



UNIFEI
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
ITAJUBÁ

FUNDAÇÃO DE APOIO AO ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO DE ITAJUBÁ

APRESENTAÇÃO

SOLICITANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE

SOLICITADO: FAPEPE - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão de Itajubá

NATUREZA DO TRABALHO: RELATÓRIO DE PROJETO EXECUTIVO DE VIA DE ACESSO: AVENIDA JOÃO INÁCIO RAIMUNDO

EQUIPE TÉCNICA

Responsável Técnico

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

Coordenação

Geraldo Lúcio Tiago Filho	Engenheiro Mecânico
Nº CREA: MG 22.508/D	ART:

Elaboração

Aloisio Caetano Ferreira	Engenheiro Hídrico
Denis de Souza Silva	Engenheiro Hídrico
Rafael Nobre Leite	Engenheiro Civil
William Baradel	Engenheiro Civil
Felipe Guimarães Alexandre	Estag. Engenharia Civil
Renato Silva Silveira	Estag. Engenharia Civil

Colaboração

Adinele Gomes Guimarães	Doutora em Engenharia Civil com ênfase em Geotecnia
Paulo Cesar Gonçalves	Doutor em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas

SUMÁRIO

1. OBJETO	6
2. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO	6
2.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VOO	7
2.2. CAPTURA DE IMAGENS	7
2.3. EQUIPAMENTO UTILIZADO	8
2.4. RASTREAMENTO GEODÉSICO DE PONTOS DE CONTROLE	9
2.5. PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES	11
3. ESTUDO GEOTÉCNICO	11
3.1. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS E GEOLÓGICAS DO LOCAL	12
4. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	14
4.1. METODOLOGIA APLICADA	15
4.2. MÉTODO RACIONAL	15
4.2.1. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL	16
4.2.2. tempo de concentração E PERÍODO DE RETORNO	17
4.2.3. INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO	17
4.2.4. VAZÃO	18
5. PROJETO GEOMÉTRICO	18
5.1. PARÂMETROS DE CONCEPÇÃO DO ACESSO VIÁRIO	19
5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS	19
5.2.1. VEÍCULO DE PROJETO	19
5.2.2. LARGURA DA VIA	20
5.2.3. VELOCIDADE DIRETRIZ	20
5.3. APRESENTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO	20
5.3.1. EM PLANTA:	20
5.3.2. EM PERFIL:	21
5.4. LOCAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO	21
6. PROJETO DE TERRAPLENAGEM	21
6.1. TALUDES PROJETADOS	22
6.2. RESUMO DAS QUANTIDADES	22
6.3. MÉTODO DE CÁLCULO UTILIZADO	23
6.4. ORIENTAÇÕES DO PROJETO	23
6.4.1. SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS	25
6.4.2. DESMATAMENTO, DESTOCAMENTO E LIMPEZA	25
6.4.3. CORTE DO TERRENO	26
6.4.4. ATERRO	26
6.4.5. MATERIAL DE ATERRO	27
7. PROJETO DE DRENAGEM	28

7.1.	VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE escoamento da sarjeta	28
7.2.	dimensionamento hidráulico das galerias	31
7.2.1.	Posicionamento	31
7.2.2.	diâmetro mínimo	31
7.2.3.	Cálculo da vazão na galeria	32
7.2.4.	Velocidade de escoamento	32
7.2.5.	capacidade máxima da galeria	33
7.2.6.	recobrimento mínimo da galeria	34
7.2.7.	descarte	34
8.	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO	34
8.1.	MÉTODO UTILIZADO	35
8.2.	PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO	35
8.2.1.	NÚMERO “N”	35
8.2.2.	ÍNDICE DE SUPORTE DO SUBLEITO (CBR)	36
8.3.	DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS	36
8.3.1.	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DAS CALÇADAS	40
8.3.2.	ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS	41
9.	PROJETO DE PAISAGISMO	41
9.1.	CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS ESPÉCIES	42
9.2.	ESPÉCIES ESCOLHIDAS	42
9.3.	ESPECIFICAÇÕES DE PLANTIO	43
9.3.1.	FORNECIMENTO	43
9.3.2.	PREPARO GERAL DO SOLO	44
9.3.3.	PLANTIO	44
9.3.4.	PLANTIO DAS GRAMÍNEAS - TALUDES	45
9.3.5.	PLANTIO DAS GRAMÍNEAS – CANTEIRO E FAIXA VERDE	45
10.	PROJETO DE SINALIZAÇÃO	46
10.1.	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	46
10.1.1.	Linha de Retenção - LRE	46
10.1.2.	Linhas de Separação de Fluxo de Sentidos Opostos	47
10.1.3.	Linhas de Separação de Fluxo de Mesmo Sentido	47
10.1.4.	Linha de Bordo - LBO	48
10.1.5.	Zebrado de Preenchimento da Área de Pavimento Não Utilizável – ZPA	49
10.1.6.	Faixa de Travessia de Pedestres – FTP	50
10.1.7.	Legenda “PARE”	51
10.1.8.	Símbolo “Dê a preferência”	51
10.2.	Sinalização Vertical	52
10.2.1.	Parada Obrigatória – R-1	52
10.2.2.	Regulamentação de Velocidade – R19	53
10.2.3.	PROIBIDO PARAR E ESTACIONAR – R-6C	53
10.2.4.	advertência de passagem sinalizada de pedestres – a-32b	53
10.3.	Rebaixos de Acessibilidade	53
11.	REFERÊNCIAS	54

1. OBJETO

A Avenida João Inácio Raimundo é uma via existente sem pavimentação que liga o bairro Nossa Senhora de Guadalupe à Rodovia MG-290, o que facilita o acesso dessa região ao centro da cidade por uma via de trânsito rápida. O mapa apresentado a seguir mostra a conexão citada.



Figura 1 – Conexão do bairro Nossa Senhora de Guadalupe ao centro através da Av. João Inácio Raimundo.

Assim, justifica-se a grande importância da via para o desenvolvimento desta região.

2. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

A área de levantamento totalizou cerca de 318.000,00 metros quadrados e envolve toda a área de implantação da Avenida João Inácio Raimundo.



Figura 2 – Polígono de levantamento

2.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VOO

A altitude de voo foi definida em 90,00 metros em relação ao ponto de decolagem, definida preliminarmente de modo a eliminar qualquer possibilidade de colisão do *drone* com as interferências existentes (redes aéreas, remanescentes florestais e outras).

As linhas de voo foram espaçadas em cerca de 30 metros lateralmente e limitadas à área do levantamento, não sendo realizados deslocamentos em área externa ao polígono apresentado na Figura 2.

A velocidade de percurso ao longo das linhas de voo foi de 20 a 30 km/h, conforme a direção e intensidade do vento.

O sobrevoo ocorreu entre às 10:30 e 12:30 horas, para se valer da melhor condição de iluminação natural.

2.2. CAPTURA DE IMAGENS

As imagens estáticas foram captadas manualmente, com sobreposição frontal de 90% e lateral de 80%.

O ângulo de visada foi de 90° para baixo durante todo o percurso.

As imagens foram captadas em resolução de 4.000 x 3.000 pixels e ISO 100, com tempo de exposição variável para compensação da luminosidade, sem geração de arraste de pixels.

2.3. EQUIPAMENTO UTILIZADO

A seguir é apresentado o equipamento utilizado para execução dos serviços relacionados: Drone Dji MavicPro, apresentado na Figura 3.



Figura 3 – Drone Dji MavicPro.

O drone está equipado com uma câmera fotográfica DJI FC220, (apresentada já montada no drone na Figura 3) com as seguintes características:

- Resolução das fotos: 4.000 x 3.000 pixels (12 Mega Pixel);
- Profundidade de bits: 24 bits;
- Distância Focal: 22 a 77mm equivalente;
- ISO (sensibilidade): 100;
- Abertura do obturador: f/2,8;
- Tempo de exposição: variável para compensação da luminosidade;
- Ângulo de visada: 90° para baixo;
- Todas as imagens são armazenadas com coordenadas geográficas.
- Gravação de vídeo 4K em até 30FPS, ou vídeo 1080p em até 96

- FPS;
- Sistema óptico: 9 elementos em 9 grupos, incluindo elemento esférico;
 - Sensor CMOS de 1/2.3”;
 - Campo de visão (FOV) de 78.8°;
 - Apontamento horizontal e vertical de 90°;
 - Giroscópio de 3 eixos de liberdade;
 - Distância focal de 20 mm.

2.4. RASTREAMENTO GEODÉSICO DE PONTOS DE CONTROLE

Não é possível garantir a exatidão dos dados processados apenas a partir das coordenadas geográficas adquiridas e armazenadas pelo drone nas imagens aéreas.

Para que o modelo digital de elevações resultante do levantamento aéreo apresente boa exatidão com o terreno imageado é necessário utilizar pontos de controle, com coordenadas topográficas conhecidas e precisas.

Neste trabalho, os pontos de controle foram obtidos por pós processamento de dados GNSS, a partir de pontos rastreados em equipamento GPS Diferencial de uma camada (DGPS Magellam Pro Mark 3 – L1).

Foi estabelecido um ponto de controle para processamento dos demais pontos rastreados. O ponto denominado Base foi estabelecido em posição mais elevada da avenida, sem cobertura vegetal que pudesse interferir no sinal dos satélites visíveis.



Figura 4 – Localização da Base 01

A base não foi utilizada para o georreferenciamento do modelo, servindo apenas ao propósito de servir de estação de referência para o pós-processamento dos demais pontos de controle rastreados, que podem ser vistos na Figura 5 a seguir.



Figura 5 – Pontos de controle rastreados

Os pontos rastreados passaram por processo de correção ortométrica utilizando o software MapGeo 2015 v1.0 (IBGE, 2015).

As coordenadas e alturas ortométricas dos pontos são apresentadas na Prancha de Topografia.

2.5. PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Nesta etapa foi realizado o processamento das imagens aéreas capturadas e das coordenadas geodésicas dos pontos de controle para obtenção dos seguintes produtos:

- Nuvem de pontos do terreno;
- Modelo tridimensional georreferenciado da área levantada, baseado nas cotas do terreno, com remoção das camadas de vegetação, edificações e outras interferências;
- Extração de curvas de nível do terreno natural com espaçamento vertical de 1 metro;
- Vetorização de todos os elementos definidores do terreno como linhas de pés e cristas de taludes, canaletas superficiais, guias, sarjetas, edificações, postes, árvores, redes elétricas aéreas, caminhos, acessos e outras, conforme a realidade local;
- Compilação de planta-baixa em formato AutoCad contendo os resultados do aerolevanteamento topográfico;
- Geração de imagem aérea ortorretificada de alta resolução (5,0 a 10,0 cm por pixel) da área levantada, e apresentação sob a carta topográfica elaborada.

3. ESTUDO GEOTÉCNICO

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

O programa de prospecção geotécnica foi elaborado após o reconhecimento de superfície da área de implantação da estrutura, tendo em consideração as características geológicas da região e a informação geotécnica necessária ao desenvolvimento do projeto.

A campanha de prospecção constou de 2 sondagens manuais a trado com coleta de amostras deformadas para realização de ensaios.

A localização dos furos é apresentada nas plantas de projeto.

3.1. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS E GEOLÓGICAS 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 10-15m, 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. Capacidade de produção variável em função da sua espessura e composição granulométrica.

Gnássico-Granítico – Sistema aquífero em meio fissurado. Baixas permeabilidade e porosidade. Pouco explorados através de poços. Apresentam baixa a média capacidade de produção. Águas alcalinas e com dureza elevada.

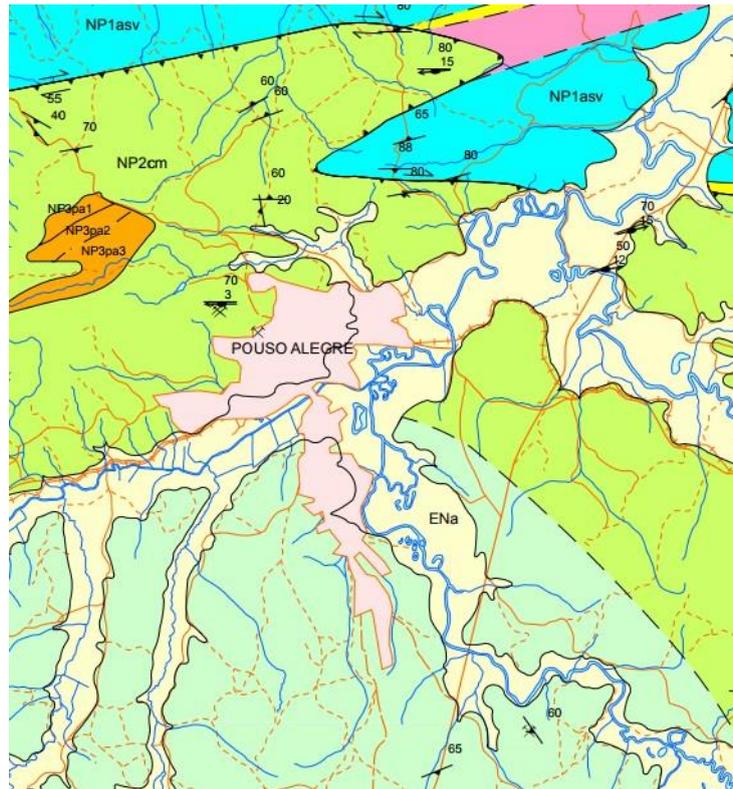


Figura 6 – Mapa Geológico de Pouso Alegre

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 paragneisse 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 típico 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 textura média/argilosa presente em regiões de floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado e ondulado.

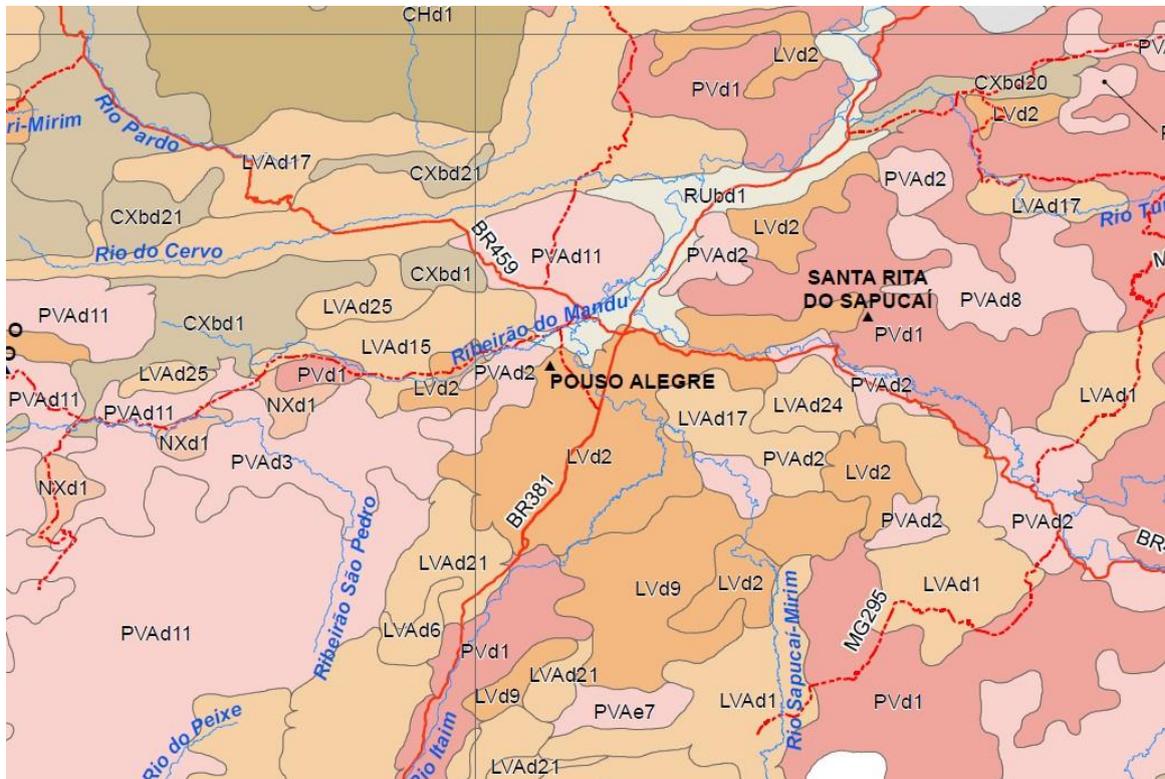


Figura 7 – Mapa pedológico de Pouso Alegre

Fonte: UFV, 2010.

Com o objetivo de caracterizar os solos ocorrentes no subleito da via projetada, as amostras deformadas foram submetidas a ensaios de identificação: umidade higroscópica, análise granulométrica, determinação dos limites de Atterberg e ensaio de Compactação.

Os resultados obtidos são apresentados no Anexo I.

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, para a bacia de projeto com área de 0,015 Km², 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 à 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 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 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 0,90, conforme valores indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento superficial

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	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%	0,15 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 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 de para diferentes tipos de tempos de concentração e tempos de retorno. Estes 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 a sua 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 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. Assim, a Tabela 2 apresenta os valores determinados para a vazão em metros cúbicos por segundo (m³/s).

Tabela 2 – Cálculo de vazão

SUB-BACIA	C	I (mm/h)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
SB-A	0,90	115,478	2311,58	0,067
SB-B	0,90	115,478	2144,32	0,062
SB-C	0,90	115,478	1851,25	0,053
SB-D	0,90	115,478	1854,84	0,054
SB-E	0,90	115,478	1013,44	0,029
SB-F	0,90	115,478	1021,43	0,030
SB-G	0,90	115,478	1241,69	0,036
SB-H	0,90	115,478	1231,94	0,036
SB-I	0,90	115,478	1157,96	0,033
SB-J	0,90	115,478	1157,86	0,033

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 Avenida Wagner Brandão Bueno e a Rodovia MG-290 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, fundamenta para que o planejamento do sistema viário seja baseado na identificação das necessidades de deslocamento.

A via projetada neste trabalho visa compor o sistema viário local atendendo ao Bairro Nossa Senhora Guadalupe de forma funcional e classifica-se como via coletora, com velocidade diretriz de 40 Km/h.

5.2.1. VEÍCULO DE PROJETO

O veículo de projeto adotado foi o veículo tipo SR, denominado genericamente por Semirreboque. Representa os veículos comerciais articulados, com comprimento próximo ao limite para veículos articulados, sendo constituídos normalmente de uma unidade tratora simples com um semirreboque.

A consideração de um ou outro tipo de veículo para fins de balizamento do projeto geométrico de uma via depende fundamentalmente da finalidade da via e dos volumes (e composições) previstos pelo tráfego a ser por ela atendido.

Este tipo de veículo possui raio mínimo de giro de 6,00 m, este parâmetro influencia diretamente nos raios mínimos de curvatura projetados para a via. Devido a este fator o raio mínimo de curvatura utilizado no projeto foi de 6,00m.

5.2.2. LARGURA DA VIA

A largura da via foi definida tendo como base o caderno de encargos da Prefeitura Municipal de Pouso Alegre, atentando-se para as possibilidades geométricas locais e as características econômicas necessárias.

Assim, a largura final definida é apresentada na Figura 9 que se segue:

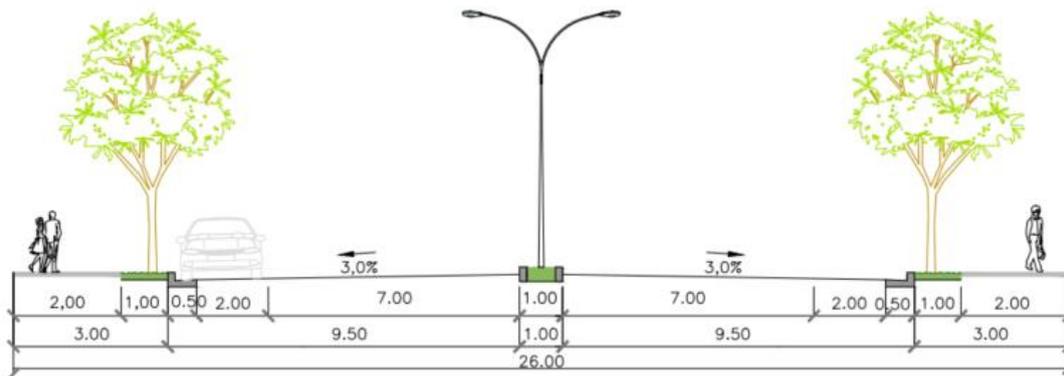


Figura 8 – Seção Transversal da Via

5.2.3. VELOCIDADE DIRETRIZ

Para que o veículo de projeto (SR) consiga prosseguir sob o raio de curvatura mínimo de projeto (6,00 m) a velocidade diretriz da via deve ser de 40 km/h.

5.3. APRESENTAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico está apresentado nas pranchas 02-FAPEPE-PMPA-JIR-GEO-PE-R00, 03-FAPEPE-PMPA-JIR-GEO-PE-R00 e 04-FAPEPE-PMPA-JIR-GEO-PE-R00, contendo os elementos a seguir:

5.3.1. EMPLANTA:

- 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. Através deste 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.

Na prancha 02-FAPEPE-PMPA-JIR-GEO-PE-R00 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 antierosivos 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 enleivamento.

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 tipos e através do programa computacional Autocad Civil 3D, são 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 05-PMPA-JIR-TRP-PE-R00.

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..... 21.145,96 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..... 3.663,89 m³
- Volume de bota-fora.....17.482,07 m³

- Área de plantio de grama para recobrimento dos taludes..... 8.016,00 m³
- Área de plantio de grama para recobrimento dos canteiros..... 2.634,37 m³

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

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

Neste projeto foi considerado o valor de 27%, por se tratar de material argiloso.

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 DO 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 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 e 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 a nível freático e não previsto no projeto, será requerida 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 do 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 23,9%), CBR \geq 11% 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 nº 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 ao mesmo.

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 9

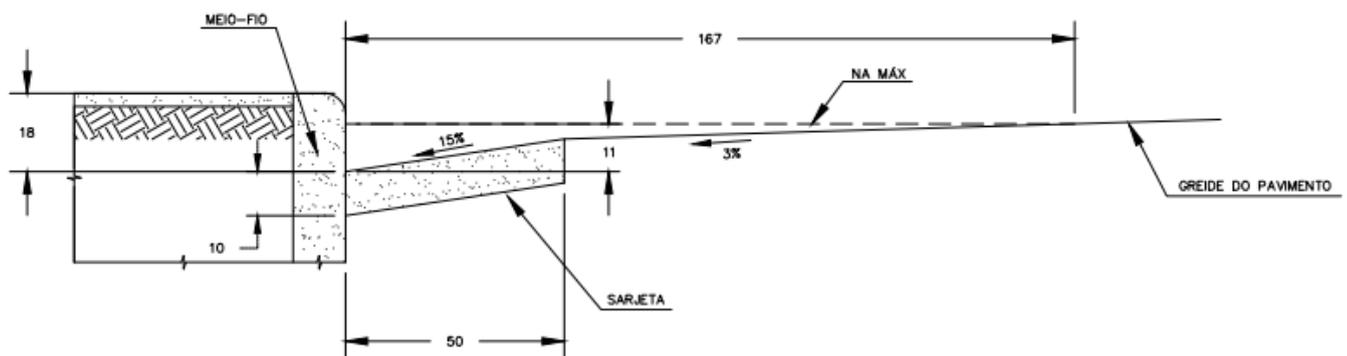


Figura 9: Sarjeta tipo B

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

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

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 10), 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 11.

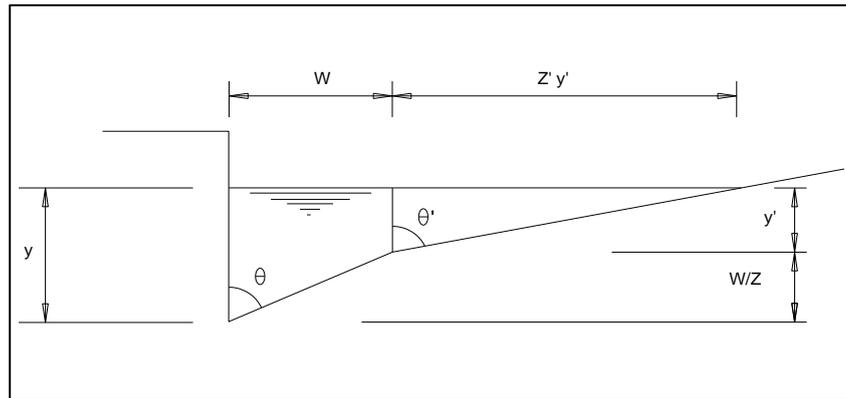


Figura 10: Característica hidráulica da sarjeta.

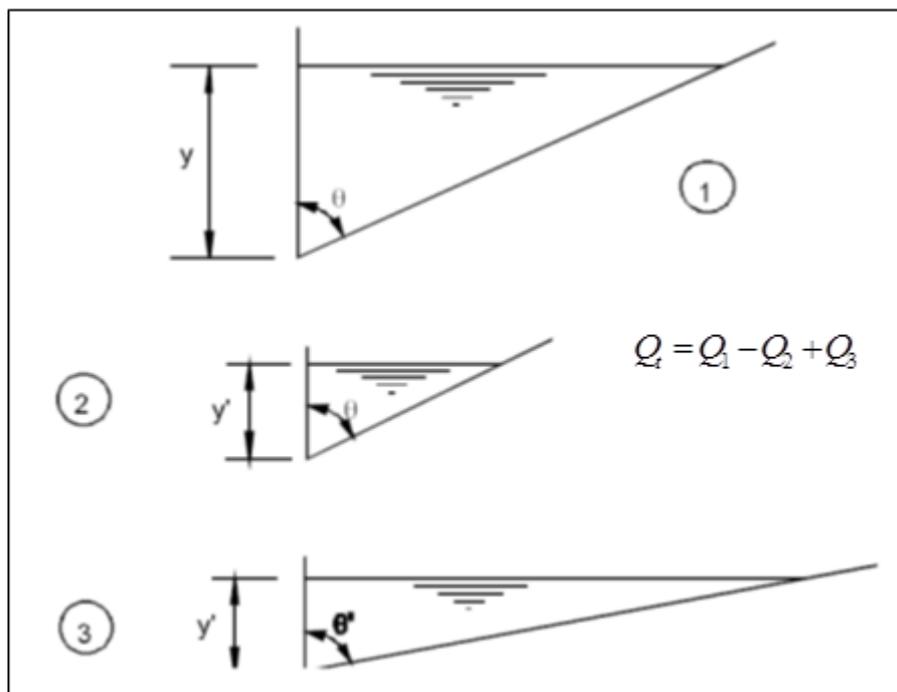


Figura 11: Detalhes hidráulicos das sarjetas.

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. A Tabela 3 representa esta verificação.

Tabela 3 - Verificação da capacidade de escoamento da sarjeta.

Sub-bacia	Declividade média	Área de influência [m ²]	Área máxima[m ²]	Verificação
A	10,52%	2564,15	6198,42	Ok
B	11,36%	1891,75	6441,14	Ok
C	5,18%	1851,25	4349,49	Ok
D	5,40%	1854,84	4440,89	Ok

Sub-bacia	Declividade média	Área de influência [m ²]	Área máxima[m ²]	Verificação
E	5,10%	1013,44	4315,77	Ok
F	5,32%	1021,43	4407,87	Ok
G	5,10%	1241,69	4315,77	Ok
H	4,52%	1231,94	4062,96	Ok
I	3,11%	1157,96	3370,18	Ok
J	3,00%	1157,86	3310,05	Ok

7.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS GALERIAS

O dimensionamento hidráulico é realizado junto à verificação das vias considerando simultaneamente os tópicos a seguir.

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 utilizado.

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 3%.

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 à 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. Porém, se a declividade for acentuada e a velocidade ultrapassar o limite máximo recomendado é necessário à 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:

- $V_{\text{mín.}} = 0,75$ (m/s);
- $V_{\text{máx.}} = 6,00$ (m/s) (ou velocidade de seção plena).

A velocidade pode ser calculada através da Equação 3.

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

Equação 3 - Velocidade

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 4:

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

Equação 4 - Raio hidráulico

Em que:

A_m – Área da seção molhada (m^2);

P_m – Perímetro molhado (m).

O coeficiente de rugosidade é adotado conforme o material empregado no dispositivo, como determinado na Tabela 4.

Tabela 4– Valores do coeficiente de rugosidade para diferentes materiais de revestimento

Material	(n)	Coeficiente
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 a seguir.

$$Q = v \cdot S$$

Equação 5

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 à 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, será considerado o recobrimento mínimo de 1,0 metro acima da geratriz superior do tubo, de forma a garantir a segurança estrutural das galerias.

7.2.7. DESCARTE

O descarte será realizado em uma galeria já existente conforme mostra o projeto.

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 Engº Murilo Lopes Souza, baseado nas características de resistência dos solos de fundação, dos materiais de constituição do pavimento e do volume e do 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.

8.2. PARÂMETROS DE 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 o Quadro 1.1 apresentado abaixo:

Quadro 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	2,70 x 10 ⁴ a 1,40 x 10 ⁵	10 ⁵
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	1,40x 10 ⁵ a 6,80x 10 ⁵	5 x 10 ⁵
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	1,4 x 10 ⁵ a 3,1 x 10 ⁶	2 x 10 ⁶
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	1,0 x 10 ⁷ a 3,3 x 10 ⁷	2 x 10 ⁷
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	3,3 x 10 ⁷ a 6,7 x 10 ⁷	5 x 10 ⁷
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3 x 10 ⁶ (1)	10 ⁷
	VOLUME PESADO	12		> 500		5 x 10 ⁷	5 x 10 ⁷

Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2004.

A partir do estudo trafego (ANEXO II) e a projeção futura de utilização da via após a pavimentação, foi considerado o trafego de Vias Coletoras e Estruturais (MEIO PESADO). O valor de número N para o período e especificações de projeto citado acima obtido foi de **N = 2 x 10⁶**.

8.2.2. ÍNDICE DE SUPORTE DO SUBLEITO (CBR)

Para o dimensionamento do pavimento da Avenida João Inácio Raimundo foi obtido o valor de CBR de 11,30 %, através dos ensaios geotécnicos (ANEXO I), realizado pela empresa BETONLAB (Laboratório de controle tecnológico de materiais).

8.3. DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS DOS PAVIMENTOS

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 8-1 que se segue.

Tabela 8-1 – 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 2×10^6 , como aponta a estimativa de tráfego, portanto será utilizado uma camada de Revestimento betuminoso com 5,0 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 H_m , H_n , e H_{20} são obtidas através do ábaco apresentado na Figura 12 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento, onde a espessura é função do número “N” e do valor do CBR do subleito, da sub-base ou do reforço do subleito.

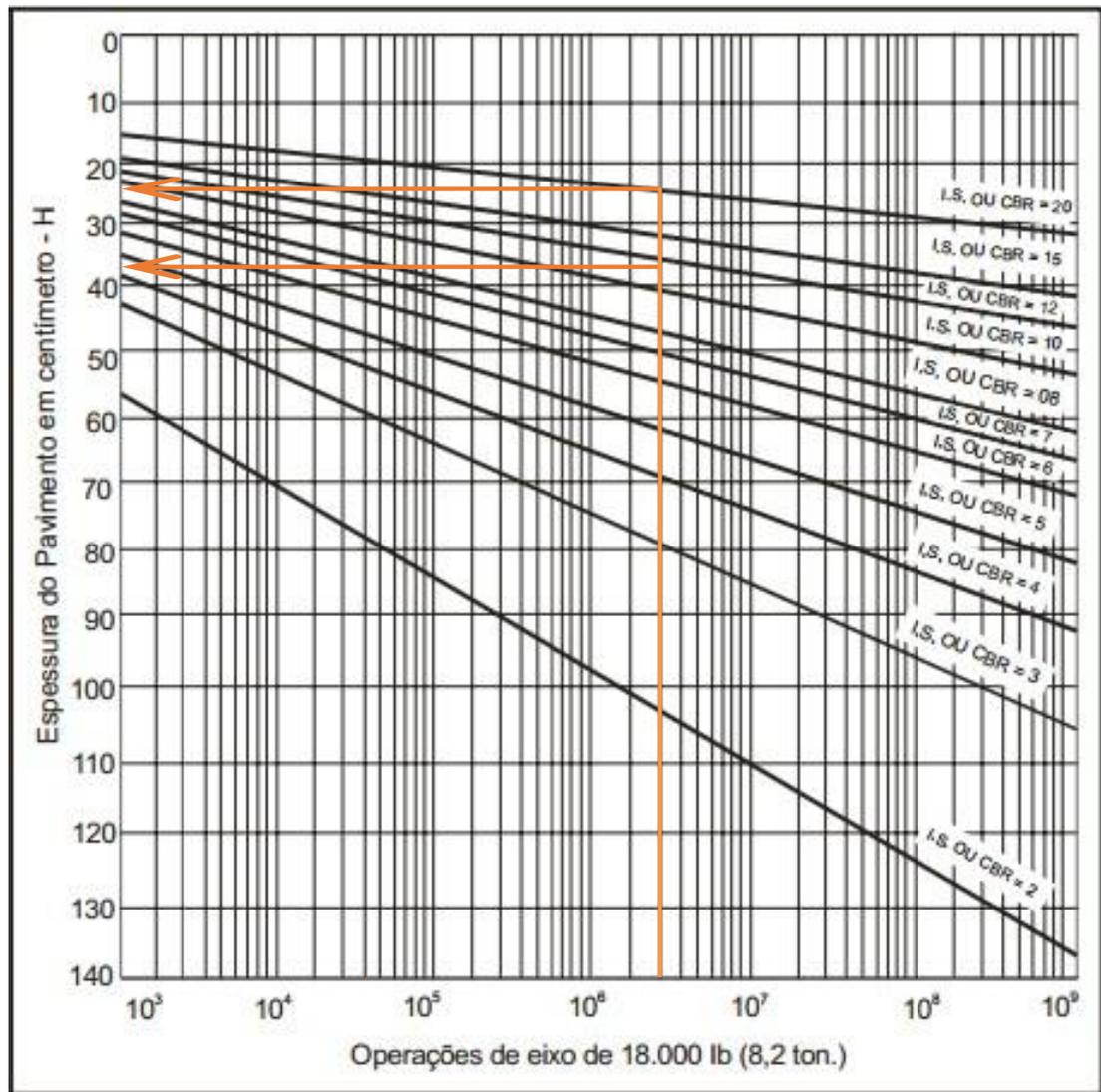


Figura 12 – Ábaco de determinação da espessura do pavimento

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 8-2 que se segue.

Tabela 8-2 - Coeficientes k

Componentes do Pavimento	Coeficiente k
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2
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 = 11,30 %.

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

5,0 cm de Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ.

Base

15 cm de Base de Brita Graduada Simples - BGS. (CBR \geq 80%, Expansão \leq 0,5%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

Sub-Base

15 cm de Solo-Brita 50%/50% (CBR \geq 30%, Expansão \leq 1,0%, Compactação a 100% Proctor Intermediário).

A seguir apresentam-se as camadas da Seção Transversal Tipo dos pavimentos projetados:

DETALHE 1 - PAVIMENTO TIPO 1
VIA - SEM ESCALA



Figura 13 - Pavimento Tipo Via

8.3.1. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DAS CALÇADAS

Por se tratar de vias exclusivas para pedestres, o tráfego é considerado leve, assim adotou-se o pavimento com resistência característica à compressão simples (f_{ck}), medida aos 28 dias de idade, de 15 a 20 MPa e os procedimentos de implementação devem seguir as premissas da NBR 14931 - Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento.

A Figura 14 que se segue apresenta os croquis de dimensionamento do pavimento adotado:

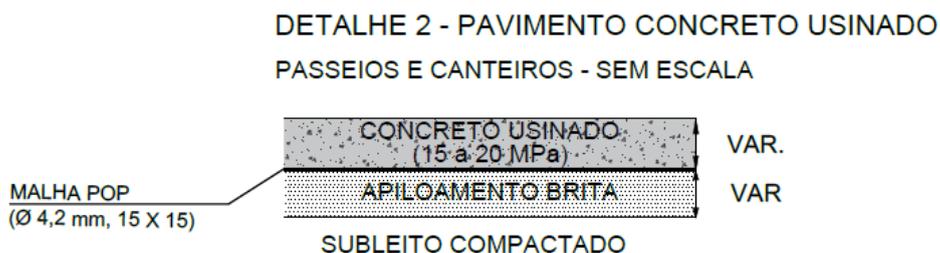


Figura 14 – Pavimento Concreto Usinado Calçada de 5 cm

Para o confinamento do pavimento serão instaladas guias de concreto. Devem apresentar cantos arredondados, criando um todo harmonioso com os pisos intertravado e valorizando o trabalho de paisagístico. As guias deverão ser de concreto de boa qualidade e bem acabados. Por essa razão, é desejável que sejam pré-moldados ou moldados no local, devendo ser fabricadas com

concreto de resistência característica à compressão simples (fck), medida aos 28 dias de idade, igual ou superior a 25 MPa.

8.3.2. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS

Para a execução das camadas deverá seguir atentamente as seguintes especificações de serviço:

- Pavimento Flexível: Mistura Asfálticas a Quente - DNER - ES 031/06;
- Imprimação Impermeabilizante – DNIT – ES 144/14;
- Solo Brita – DNIT – ES 303/97;
- Brita Graduada Simples – ET-DE-P00/008;
- Preparo do Subleito – DNIT – ES 299/97.
- Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento - ABNT - NBR 14.931.

Obs.: A Especificação de Serviço ET-DE-P00/008 indicada para a execução da camada de BGS, pertence ao Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. Esta especificação foi escolhida devido ao fato de que a revisão da especificação de serviço desse material no DNIT ainda não está aprovada.

9. PROJETO DE PAISAGISMO

O projeto de paisagismo em um empreendimento é de relevante importância, visto que as espécies arbóreas implantadas no mesmo possuem um grande valor social e ambiental. O plantio de espécies arbóreas proporciona um maior conforto ambiental para os ocupantes do empreendimento e demais indivíduos da região, visto que através deste é possível efetuar a manutenção da temperatura média local, qualidade do ar, aspecto visual, porte, dimensões das vias, entre outros efeitos.

O projeto em questão buscou embasamento em artigos técnicos científicos e cartilhas as quais possam orientar ao desenvolvimento do mesmo, sendo entre eles o Manual de Arborização Urbana do Estado de São Paulo e Manual de Arborização da CEMIG.

9.1. CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

A fim de se manter uma maior diversificação das espécies, com intenção de diminuir a perda arbórea devido a proliferação de pragas ou doenças, adotou-se alguns parâmetros sugeridos pelo Manual de Arborização da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), tais são:

- 10% (dez por cento) da mesma espécie;
- 20% (vinte por cento) do mesmo gênero;
- 30% (trinta por cento) da mesma família.

Para uma correta elaboração de tal projeto, alguns outros critérios foram adotados, assim como:

- Escolha de espécies nativas, as quais o bioma local seja adequado para as mesmas;
- Escolha de espécies exóticas que possam se desenvolver plenamente na região;
- Escolha de espécies com porte adequado para o sistema viário projetado;
- Espécies com potencial ornamental e funcional;
- Disponibilidade de tais espécies em viveiros próximos ao empreendimento.
- Distribuição intercalada das espécies.

Por orientação da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), quando o eixo da rua estiver no sentido Norte-Sul, deve-se locar a rede no lado Oeste, e quando o eixo da rua estiver no sentido Leste-Oeste, a rede será locado no lado Norte, deixando assim, o leste e sul destinado ao plantio das mudas.

9.2. ESPÉCIES ESCOLHIDAS

A escolha das espécies do sistema viário se deu de forma a indicação das espécies que melhor supram as necessidades provenientes do sistema viário, como sombreamento, adequação com os demais projetos. Assim, a

Tabela 9-1 que se segue apresenta as espécies escolhidas para o plantio:

Tabela 9-1 - Espécies escolhidas para plantio

ESPÉCIES	FAMÍLIA	GÊNERO	NOME CIENTÍFICO	QUANT.
PATA DE VACA	Fabaceae	Bauhinia	Bauhinia blakeana	12
QUARESMEIRA	Melastomataceae	Tibouchina	Tibouchina granulosa	11
MANACÁ DA SERRA	Melastomataceae	Tibouchina	Tibouchina mutabilis	09
RESEDÁ	Lythraceae	Lagerstroemia	Lagerstroemia indica	10
MAGNÓLIA	Magnoliaceae	Magnólia	Magnólia spp	10
JACARANDÁ MIMOSO	Bignoniaceae	Jacarandá	Jacarandá mimosaefolia	08
FLAMBOYANTZINHO	Fabaceae	Caesalpinia	Caesalpinia pulcherrima	10
NOIVINHA	Tyrannidae	Xolmis	Euphorbia leucocephala	11
IPÊ AMARELO	Bignoniaceae	Handroanthus	Handroanthus albus	11
JASMIM MANGA	Apocynaceae	Plumeria	Plumeria rubra	11
JACARANDÁ-DE-MINAS	Bignoniaceae	Jacarandá	Jacaranda cuspidifolia	12
IPÊ ROSA ANÃO	Bignoniaceae	Tabebuia	Tabebuia avellanadae	12
FALSO BARBATIMÃO	Fabaceae	Cassia	Cassia leptophylla Vogel	11

Para a vegetação rasteira foi escolhida a grama amendoim, uma forragem com pequenas flores amarelas. Este tipo de gramínea não necessita de podas periódicas como os outros tipos de grama e tem crescimento muito rápido: por volta de três meses.

9.3. ESPECIFICAÇÕES DE PLANTIO

9.3.1. FORNECIMENTO

- A vegetação deve ser sadia e estar em pleno desenvolvimento, não devendo apresentar formas raquíticas e pragas.
- As mudas devem ser plantadas o mais rapidamente possível. A permanência das mudas no local da obra não poderá exceder um período superior a 48h.
- Todas as mudas deverão ser fornecidas com embalagens onde o sistema radicular esteja consolidado no substrato.
- A altura mínima e o DAP das árvores (diâmetro à altura do peito) deverão, no mínimo e obrigatoriamente, 1,50 e 0,20 m.

9.3.2. PREPARO GERAL DO SOLO

- O terreno deverá ser limpo em sua totalidade; devendo ser retirados os restos de construção, lixo, pedras e resíduos vegetais.
- Mapear todas as interferências subterrâneas de instalações elétricas, hidráulicas, etc, a fim de evitar danificações durante a execução do plantio.
- A camada superficial das áreas ajardinadas deverá ser constituída por terra de boa qualidade, com espessura mínima de 0,15m.
- Revolver a terra a uma profundidade mínima de 0,25m, e incorporar calcário dolomítico na quantidade de 120g/m², para atingir ph=6,5 e matéria orgânica na proporção de 500g/m².
- Aguardar no mínimo 10 dias, antes de iniciar o plantio, mantendo o solo úmido. Antes de o plantio deixar a terra regularizada em nível.

9.3.3. PLANTIO

- A cova das árvores e palmeiras deverá ter, quando possível, 0,80 x 0,80 x 0,80m.
- Adicionar adubo na seguinte proporção: 1 kg de adubo orgânico por cova, 300 g de adubo mineral npk-10-10-10 por cova.
- Colocar a muda na cova nivelando o colo com a parte superior da terra. Seguir as distâncias das mudas e especificações do projeto.
- As mudas de árvores e palmeiras deverão ser protegidas com a utilização de tutores.
- Irrigar as espécies plantadas de acordo com a necessidade, mantendo o solo levemente úmido.

9.3.4. PLANTIO DAS GRAMÍNEAS - TALUDES

- Os interstícios das placas de grama deverão ser preenchidos com a mistura de terra na seguinte proporção por m³ de terra: 1/4 matéria orgânica e 3/4 de terra tipo solo.
- Após o plantio, compactar as placas levemente com soquete, de forma a pressioná-las contra a terra, sem haver compactação excessiva, e cobrir o gramado com solo leve ou areia grossa.
- Nota: irrigar, no máximo 24 hs após o plantio, com quantidade de água e frequência necessárias a garantir o correto desenvolvimento das espécies plantadas.
- Toda a grama plantada nas áreas de talude deverá ser estaqueada nas 4 extremidades de cada tapete.

9.3.5. PLANTIO DAS GRAMÍNEAS – CANTEIRO E FAIXA VERDE

- A irrigação inicial deve ser abundante e diária até o surgimento dos primeiros brotos. Depois, a periodicidade será variável de 1 a 4 vezes por semana, de acordo com a temperatura e umidade do ar.
- Limpar periodicamente todas as áreas, removendo o lixo dos canteiros, ervas daninhas e pragas.
- Todas as árvores deverão ser limpas periodicamente, visando a redução do número de galhos finos ou ramos ladrões.
- Irrigar o gramado abundantemente após a cobertura.

10. 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.

10.1. 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.

10.1.1. LINHA DE RETENÇÃO - LRE

A Linha de Retenção (LRE) tem a função de indicar o limite de parada do veículo. Tem cor branca e largura de 40 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 LRE também pode ser utilizada em locais onde houver necessidade por questões de segurança.

A Figura 15 apresenta o posicionamento da LRE em relação às faixas de travessia de pedestres.

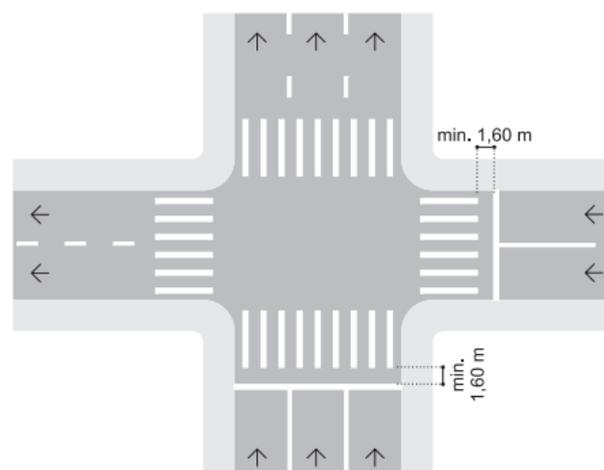


Figura 15 - Posicionamento de Linha de Retenção (LRE)

10.1.2. LINHAS DE SEPARAÇÃO DE FLUXO DE SENTIDOS OPOSTOS

10.1.2.1. LINHA SIMPLES CONTÍNUA – LFO-1

A Linha Simples Contínua (LFO-1), apresentada na Figura 16, ordena fluxos de sentido oposto na situação em que são proibidas a ultrapassagem e a mudança de faixa, por comprometer a segurança viária. Sua largura de linha varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. Para a Avenida João Inácio Raimundo, onde a velocidade limite é de 40km/h, a largura estabelecida será de 0,10 m.

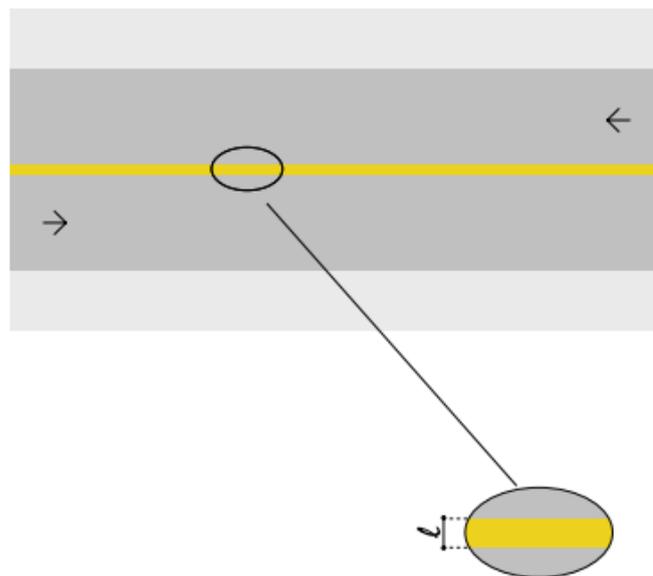


Figura 16 - Exemplo de Faixa LFO-1.

Fonte: Denatran, 2007.

10.1.3. LINHAS DE SEPARAÇÃO DE FLUXO DE MESMO SENTIDO

10.1.3.1. LINHA SIMPLES CONTÍNUA – LMS-1

A Linha Simples Contínua (LMS-1), exposta na Figura 18, ordena fluxos de mesmo sentido na situação em que a ultrapassagem e a mudança de faixa são proibidas. Sua largura (l) varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. Para a Avenida João Inácio Raimundo, onde a velocidade limite é de 40 km/h, a largura estabelecida será de 0,10 m.

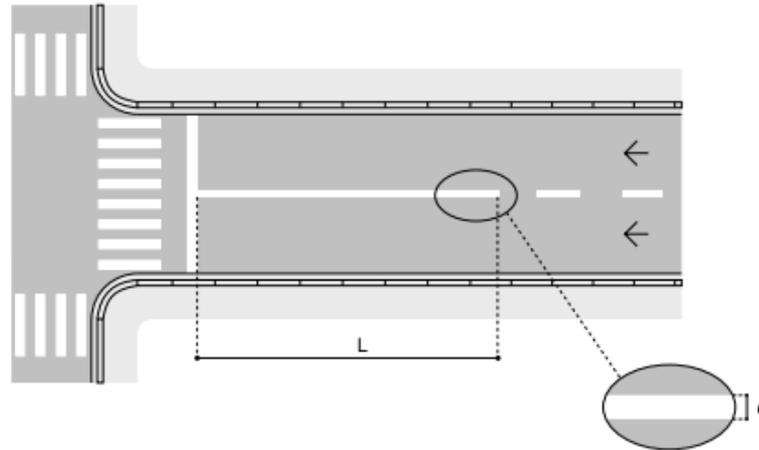


Figura 17 – Linha Simples Contínua (LMS-1).

Fonte: Denatran, 2007.

10.1.3.2. LINHA SIMPLES SECCIONADA – LMS-2

A Linha Simples Seccionada (LMS-2), exposta na Figura 18, ordena fluxos de mesmo sentido na situação em que a ultrapassagem e a mudança de faixa são permitidas. Sua largura de linha varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. Para a Avenida João Inácio Raimundo, onde a velocidade limite é de 40 km/h a largura estabelecida será de 0,10 m.

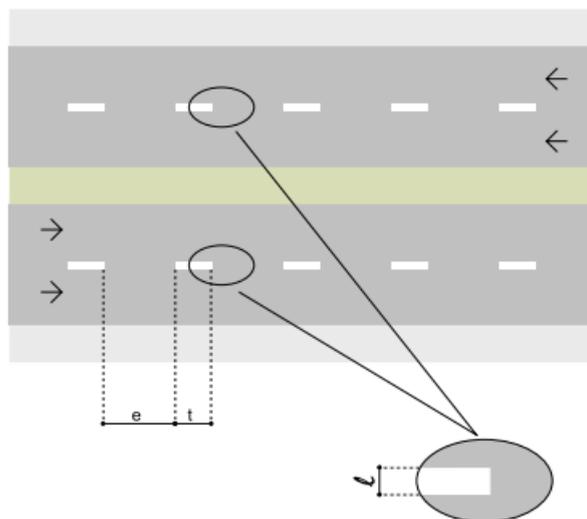


Figura 18 - Exemplo de Faixa LMS-2.

Fonte: Denatran, 2007.

10.1.4. LINHA DE BORDO - LBO

A Linha de Bordo (LBO), exposta na Figura 19, delimita a parte da via destinada ao deslocamento de veículos, estabelecendo seus limites laterais. Sua

largura de linha varia de acordo com a velocidade regulamentada na via. Para a Avenida João Inácio Raimundo, onde a velocidade limite é de 40 km/h, a largura estabelecida será de 0,10 m. Seu afastamento em relação a guia varia de acordo com a situação, quando existir barreira física, esta deverá distar no mínimo 0,30 m de seu limite, do contrário, o distanciamento usual será de 0,10 a 0,20 m.

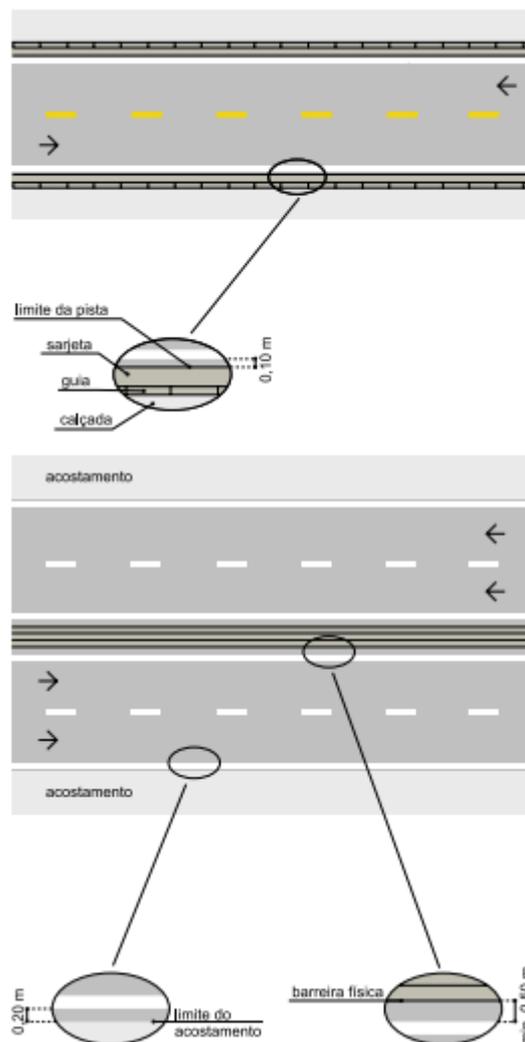


Figura 19 - Exemplo de Faixa LBO.

Fonte: Denatran, 2007.

10.1.5. ZEBRADO DE PREENCHIMENTO DA ÁREA DE PAVIMENTO NÃO UTILIZÁVEL – ZPA

O ZPA é responsável pelo destaque da área interna às linhas de canalização, reforça a ideia de área não utilizável e direciona os condutores para o correto posicionamento na via. Conforme apresentado na Figura 20, suas linhas são inclinadas 45° em relação ao tráfego, sua largura de linha interna (A) varia entre 0,30

e 0,50 m, enquanto a distância entre linhas (B) varia entre 1,10 e 3,50 m.

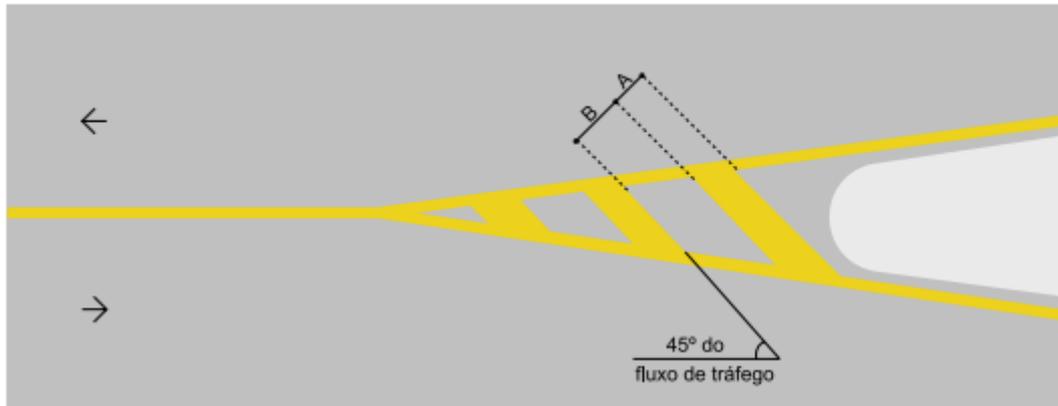


Figura 20 - Exemplo de ZPA.

Fonte: Denatran, 2007.

10.1.6. FAIXA DE TRAVESSIA DE PEDESTRES – FTP

A Faixa de travessias de Pedestres tem a função de delimitar a área de travessia segura para os pedestres e regulamenta a prioridade de passagem dos mesmos em relação aos veículos. Para o projeto de sinalização da Avenida João Inácio Raimundo, foi utilizada a FTP do tipo Zebrada (FTP 1), com largura de 30 cm e espaçamento entre elas de 50 cm, conforme exibido na Figura 21. A extensão mínima das linhas é de 3,00 m.

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

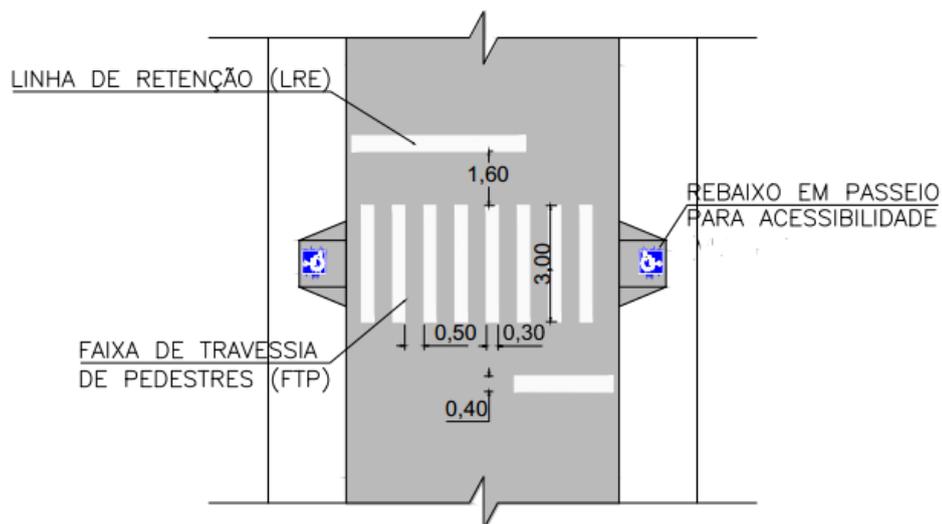


Figura 21 - Faixa de Travessia de Pedestres do Projeto.

Fonte: Denatran, 2007.

10.1.7. LEGENDA “PARE”

Colocado em todos os pontos de parada, mesmo aqueles que poderiam dispensar a sinalização pelo baixo fluxo de tráfego. Nos locais indispensáveis é acompanhada de sinalização vertical.

O sinal de pare para cruzamento rodoviários deverá apresentar texto em tamanho 2,40 m. A Figura 22 representa uma seção tipo com a legenda de “PARE”.

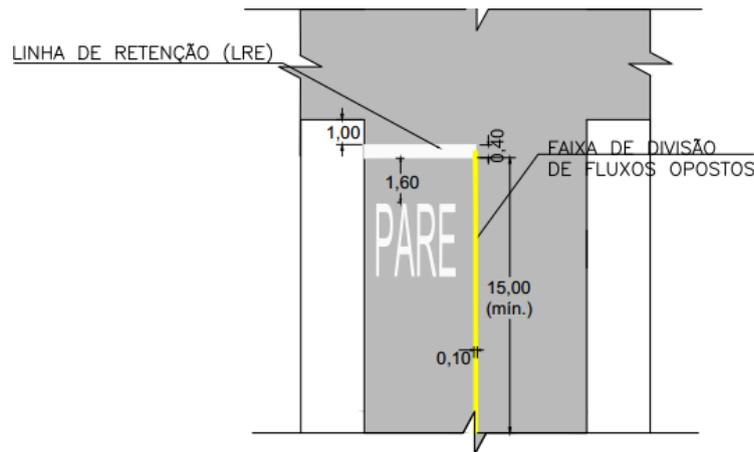


Figura 22 - Legenda "Pare"

Fonte: Denatran, 2007.

10.1.8. SÍMBOLO “DÊ A PREFERÊNCIA”

Utilizado para reforçar a sinalização vertical R-2 – “Dê a preferência”, que será especificada em seção posterior. O detalhamento da pintura é dado na Figura 23.

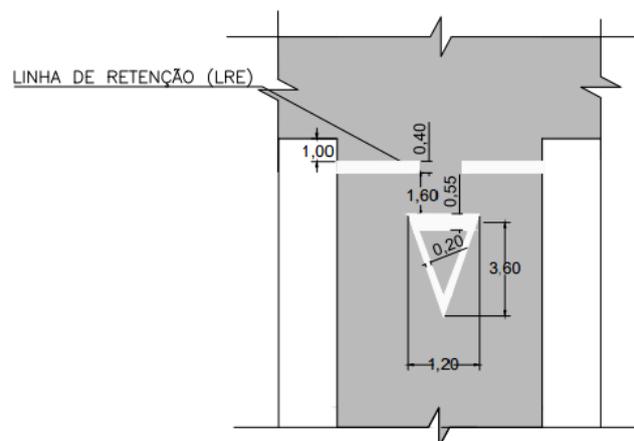


Figura 23 - Símbolo "dê a preferência"

Fonte: Denatran, 2007.

10.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL

A sinalização vertical tem a função de indicar, regulamentar e advertir sobre as movimentações de tráfego através de dispositivos verticais alocadas nas laterais das pistas.

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. Esta inclinação tem por objetivos assegurar boa visibilidade e leitura dos sinais, evitando o reflexo especular que pode ocorrer com a incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa. O afastamento lateral das placas, medido entre a borda lateral da mesma e 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 à Avenida João Inácio Raimundo.

10.2.1. PARADA OBRIGATÓRIA – R-1

A placa de parada obrigatória (R-1), como intui a nomenclatura, regulamenta a parada dos veículos antes de entrar ou cruzar a pista.

Os lados do octógono que constitui 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. A Figura 24 apresenta detalhamento dessas placas.

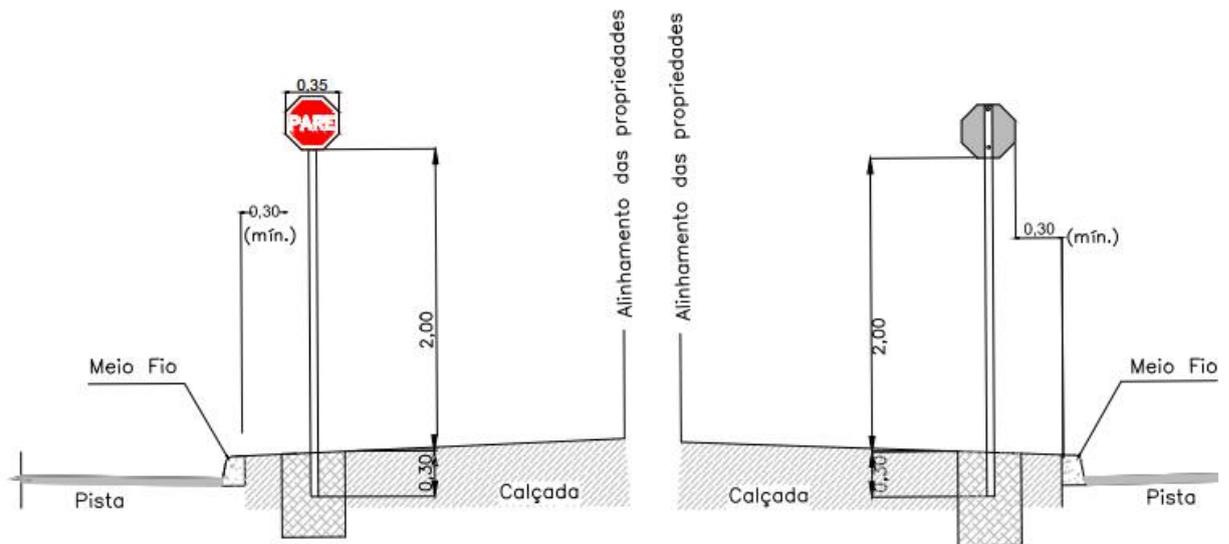


Figura 24 - Placas de Parada Obrigatória.

Fonte: Denatran, 2007.

10.2.2. REGULAMENTAÇÃO DE VELOCIDADE – R19

A Placa de regulamentação de velocidade (R-19) tem como função determinar a velocidade máxima permitida na via.

10.2.3. PROIBIDO PARAR E ESTACIONAR – R-6C

Deve ser utilizada em locais onde, por motivos de segurança e/ou fluidez de tráfego, é necessário que se impeça a parada e o estacionamento de veículos.

10.2.4. ADVERTÊNCIA DE PASSAGEM SINALIZADA DE PEDESTRES – A-32B

O sinal adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de local sinalizado com faixa de travessia de pedestres.

10.3. REBAIXOS DE ACESSIBILIDADE

Nos locais onde estão presentes as faixas de pedestre serão instalados de ambos os lados da faixa, um rebaixo na calçada com rampas laterais conforme os detalhes representados na Figura 25 e Figura 26.

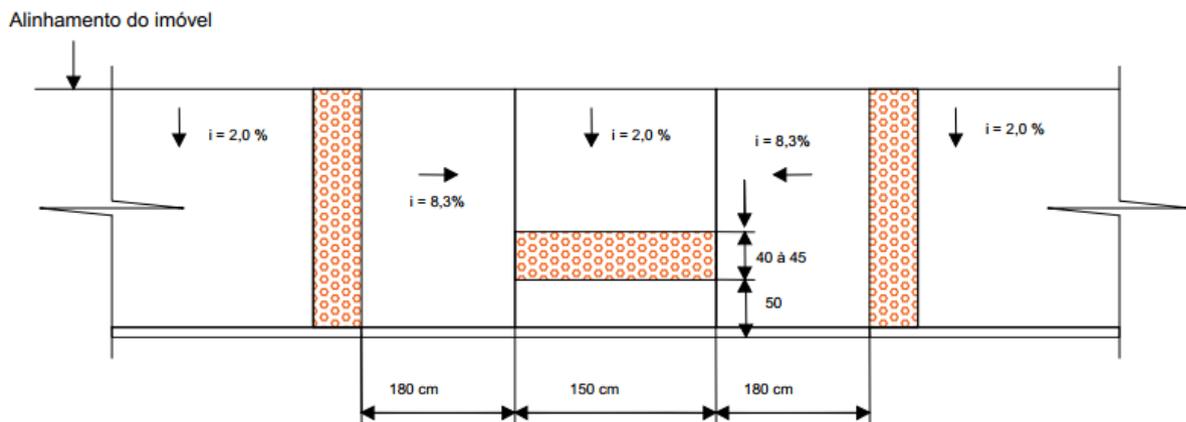


Figura 25 - Rebaixo para acessibilidade Tipo 2.

Fonte: Autor.

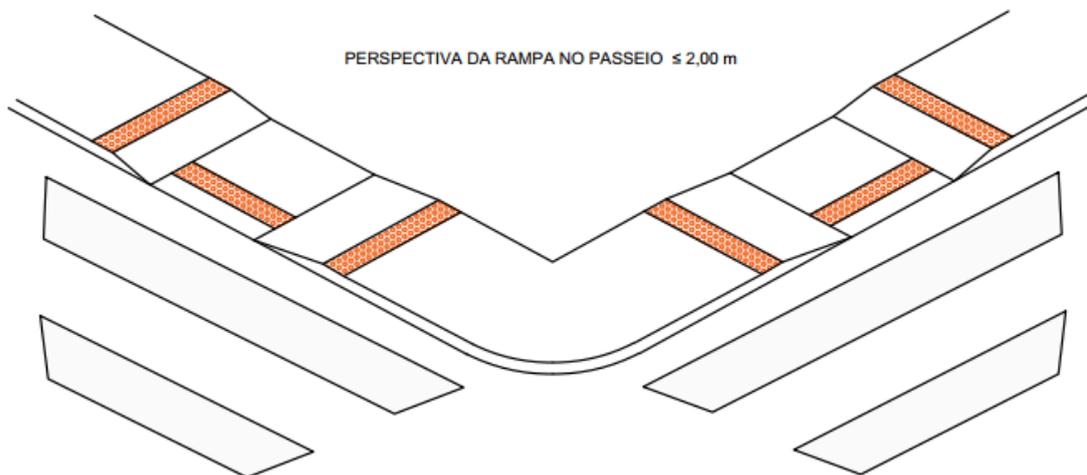


Figura 26 - Rebaixo para acessibilidade Tipo 2 - Perspectiva.

Fonte: Denatran, 2007.

11. 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.

ANEXO I – ESTUDO GEOTÉCNICO

ANEXO III – VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DAS VIAS

ANEXO IV – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE DRENAGEM

ANEXO V – MEMÓRIA DE CÁLCULO E QUANTITATIVOS DE DRENAGEM