LIMITE DE SONDA GEM
		13	15			4							
		23	19			4							
		20	23			5							
		23	26			5							
		21	26			4							
		25	30			4							
						10,00							
						15,00							
						19							
Compacidade/Consistência		1		2		3		4		5		6	
Arelas ou siltes arenosos		Fofa(o)		Pouco compacta(o)		Medianamente compacta(o)		Compacta(o)		Muito compacta(o)		—	
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole		Mole		Média(o)		Rija(o)		Muito rija(o)		Dura(o)	
Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel.: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br						Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D							

	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME		0132/21									
	Sondagem de Reconhecimento a Percussão		SP-001									
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: ., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG			Página 2/13 Data 26/04/2021									
Nível d'água Inicial: Ausente —/—/— Estabilizado: Ausente —/—/— Final: Ausente —/—/—		Cota da boca do furo: 0,00 m		Ensaio de Avanço por Circulação de Água <table border="1"> <tr> <th>Início</th> <th>10 min</th> <th>20 min</th> <th>30 min</th> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>	Início	10 min	20 min	30 min	-	-	-	-
Início	10 min	20 min	30 min									
-	-	-	-									
Perfuração: TC-Trado Concha		Coordenadas: N 7.536.303,00 m; E 404.896,00 m; F 23S; WGS84										
Amostra	Perfuração	Profundidade (m)			Golpes 30 cm		Compacidade	Consistência	Profundidade Camada (m)	Revestimento: 0,00 m	Classificação do Material	
		Inicial	1ª + 2ª	2ª + 3ª	1ª + 2ª	2ª + 3ª						
01	TC	-	-	-	-	-	-	-	-			
02	TC	1,00	1,30	1,45	4	5	-	2	0,00	Argila c\ grão quartzo cor: vermelho, de mole a média.		
03	TC	2,00	2,30	2,45	8	9	-	3				
04	TC	3,00	3,30	3,45	8	8	-	3				
05	TC	4,00	4,30	4,45	9	12	-	4	3,45	Argila siltosa c\ grão quartzo cor:vermelho e ocre e rosa variegado, rija.		
06	TC	5,00	5,30	5,45	13	15	-	4				
07	TC	6,00	6,30	6,45	23	19	-	4				
08	TC	7,00	7,30	7,45	20	23	-	5	6,45	Silte argilo-arenoso cor: vermelho e ocre e branco variegado, muito rijo.		
09	TC	8,00	8,30	8,45	23	26	-	5				
10	TC	9,00	9,30	9,45	21	26	4	-	9,45	Silte cor: vermelho ocre e branco variegado, compacto.		
11	TC	10,00	10,30	10,45	25	30	4	-				
									10,45	LIMITE DE SONDAGEM		
Compacidade/Consistência		1	2	3	4	5	6					
Areias ou siltes arenosos		Fofa(o)	Pouco compacta(o)	Medianamente compacta(o)	Compacta(o)	Muito compacta(o)	—					
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole	Mole	Média(o)	Rija(o)	Muito rija(o)	Dura(o)					
Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br					Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D							

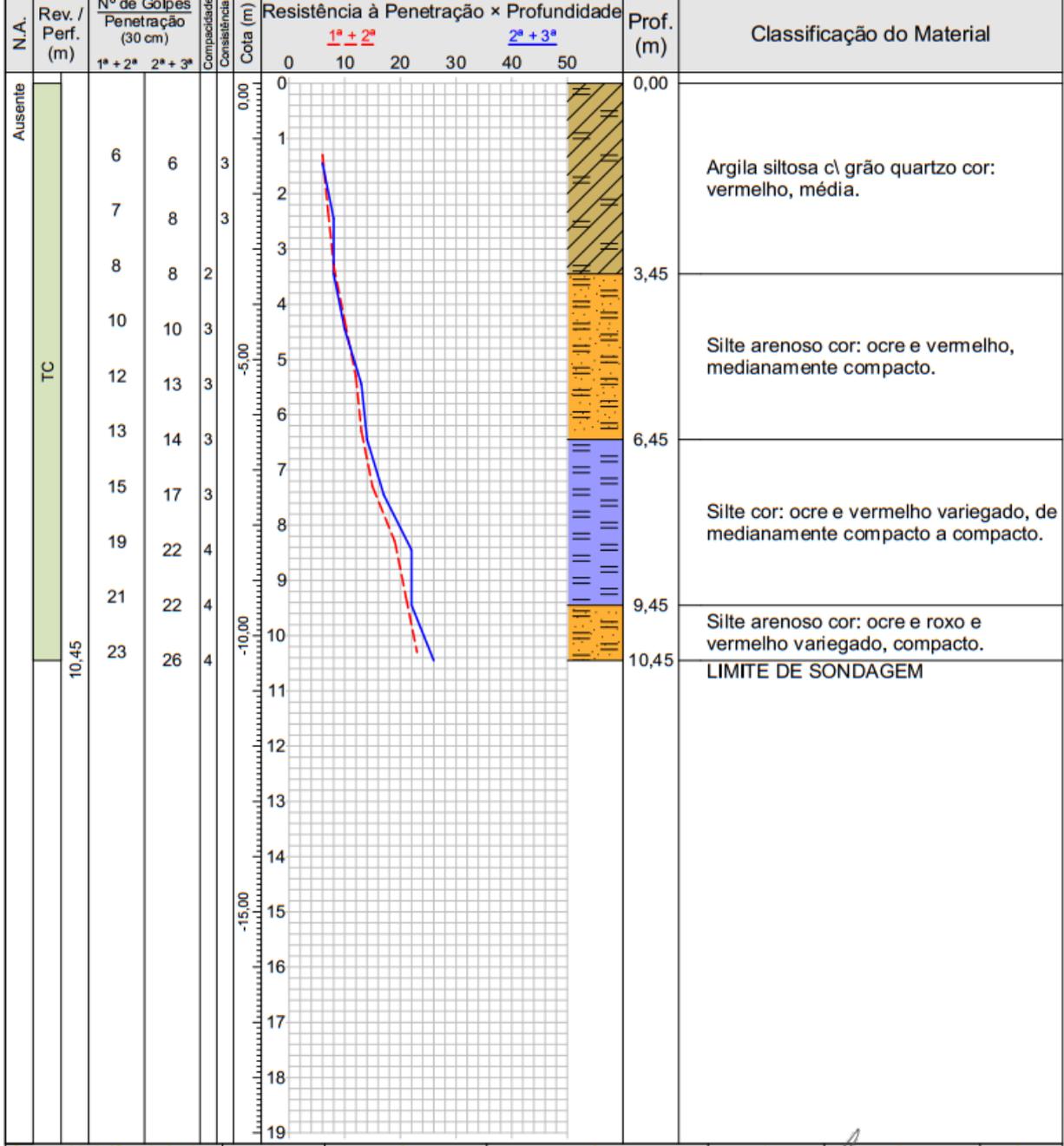
	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME	0132/21
	Memorial Fotográfico	SP-001
	Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: ., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG	Página 3/13 Data 26/04/2021



© 2021 MORCELLI & ALENCAR LTDA ME
132-2021 SP01

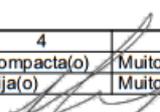
	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME		0132/21									
	Sondagem de Reconhecimento a Percussão		SP-002									
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: , Bairro: São Cristóvão, Pouso Alegre/MG			Página 4/13 Data 26/04/2021									
Ø Amostrador Externo: 2" Interno: 2 3/4" Ø Revestimento: 2 1/2"	Altura de queda: 75 cm Peso: 65 kgf Escala vertical: 1:100 Sistema: Manual	Cota da boca do furo: 0,00 m Revestimento: 0,00 m Nível d'água: Ausente	Ensaio de Avanço por Circulação de Água <table border="1"> <tr> <th>Início</th> <th>10 min</th> <th>20 min</th> <th>30 min</th> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>		Início	10 min	20 min	30 min	-	-	-	-
Início	10 min	20 min	30 min									
-	-	-	-									

Perfuração: TC-Trado Concha Coordenadas: N 7.536.213,00 m; E 404.887,00 m; F 23S; WGS84

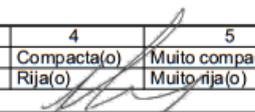


Compacidade/Consistência	1	2	3	4	5	6
Areias ou siltes arenosos	Fofa(o)	Pouco compacta(o)	Medianamente compacta(o)	Compacta(o)	Muito compacta(o)	—
Argilas ou siltes argilosos	Muito mole	Mole	Média(o)	Rija(o)	Muito rija(o)	Dura(o)

Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes
 Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322
 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br

Resp. Técnico 
 George Edson Magalhães
 Engenheiro Civil - CREA 73938/D

CONFORME NBR 6484:2020

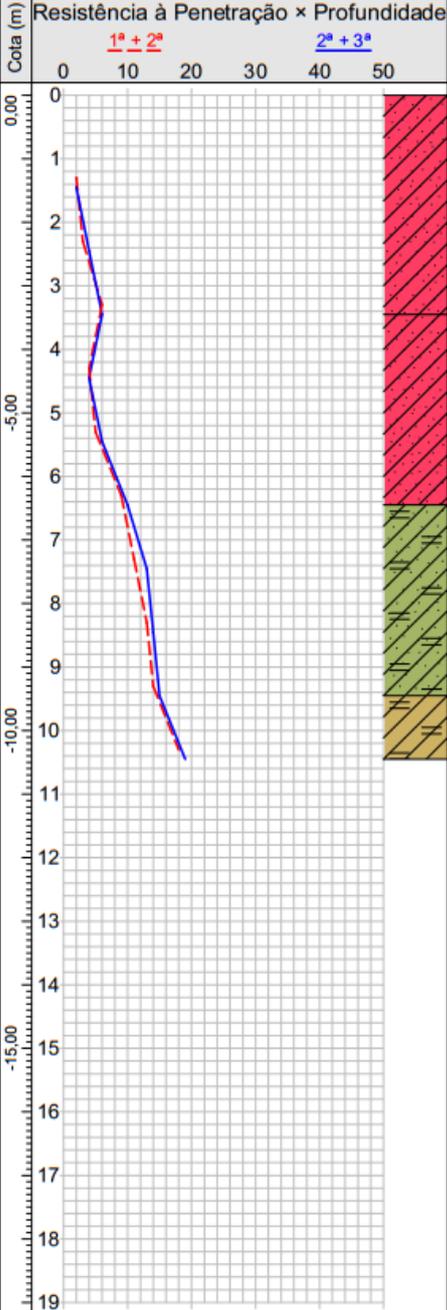
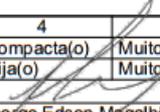
	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME		0132/21									
	Sondagem de Reconhecimento a Percussão		SP-002									
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: .., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG			Página 5/13 Data 26/04/2021									
Nível d'água Inicial: Ausente —/—/— Estabilizado: Ausente —/—/— Final: Ausente —/—/—		Cota da boca do furo: 0,00 m		Ensaio de Avanço por Circulação de Água <table border="1"> <tr> <th>Início</th> <th>10 min</th> <th>20 min</th> <th>30 min</th> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>	Início	10 min	20 min	30 min	-	-	-	-
Início	10 min	20 min	30 min									
-	-	-	-									
Perfuração: TC-Trado Concha		Coordenadas: N 7.536.213,00 m; E 404.887,00 m; F 23S; WGS84										
Amostra	Perfuração	Profundidade (m)			Golpes 30 cm		Compacidade	Consistência	Profundidade Camada (m)	Revestimento: 0,00 m	Classificação do Material	
		Inicial	1ª + 2ª	2ª + 3ª	1ª + 2ª	2ª + 3ª						
01	TC	-	-	-	-	-	-	-	-			
02	TC	1,00	1,30	1,45	6	6	-	3	0,00	Argila siltosa c/ grão quartzo cor: vermelho, média.		
03	TC	2,00	2,30	2,45	7	8	-	3				
04	TC	3,00	3,30	3,45	8	8	2	-	3,45	Silte arenoso cor: ocre e vermelho, medianamente compacto.		
05	TC	4,00	4,30	4,45	10	10	3	-				
06	TC	5,00	5,30	5,45	12	13	3	-				
07	TC	6,00	6,30	6,45	13	14	3	-	6,45	Silte cor: ocre e vermelho variegado, de medianamente compacto a compacto.		
08	TC	7,00	7,30	7,45	15	17	3	-				
09	TC	8,00	8,30	8,45	19	22	4	-				
10	TC	9,00	9,30	9,45	21	22	4	-	9,45	Silte arenoso cor: ocre e roxo e vermelho variegado, compacto.		
11	TC	10,00	10,30	10,45	23	26	4	-	10,45	LIMITE DE SONDAAGEM		
Compacidade/Consistência		1	2	3	4	5	6					
Areias ou siltes arenosos		Fofa(o)	Pouco compacta(o)	Medianamente compacta(o)	Compacta(o)	Muito compacta(o)	-					
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole	Mole	Média(o)	Rija(o)	Muito rija(o)	Dura(o)					
Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br					Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D							

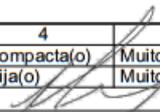
	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME	0132/21
	Memorial Fotográfico	
	SP-002	
	Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: ., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG	Página 6/13 Data 26/04/2021



© 2021 MORCELLI & ALENCAR LTDA ME
132-2021 SP02

Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br	Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D
---	--

		MORCELLI & ALENCAR LTDA ME				0132/21							
		Sondagem de Reconhecimento a Percussão				SP-003							
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: .., Bairro: São Cristóvão, Pouso Alegre/MG		Página		7/13		Data		26/04/2021					
		Externo: 2"		Altura de queda: 75 cm		Cota da boca do furo: 0,00 m		Ensaio de Avanço por Circulação de Água					
		Interno: 2 3/4"		Peso: 65 kgf		Revestimento: 0,00 m		Início 10 min 20 min 30 min					
Ø Amostrador		Escala vertical: 1:100		Nível d'água: Ausente		-		-					
Ø Revestimento: 2 1/2"		Sistema: Manual											
Perfuração: TC-Trado Concha				Coordenadas: N 7.536.054,00 m; E 404.926,00 m; F 23S; WGS84									
N.A.	Rev. / Perf. (m)	Nº de Golpes Penetração (30 cm)			Compacidade/Consistência	Cota (m)	Resistência à Penetração × Profundidade					Prof. (m)	Classificação do Material
		1ª + 2ª	2ª + 3ª					1ª + 2ª	2ª + 3ª				
Ausente	TC					0,00						0,00	Argila arenosa cor:vermelho, de muito mole a média.
		2	2	1	1	1	3,45	Argila arenosa c/ grão quartzo cor: vermelho, de mole a média.					
		3	4	2	2	2	6,45		Argila silto-arenosa cor: vermelho e ocre variegado, rija.				
		6	6	3	3	3	9,45	Argila siltosa cor: ocre e vermelho, rija.					
		4	4	2	2	4	10,45		LIMITE DE SONDAAGEM				
		5	6	3	3	5							
		9	10	3	3	6							
		11	13	4	4	7							
		13	14	4	4	8							
		14	15	4	4	9							
		18	19	4	4	10							
						11							
						12							
						13							
						14							
						15							
						16							
						17							
						18							
					19								
Compacidade/Consistência		1		2		3		4		5		6	
Areias ou siltes arenosos		Fofa(o)		Pouco compacta(o)		Medianamente compacta(o)		Compacta(o)		Muito compacta(o)		—	
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole		Mole		Média(o)		Rija(o)		Muito rija(o)		Dura(o)	
Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br						Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D							

	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME		0132/21									
	Sondagem de Reconhecimento a Percussão		SP-003									
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: ., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG			Página 8/13 Data 26/04/2021									
Nível d'água Inicial: Ausente —/—/— Estabilizado: Não medido Final: Ausente —/—/—		Cota da boca do furo: 0,00 m		Ensaio de Avanço por Circulação de Água <table border="1"> <tr> <th>Início</th> <th>10 min</th> <th>20 min</th> <th>30 min</th> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>	Início	10 min	20 min	30 min	-	-	-	-
Início	10 min	20 min	30 min									
-	-	-	-									
Perfuração: TC-Trado Concha		Coordenadas: N 7.536.054,00 m; E 404.926,00 m; F 23S; WGS84										
Amostra Perfuração	Profundidade (m)			Golpes 30 cm		Compacidade Consistência	Profundidade Camada (m)	Revestimento: 0,00 m Classificação do Material				
	Inicial	1ª + 2ª	2ª + 3ª	1ª + 2ª	2ª + 3ª							
01 TC	-	-	-	-	-	-	-					
02 TC	1,00	1,30	1,45	2	2	-	1	0,00 Argila arenosa cor:vermelho, de muito mole a média.				
03 TC	2,00	2,30	2,45	3	4	-	2					
04 TC	3,00	3,30	3,45	6	6	-	3					
05 TC	4,00	4,30	4,45	4	4	-	2	3,45 Argila arenosa c/ grão quartzo cor: vermelho, de mole a média.				
06 TC	5,00	5,30	5,45	5	6	-	3					
07 TC	6,00	6,30	6,45	9	10	-	3					
08 TC	7,00	7,30	7,45	11	13	-	4	6,45 Argila silto-arenosa cor: vermelho e ocre variegado, rija.				
09 TC	8,00	8,30	8,45	13	14	-	4					
10 TC	9,00	9,30	9,45	14	15	-	4	9,45 Argila siltosa cor: ocre e vermelho, rija.				
11 TC	10,00	10,30	10,45	18	19	-	4					
10,45 LIMITE DE SONDAAGEM												
Compacidade/Consistência		1	2	3	4	5	6					
Areias ou siltes arenosos		Fofa(o)	Pouco compacta(o)	Medianamente compacta(o)	Compacta(o)	Muito compacta(o)	—					
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole	Mole	Média(o)	Rija(o)	Muito rija(o)	Dura(o)					
Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br				Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D								

	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME	0132/21
	Memorial Fotográfico	SP-003
	Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: ., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG	Página 9/13 Data 26/04/2021



© 2021 MORCELLI & ALENCAR LTDA ME

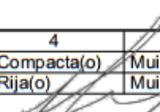
132-2021 SP03

Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br	Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D
---	--

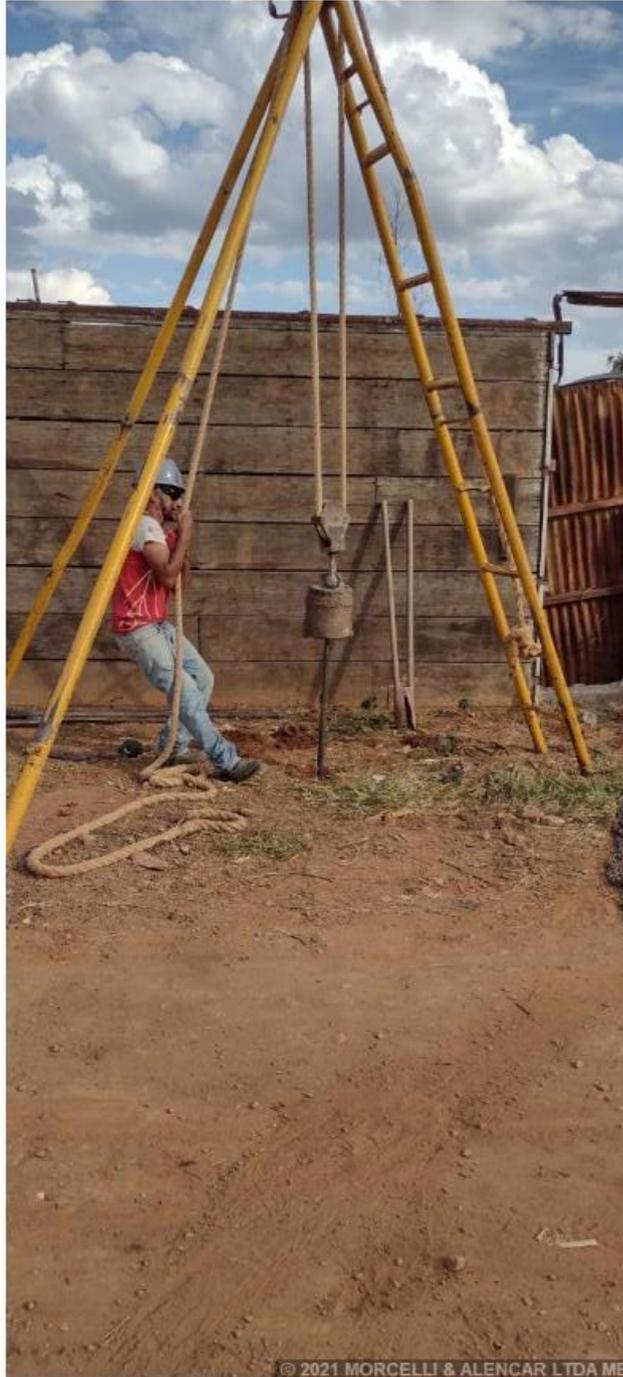
		MORCELLI & ALENCAR LTDA ME				0132/21	
		Sondagem de Reconhecimento a Percussão				SP-004	
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: .., Bairro: São Cristóvão, Pouso Alegre/MG				Página 10/13 Data 26/04/2021			
Amostrador Revestimento: 2 1/2"	Externo: 2" Interno: 2 3/4"	Altura de queda: 75 cm Peso: 65 kgf Escala vertical: 1:100 Sistema: Manual	Cota da boca do furo: 0,00 m Revestimento: 0,00 m Nível d'água: 2,00 m	Ensaio de Avanço por Circulação de Água			
				Início	10 min	20 min	30 min
Perfuração: CA-Circulação de Água CL-Circulação de Lama TC-Trado Concha		Coordenadas: N 7.536.196,00 m; E 404.741,00 m; F 23S; WGS84					
N.A.	Rev. / Perf. (m)	Nº de Golpes Penetração (30 cm)		Resistência à Penetração × Profundidade	Prof. (m)	Classificação do Material	
		1ª + 2ª	2ª + 3ª				
	2,00 m			0 10 20 30 40 50	0,00	Argila cor: vermelha, de mole a muito mole.	
	2,00 m	4	4		2,45	Areia com argila orgânica cor: marrom, fofa.	
	3,00 m	1/60	-		5,45	Argila orgânica cor: preto, de mole a média.	
	3,00 m	1/55	-		7,45	Argila silto-arenosa cor: vermelho e ocre variegado, de rija a muito rija.	
	3,00 m	1/50	-		10,45	LIMITE DE SONDAAGEM	
	7,00 m	1/35	-				
	7,00 m	3	4				
	7,00 m	7	9				
	8,00 m	17	18				
	8,00 m	18	20				
	10,45 m	19	22				
Compacidade/Consistência		1	2	3	4	5	6
Arenas ou siltes arenosos		Fofa(o)	Pouco compacta(o)	Medianamente compacta(o)	Compacta(o)	Muito compacta(o)	-
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole	Mole	Média(o)	Rija(o)	Muito rija(o)	Dura(o)

Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes
 Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322
 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br

Resp. Técnico
 George Edson Magalhães
 Engenheiro Civil - CREA 73938/D

		MORCELLI & ALENCAR LTDA ME				0132/21		
		Sondagem de Reconhecimento a Percussão				SP-004		
Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: ., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG				Página 11/13 Data 26/04/2021				
Nível d'água Inicial: 2,00 m —/—/— Estabilizado: Ausente —/—/— Final: 2,00 m —/—/—		Cota da boca do furo: 0,00 m		Ensaio de Avanço por Circulação de Água				
				Início	10 min	20 min	30 min	
				-	-	-	-	
Perfuração: CA-Circulação de Água CL-Circulação de Lama TC-Trado Concha				Coordenadas: N 7.536.196,00 m; E 404.741,00 m; F 23S; WGS84				
Amostra Perfuração	Profundidade (m)			Golpes 30 cm		Compacidade Consistência	Profundidade Camada (m)	Revestimento: 0,00 m Classificação do Material
	Inicial	1ª + 2ª	2ª + 3ª	1ª + 2ª	2ª + 3ª			
01 TC	-	-	-	-	-	-	0,00	Argila cor: vermelha, de mole a muito mole.
02 TC	1,00	1,30	1,45	4	4	- 2		
03 CA	2,00	2,60	-	1/60	-	1 -		
04 CL	3,00	3,55	-	1/55	-	1 -	2,45	Areia com argila orgânica cor: marrom, fofa.
05 CL	4,00	4,50	-	1/50	-	1 -		
06 CL	5,00	5,35	-	1/35	-	1 -	5,45	Argila orgânica cor: preto, de mole a média.
07 CL	6,00	6,30	6,45	3	4	- 2		
08 CA	7,00	7,30	7,45	7	9	- 3		
09 CL	8,00	8,30	8,45	17	18	- 4		
10 CL	9,00	9,30	9,45	18	20	- 5		
11 CL	10,00	10,30	10,45	19	22	- 5		
							10,45	LIMITE DE SONDAGEM
Compacidade/Consistência		1	2	3	4	5	6	
Aerios ou siltes arenosos		Fofa(o)	Pouco compacta(o)	Medianamente compacta(o)	Compacta(o)	Muito compacta(o)	-	
Argilas ou siltes argilosos		Muito mole	Mole	Média(o)	Rija(o)	Muito rija(o)	Dura(o)	
Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br				Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D				

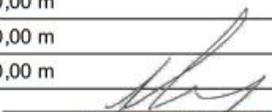
	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME	0132/21
	Memorial Fotográfico	SP-004
	Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE Local: .., Bairro: São Cristovão, Pouso Alegre/MG	Página 12/13 Data 26/04/2021



© 2021 MORCELLI & ALENCAR LTDA ME
132-2021 SP04

	MORCELLI & ALENCAR LTDA ME	0132/21
	Localização de Sondagem	Escala 1:4.177,07
	Cliente: DAC ENGENHARIA LTDA	Página 13/13
	Obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE	Data 26/04/2021
Local: ., Bairro: São Cristóvão, Pouso Alegre/MG		



SP-001	N 7.536.303,00 m; E 404.896,00 m; F 23S; WGS84; Cota 0,00 m
SP-002	N 7.536.213,00 m; E 404.887,00 m; F 23S; WGS84; Cota 0,00 m
SP-003	N 7.536.054,00 m; E 404.926,00 m; F 23S; WGS84; Cota 0,00 m
SP-004	N 7.536.196,00 m; E 404.741,00 m; F 23S; WGS84; Cota 0,00 m
Rua Sargento Obedes Lino da Silva 85- Inconfidentes Pouso Alegre-MG, CEP: 37557-322 Tel.: 35 34214181 -991472132 email:atendimento@alencarsondagens.com.br	
Resp. Técnico  George Edson Magalhães Engenheiro Civil - CREA 73938/D	

RELATÓRIO DE ENSAIOS DE
LABORATÓRIO DE SOLOS
REALIZADOS NA FEPI
FEVEREIRO DE 2021

ENSAIOS DE:

- **Limites de Consistência (LL, LP e IP)**
- **Granulometria por peneiramento**
- **Compactação (Proctor Normal)**
- **Índice Suporte California (CBR)**

ENSAIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO

Laboratório da Engenharia Civil de Itajubá - FEPI
Prof. Ms. Mario Vitor Pinheiro
Itajubá - MG

Itajubá, 17 de outubro de 2020

Relatório Técnico

Obra: -

Ciente: DAC ENGENHARIA

Rua Miguel Viana, 81 – Sala 12 – Bairro Morro Chic.

Itajubá – MG – CEP 37500-080

Fone: 3623 5720

E-mail: flavia.barbosa@dacengenharia.com.br

Ref. 041065

De acordo com solicitação da DAC-ENGENHARIA realizamos ensaios de Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP), Granulometria por peneiramento, Compactação (Proctor Normal) e Índice Suporte California (CBR) com (5) cinco amostras de solos, coletadas pela própria DAC, e entregues ao laboratório de solos da Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá-MG – FEPI, cujos ensaios foram realizados no período de 18/01/06/2021 à 20/02/2021.

O objetivo desses ensaios é identificar as características do solo ensaiado quanto aos Limites de Consistência, granulometria, Umidade ótima com massa específica seca máxima de laboratório e a Resistência do solo de acordo com o Índice Suporte California - CBR e realizados de acordo com as normas da ABNT, cujos resultados são apresentados a seguir. As amostras denominadas Amostra 1: CIMED 1, solo marrom com presença de pedregulhos; Amostra 2: CIMED 2, solo avermelhado com pouco de matéria orgânica; Amostra 3: CIMED 3, solo avermelhado; GOLD, solo avermelhado com bastante torrões; e ESTRADA VELHA, solo avermelhado com pouco de matéria orgânica.

1. **Ensaio Limites de Consistência - NBR 6459**

Esses ensaios foram realizados de acordo com as seguintes normas:

- 1.1 Ensaio de Limite de Liquidez – NBR 6459
- 1.2 Ensaio de Limite de Plasticidade – NBR 7180

O solo apresentou os seguintes valores do Limite de Liquidez e Plasticidade, cujos dados e gráficos encontram-se nos anexos:

Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
1 – CIMED 1	37	25	12
2 – CIMED 2	46	36	10
3 – CIMED 3	33	21	12
4 – GOLD	42	34	8
5 – ESTRADA VELHA	58	32	26

2. **Ensaio de Granulometria – NBR 7181**

Esse ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 7181. As amostra apresentam os seguintes resultados, quanto a granulometria, cujos dados e gráficos encontram-se nos anexos:

Amostra	CIMED 1	CIMED 2	CIMED 3	GOLD	ESTRADA VELHA
Pedregulhos (%)	5,3	0,1	6,0	0,6	0,6
Areia Grossa (%)	4,0	0,6	1,2	1,0	0,8
Areia Média (%)	73,1	50,4	30,9	43,5	76,7
Areia Fina (%)	16,5	48,5	44,4	51,4	20,4
Finos (Silte e Argila) (%)	1,1	0,4	17,4	3,6	1,5
Soma	100	100	100	100	100

Classificação dos Solos:

A tabela a seguir mostra a classificação dos solos quanto aos métodos Unificado e Rodoviário.

Tabela – Índices de Consistência e Classificação dos Solos.

	LL	LP	IP	Finos % < #200	Classificação Rodoviária			Classificação Unificada
	%	%	%		Tipo	Solo	IG	
CIMED 1	37	25	12	1,1	A-2-6	Areia	0	SP
CIMED 2	46	36	10	0,4	A-2-5	Areia	0	SP
CIMED 3	33	21	12	17,4	A-2-6	Areia	0	SC
GOLD	42	34	8	3,6	A-2-6	Areia	0	SP
ESTRADA VELHA	58	32	26	1,5	A-2-7	Areia	0	SP

**Observação: SP (Solo arenoso com certa quantidade de finos não plásticos)
SC (Solo arenoso com apreciáveis quantidade de finos plásticos)**

3. Ensaio de Compactação (Proctor Normal) – NBR 7182

Esse ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 7182. A Massa Especifica Seca máxima e umidade ótima ($h_{ót\text{m}}$) de laboratório apresentaram os seguintes valores:

Amostra	$\gamma_{S\text{máx}}$ (g/cm ³)	$h_{ót\text{m}}$ lab (%)
CIMED 1	1,685	17,6
CIMED 2	1,438	27,6
CIMED 3	1,638	18,4
GOLD	1,432	28,2
ESTRADA VELHA	1,467	28,4

4. Ensaio de Índice Suporte California (CBR) – NBR 9895

Esse ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 9895. O solo apresentou os seguintes valores referentes ao CBR, cujos dados e gráficos encontram-se nos anexos:

Amostra	CBR %	Expansão %
CIMED 1	23	0,5
CIMED 2	19	0,5
CIMED 3	11	0,5
GOLD	25	0,5
ESTRADA VELHA	3	0,5



Me. Mario Vitor Pinheiro
CREA – 4848-D
Professor da Engenharia Civil de Itajubá - FEPI

Anexo II. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS

PROJETO DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS																							
ESCOLA PADRE MÁRIO																							
coef. de esc. superf. :		0.75		tc inicial =		10 min																	Folha
coef. de manning Concr./PEAD:		0.014 0.010		TR =		10 anos																	1
Trecho	Ext. (m)	Área de Contribuição (ha)		Δtc (min)	tc (min)	Intens. (mm/h)	Vazão (m³/s)	Seção (m)	Material	Decliv. (m/m)	Capac. Máxima seção pl. (m³/s)	Vproj (m/s)	y/D	COTAS (m)				Prof. da Galeria (m)		Degrau (m)			
		Mont.	Jus.											Parc.	Acum.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		Mont.	Jus.	
1	-	2	50.00	1.063	1.063	0.32	10.00	115.478	0.256	0.80	Concreto	0.0219	1.816	2.58	0.25	853.705	852.611	851.805	850.711	1.90	1.90	0.00	
2	-	3	50.00	0.214	1.276	0.28	10.32	114.724	0.305	0.80	Concreto	0.0270	2.018	2.93	0.26	852.611	851.261	850.711	849.361	1.90	1.90	0.20	
3	-	4	44.00	3.369	4.646	0.24	10.60	114.075	1.104	1.00	Concreto	0.0119	2.432	3.02	0.47	851.261	850.736	849.161	848.636	2.10	2.10	0.00	
4	-	5	41.00	0.238	4.884	0.26	10.84	113.526	1.155	1.00	Concreto	0.0084	2.042	2.68	0.53	850.736	850.391	848.636	848.291	2.10	2.10	0.00	
5	-	6	51.00	0.436	5.320	0.34	11.10	112.939	1.252	1.00	Concreto	0.0067	1.820	2.48	0.61	850.391	850.500	848.291	847.950	2.10	2.55	0.00	
6	-	7	43.00	0.141	5.460	0.28	11.44	112.183	1.276	1.00	Concreto	0.0069	1.847	2.53	0.61	850.500	850.654	847.950	847.654	2.55	3.00	0.00	
7	-	8	13.00	0.041	5.501	0.08	11.72	111.570	1.279	1.00	Concreto	0.0088	2.085	2.79	0.57	850.654	850.740	847.654	847.540	3.00	3.20	0.00	
8	-	9	19.00	1.449	6.950	0.09	11.80	111.396	1.613	1.00	Concreto	0.0128	2.523	3.41	0.58	850.740	850.896	847.540	847.296	3.20	3.60	0.00	
9	-	10	5.00	0.028	6.978	0.02	11.89	111.202	1.617	1.00	Concreto	0.0198	3.133	4.01	0.51	850.896	850.647	847.296	847.197	3.60	3.45	0.00	
10	-	11	7.00	0.582	7.559	0.03	11.91	111.158	1.751	1.00	Concreto	0.0167	2.878	3.85	0.56	850.647	849.930	847.197	847.080	3.45	2.85	0.50	
11	-	12	40.00	0.000	7.559	0.12	11.94	111.094	1.750	1.00	Concreto	0.0456	4.752	5.57	0.41	849.930	846.858	846.580	844.758	3.35	2.10	1.00	
12	-	13	44.00	0.181	7.740	0.12	12.06	110.837	1.787	1.00	Concreto	0.0570	5.313	6.02	0.39	846.858	843.352	843.758	841.252	3.10	2.10	1.50	
13	-	14	45.00	0.159	7.899	0.12	12.18	110.581	1.820	1.00	Concreto	0.0542	5.184	6.01	0.41	843.352	839.412	839.752	837.312	3.60	2.10	0.50	
14	-	15	5.00	0.152	8.051	0.01	12.30	110.327	1.851	1.00	Concreto	0.0428	4.606	5.57	0.44	839.412	838.698	836.812	836.598	2.60	2.10	2.00	
15	-	16	20.00	1.497	9.548	0.06	12.31	110.306	2.194	1.00	Concreto	0.0356	4.204	5.41	0.51	838.698	835.985	834.598	833.885	4.10	2.10	2.30	
16	-	17	20.00	0.129	9.677	0.06	12.37	110.179	2.221	1.00	Concreto	0.0456	4.754	5.93	0.48	835.985	832.773	831.585	830.673	4.40	2.10	2.30	
17	-	18	20.00	0.112	9.789	0.06	12.43	110.053	2.244	1.00	Concreto	0.0473	4.842	6.04	0.48	832.773	829.527	828.373	827.427	4.40	2.10	2.20	
18	-	19	23.00	0.000	9.789	0.07	12.49	109.927	2.242	1.00	Concreto	0.0436	4.647	5.83	0.49	829.527	826.325	825.227	824.225	4.30	2.10	1.50	
19	-	20	58.00	0.232	10.021	0.23	12.56	109.781	2.292	1.00	Concreto	0.0176	2.951	4.13	0.66	826.325	823.106	822.725	821.706	3.60	1.40	0.20	
20	-	21	4.00	0.354	10.375	0.02	12.79	109.304	2.363	1.20	Concreto	0.0140	4.284	3.88	0.53	823.106	823.150	821.506	821.450	1.60	1.70	0.00	
22	-	10	15.00	0.582	0.5815	0.06	10.00	115.478	0.140	0.60	Concreto	0.1299	2.055	4.00	0.16	852.346	850.647	850.646	848.697	1.70	1.95	1.50	
23	-	15	17.00	1.497	1.4965	0.06	10.00	115.478	0.360	0.60	Concreto	0.0714	1.523	4.42	0.32	840.211	838.698	838.211	836.998	2.00	1.70	2.40	

LICENÇA BOTA-FORA

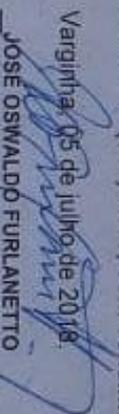
CERTIFICADO LAS-RAS Nº119/2018

L I C E N Ç A A M B I E N T A L S I M P L I F I C A D A – R A S

A Superintendência Regional de Meio Ambiente do Sul de Minas, no uso de suas atribuições, com base no art. 4º, inciso V e no art. 20 da Lei Estadual nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e de acordo com o art. 54, parágrafo único, inciso I do Decreto Estadual nº 47.042, de 06 de setembro de 2016, concede à empresa ALTIDOURO JOSÉ DE SOUZA RIOS ME, CNPJ 71.232.581/0001-35, Licença Ambiental Simplificada na modalidade LAS/RAS, para a atividade principal: Aterro de resíduos da construção civil (classe "A"), exceto aterro para armazenamento/disposição de solo proveniente de obras de terraplanagem previsto em projeto aprovado da ocupação (Capacidade de recebimento: 140,0 m³/dia), com critério locacional 0, enquadrada na DN COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017, sob o código F-05-18-0, localizada na Rua Professora Ana Flauzina de Souza, nº22, Bairro Cidade Foch, Coordenadas Geográficas Lat. -22°14'55" e Long. -45°55'58", nos Município de Pouso Alegre, no Estado de Minas Gerais, conforme o processo administrativo nº 25575/2011/002/2018, em conformidade com normas ambientais vigentes. Certificado emitido nos termos do art. 20 da Lei Estadual nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e do art. 8º, §4º, II, da Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017, com base nas informações prestadas pelo empreendedor e pelo(s) responsável (is) técnico(s) pelos estudos apresentados.

ESTA LICENÇA NÃO DISPENSA, NEM SUBSTITUI, A OBTENÇÃO, PELO REQUERENTE, DE CERTIDÕES, ALVARÁS, LICENÇAS OU AUTORIZAÇÕES, DE QUALQUER NATUREZA, EXIGIDOS PELA LEGISLAÇÃO FEDERAL, ESTADUAL OU MUNICIPAL.

Validade da Licença Ambiental: 10 (dez) anos, com vencimento em 05/07/2028.

Varginha, 05 de julho de 2018.

JOSE OSWALDO FURLANETTO
Superintendente Regional de Meio Ambiente da Supram Sul de Minas

DEMAIS ATIVIDADES LISTADAS DO EMPREENDIMENTO				
CÓDIGO	ATIVIDADE	PARÂMETRO	QUANT.	UNIDADE DE MEDIDA
F-05-18-1	Áreas de triagem, transbordo e armazenamento transitório e/ou reciclagem de resíduos da construção civil e volumosos	Capacidade de recebimento	90,0	m ² /dia