



ANEXO I



PROJETO DE ENGENHARIA



Handwritten signature



**Pavimentação e Drenagem no Bairro
Lagoinha, no Município de
Horizonte/CE**

Volume – Planilha Orçamentária, Cronograma
Físico-Financeiro, Memória de Cálculo,
Composições de Preços Unitários, Composição do
BDI, Composição dos Encargos Sociais, ART's,
Relatório Fotográfico, Memorial Descritivo,
Especificações Técnicas e Peças Gráficas.

Dezembro/2021



**Pavimentação e Drenagem no Bairro
Lagoinha, no Município de
Horizonte/CE**

Volume – Planilha Orçamentária, Cronograma
Físico-Financeiro, Memória de Cálculo,
Composições de Preços Unitários, Composição do
BDI, Composição dos Encargos Sociais, Relatório
Fotográfico, ART's, Memorial Descritivo,
Especificações Técnicas e Peças Gráficas.

Junho /2022



TECH
PROJ
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/Ba. Rica

EQUIPE TÉCNICA

Produto: Projeto de Terraplenagem, Pavimentação e Drenagem de Águas Pluviais.

Empresa:

TECHPROJ Consultoria & Projetos Eireli.

Endereço:

Av. Santos Dumont, 1740, Sala 1107 - Aldeota.

Engenheiro Responsável:

Renato Cavalcante de Oliveira

Eng.º Civil e Sanitarista

Everton Jhons Goes Silva Soares

Eng.º Civil

Equipe técnica:

Karina Lima

Estagiária em Eng. Civil



TECH
PROJ
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

ÍNDICE

I. Apresentação	5
1. DADOS DA OBRA	6
2. LOCALIZAÇÃO DA OBRA	6
3. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO PROJETO	6
4. OBJETIVO DO ESTUDO	6
5. ESTUDOS BÁSICOS	7
II. Localização do Município	8-9
III. Projeto de Pavimentação	10
1. DETALHAMENTO CONSTRUTIVO	11-12
2. PROCESSO EXECUTIVO	12-14
IV. Projeto de Drenagem Pluvial	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS	17
3. METODOLOGIA	17
PREMISSAS HIDRÁULICAS E HIDROLÓGICAS	17-18
A. DEFINIÇÃO DAS BACIAS E SUB-BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO	18
B. INTENSIDADE DA CHUVA	18-19
C. TEMPO DE RETORNO	19-20
D. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	20
E. CÁLCULO DA VAZÃO DAS SUB-BACIAS	20-22
F. CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO	23
I. TRAÇADO DA REDE PLUVIAL	23
II. BOCAS DE LOBO	23-25
III. POÇOS DE VISITA	25-26
IV. CONDIÇÕES DE CÁLCULO HIDRÁULICO DA REDE	27-29
V. Dimensionamento Hidráulico da Rede de Drenagem	30-32
VI. Especificações Técnicas	33
1. SERVIÇOS PRELIMINARES	34
	3

f n



TESI
PROJ
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

1.1. LOCAÇÃO COM AUXÍLIO TOPOGRÁFICO	
1.2. RASPAGEM E LIMPEZA DO TERRENO	34
2. MOVIMENTO DE TERRA	34
2.1. ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAIS	34
2.2. COMPACTAÇÃO DE ATERROS	35
3. PAVIMENTAÇÃO EM PEDRATOSCA	36
3.1. PAVIMENTAÇÃO EM PEDRA TOSCA	36-37
3.2. REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUB-LEITO	38-39
3.3. ESCAVAÇÃO, CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAIS	39
3.4. SOLO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE (SOLO BASE)	39-42
4.0 LIMPEZA DA OBRA	43
4. OBRAS DE DRENAGEM	43
Meios fios pré-moldados	43
Bocas de Lobo	44
Galerias de Concreto Armado	44-46
Bocas de Bueiros (Alas de Lançamento)	46
Tubos de Ligação entre Poços de Visita e Boca de Lobo	46-47
VII. Planilha Orçamentária	48-50
VIII. Cronograma Físico-Financeiro	51-52
IX. Memória de Cálculo	53-61
X. Composições de Preços Unitários	62-71
XI. Composição do BDI	72-73
XII. Composição dos Encargos Sociais	74-75
XIII. Relatório Fotográfico	76-79
XVI. ART's	80-82
XV. Peças Gráficas	83



TEH PROJ
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

I. Apresentação



TEH PROJ
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

1. Dados da Obra

Este memorial refere-se às obras de Pavimentação e Drenagem do Bairro Lagoinha localizado no município de Horizonte/CE, conforme Planta de Localização em Anexo.

2. Localização da Obra

A referida obra será executada no Município de Horizonte/CE, conforme plantas de situação.

3. Descrição Sumária do Projeto

Este projeto apresenta-se em um único volume contendo os seguintes capítulos:

- + Apresentação;
- + Localização do Município;
- + Projeto de Pavimentação;
- + Projeto de Drenagem Pluvial;
- + Dimensionamento Hidráulico da Rede de Drenagem;
- + Especificações Técnicas;
- + Planilha Orçamentária;
- + Cronograma Físico-Financeiro;
- + Memória de Cálculo;
- + Composições de Preços Unitários;
- + Composição do BDI;
- + Composição dos Encargos Sociais;
- + Relatório Fotográfico;
- + ART's;
- + Peças Gráficas.

4. Objetivo do Estudo

Este projeto tem por objetivo determinar as áreas do empreendimento a serem pavimentadas, bem como os encaminhamentos das águas pluviais.

As informações que compõem o documento em pauta incluem:

- i. parâmetros utilizados para dimensionamento;
- ii. parâmetros ambientais e sociais
- iii. estudos topográficos e descrição do sistema proposto,

Compõe ainda os relatórios integrantes do projeto, um esclarecedor conjunto de mapas e figuras, onde pode-se verificar informações complementares de interesse para elaboração dos estudos.



TECH
PROJ
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

5. Estudos Básicos

Estudos Topográficos: O levantamento topográfico do local foi disponibilizado pelo contratante a esta empresa, sendo esse estudo utilizado como base topográfica para este projeto.

Estudos Ambientais: Os estudos ambientais deste projeto são de responsabilidade da Contratante.



TECH
PROU

Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

II. Localização do Município

8

A M



TECH PROJ
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

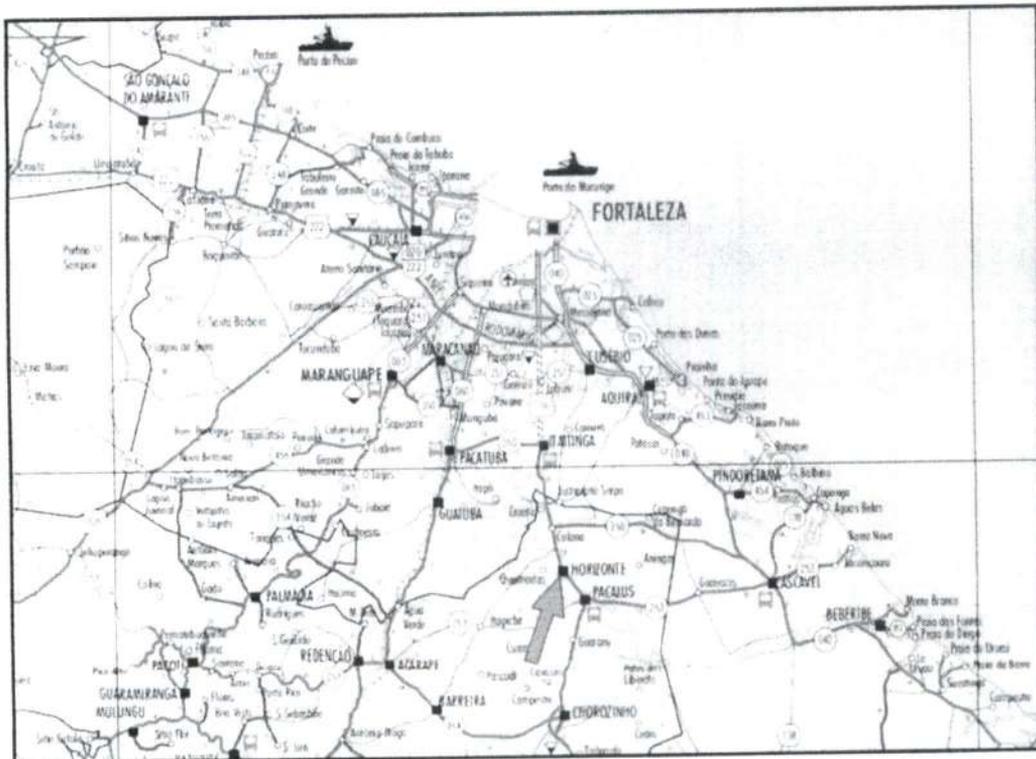


Localização do Município

HORIZONTE



Situação do Município



Acessos ao Município



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

III. Projeto de Pavimentação



TECH PROJ
Consultoria e Projetos



1. Detalhamento Construtivo

O Projeto de Pavimentação das ruas foi elaborado de acordo com as Instruções de Serviço para Projeto de Pavimentação do DER. Desse modo, definiu-se as camadas do projeto conforme detalhado na Tabela 1 e ilustrado na Figura 1.

Tabela 1 - Camadas de Pavimentação.

Camada	Material	Espessura	CBR mínimo
Revestimento	Pedra Tosca	10 cm	-
Pavimento	Colchão de Areia ou Pó de Pedra	15 cm	-
Base	Solo estabilizado granulometricamente	15 cm	80%

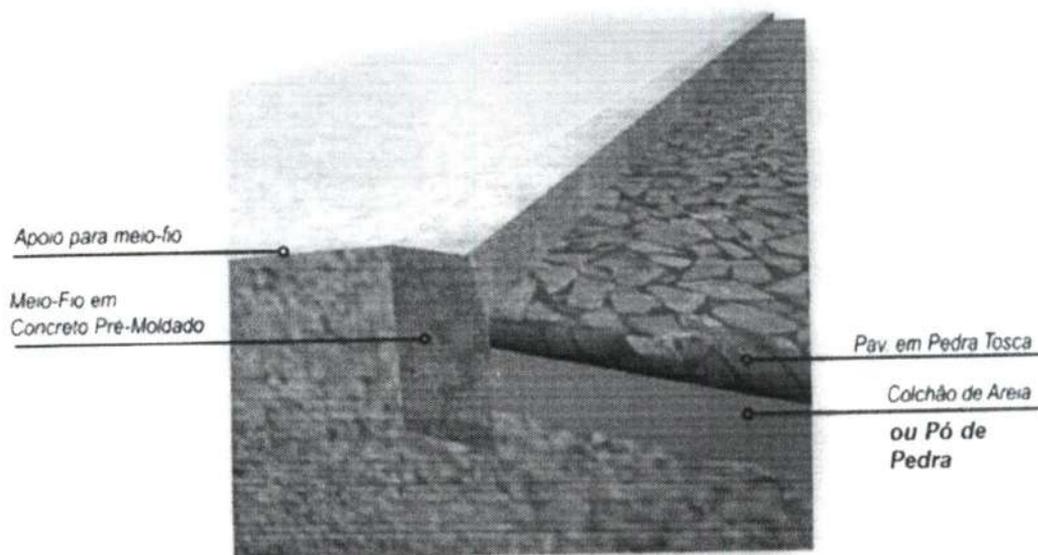


Figura 1 - Detalhe construtivo de Pavimentação em Pedra Tosca

Os serviços serão divididos em 2 etapas principais, onde a primeira será a regularização do Subleito com conformação geométrica da via e a segunda será a execução da camada de Base (15cm) e Revestimento em pedra tosca para atodas as ruas demarcadas do bairro.



TECH PROJ
Consultoria e Projetos



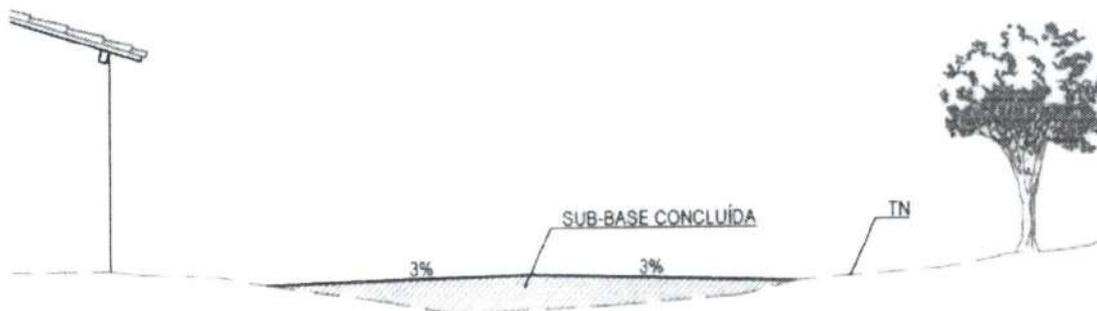
Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

O calçamento será executado com pedra granítica proveniente de pedreiras da região. Todo o material indicado será adquirido e transportado comercialmente. O colchão será executado com Areia ou pó de pedra em uma camada de 10 a 15 cm. Após a compactação, a camada de revestimento (colchão de areia ou pó de pedra e pedra tosca) deve ter espessura de 25 cm.

2. Processo Executivo

O processo construtivo seguiu o método especificado pela normativa DERT-ES-P 18/00 para pavimentos em pedra tosca e será detalhado nos itens a seguir:

1. Serviços Preliminares



As obras de terraplenagem, de drenagem de regularização e estabilização da camada que servirá de base do calçamento (geralmente uma camada de solo obedecendo as especificações de sub-base, DERT-ES-P 03/00) ou reconformação da plataforma, deverão estar concluídas.

Observação: Os serviços anteriores a pavimentação em pedra tosca dependerão do tipo de terreno a ser pavimentado.

2. Assentamento das Guias



As guias serão assentes em valas com a face que não apresente falhas voltada para cima.



TEPH
PRO
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte - PE

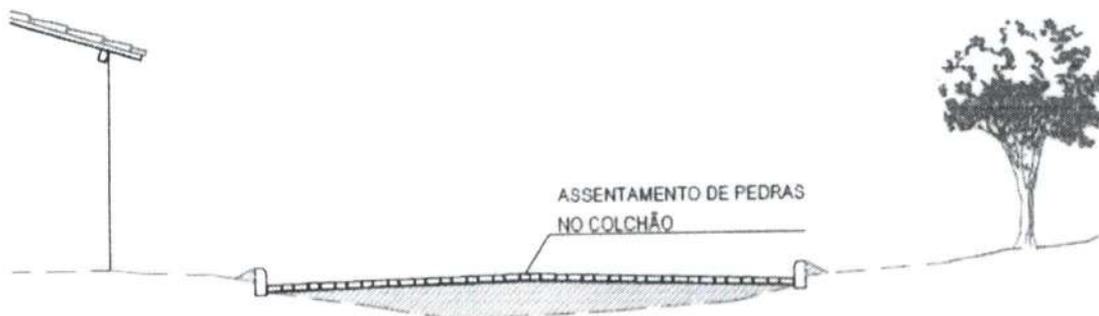
obedecendo o alinhamento e as cotas do projeto. As guias serão rejuntadas com argamassa de cimento e areia.

3. Colchão de Assentamento



A areia, satisfazendo as especificações, deverá ser transportada em caminhões basculantes, enleiradas na pista e espalhadas regularmente na área contida pelas guias, devendo a camada de areia ficar com espessura entre 10 e 15cm.

4. Assentamento de pedras



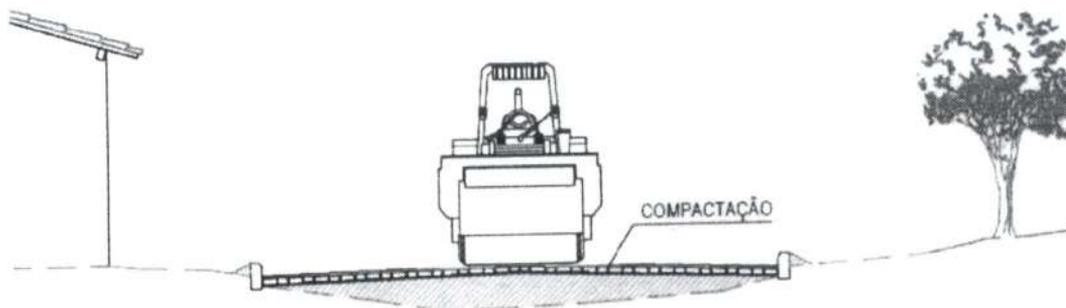
Os blocos de pedra tosca serão assentes sobre o colchão de areia ou pó de pedra em linhas perpendiculares ao eixo da pista, obedecendo as cotas e abaulamentos do projeto. Em tangente, o abaulamento será feito por duas rampas, opostas a partir do eixo, com declividade de 3% salvo outra indicação de projeto. Nas curvas, a declividade transversal será a indicada pela superelevação projetada.

5. Areia de Rejuntamento



Antes da compressão com rolo metálico, joga-se areia sobre o calçamento, em quantidade suficiente para preencher as juntas e formar uma camada sobre o calçamento de aproximadamente 2cm.

6. Compactação



As pedras sob a camada de areia devem ser batidas inicialmente com compactador manual tipo placa vibratória e em seguida passa-se o rolo compressor, começando pelo ponto de menor cota para o de maior cota na seção transversal. O número de passadas, assim executadas, é de 3 vezes no mínimo.



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

IV. Projeto de Drenagem Pluvial

1. Introdução

Em geral, a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais em nível de loteamento ou de rede primária urbana.

Neste tópico são apresentados os procedimentos convencionais utilizados no projeto de uma rede desse tipo. O dimensionamento da rede de águas pluviais deverá se basear nas seguintes etapas:

- a) subdivisão da área e traçado da rede coletora;
- b) determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- c) dimensionamento da rede de condutos.

Portanto, no presente texto é apresentada a terminologia utilizada, os elementos físicos do projeto, as definições e os procedimentos para a determinação da vazão de projeto, pelo Método Racional. Os principais termos utilizados no dimensionamento do sistema pluvial são:

- a) Galeria - Canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das Bocas de Lobo e das ligações privadas;
- b) Poço de Visita (PV) - Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações;
- c) Trecho - Porção da galeria situada entre dois poços de visita;
- d) Boca de Lobo (BL) - Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais;
- e) Tubos de ligação - São tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas Bocas de Lobo para as galerias ou poços de visita;
- f) Meio-fio - Elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio;
- g) Sarjetas - Faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas; 11
- h) Sarjetões - Calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas;
- i) Condutos - Obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto;



TESI PROJETO
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

2. Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos foram executados de acordo com o Manual de Drenagem Urbana (Cetesb, 1986), Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais (Tomaz, 2002) e Drenagem e Controle da Erosão Urbana (Fendrich *et al.*, 1997).

Este estudo abrangeu as seguintes etapas:

- Determinação das características das bacias hidrográficas:
 - Área de contribuição;
 - Extensão do talvegue principal;
 - Declividade média;
- Elaboração de cálculos, a partir dos dados obtidos e das determinações feitas, para conhecimento das condições em que se verificam o escoamento superficial.

A finalidade da orientação adotada no estudo é obter os elementos de natureza hidrológica que permitam dimensionar hidráulicamente as obras de drenagem a serem construídas:

- Bocas de lobo;
- Redes coletoras;
- Poços de Visita;
- Canais Exutórios;

3. Metodologia

Para a determinação dos elementos hidrológicos de cada bacia foi utilizado o software Autocad Civil 3D com utilização do plugin CADINFRA em conjunto com dados topográficos fornecidos. Utilizou-se ainda a curva IDF de Horizonte/CE conforme Batista 2018, para elaborar um modelo digital capaz de realizar a simulação e dimensionamento das estruturas hidráulicas previamente descritas.

Premissas Hidráulicas e Hidrológicas

Os modelos de escoamento direto descrevem como a água, que não evaporou, infiltrou ou armazenou nas depressões da bacia hidrográfica, move-se superficial ou subsuperficialmente na bacia hidrográfica. Os modelos que simulam o processo de escoamento direto na bacia hidrográfica, a partir do excesso precipitado, esbarram em limitações, como a grande variabilidade do relevo, a disponibilidade de informações e os aspectos numéricos de solução das equações (Tucci, 1997).



TEH
PROS
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

Dentre os modelos que computam o escoamento superficial direto foi adotado o Método Racional por possibilitar um cálculo expedito e baseado em dados empíricos de projetos. O método possibilita ainda obter resultados confiáveis com poucas informações ou quando há grande incerteza na coleta dos dados.

O Método Racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas ($< 2 \text{ km}^2$). Os princípios básicos desta metodologia são:

- a) a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que esta condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- b) adota-se um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado a partir das características da bacia;
- c) não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

a. Definição das Bacias e Sub-bacias de Contribuição

Definiu-se inicialmente com base na topografia os divisores de água dos corpos d'água estudados e os adequou ao urbanismo com sua delimitação e imagens levantadas. Em seguida com base na confluência dos trechos definiram-se bacia elementares que juntas compõem a área total da bacia estudada

No presente estudo são apresentadas as delimitações das sub-bacias feitas com base no levantamento topográfico fornecido. As informações obtidas para as áreas de drenagem foram coletadas em associação com imagens de satélite da área. Utilizou-se ainda desses dados para se obter o comprimento do talvegue de cada bacia e sua declividade média.

A definição das sub-bacias de drenagem mostra principalmente sua disposição espacial.

b. Intensidade da Chuva

Para poder realizar a simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão torna-se necessário a definição de uma chuva de projeto, com lâmina precipitada, distribuição temporal, duração e o tempo de retorno associado.



TESH PROJ
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte, Gr. 2

A determinação da lâmina precipitada é feita com base nas curvas IDF, família de curvas que relacionam a intensidade, a duração e a frequência de excedência (ou tempo de retorno) da precipitação.

Existem vários métodos ou procedimentos para a estimativa da relação entre intensidade, duração e frequência, ou tempo de retorno. Neste Projeto, foi adotado o valor da Intensidade Máxima Provável da Chuva de Projeto igual ao valor determinado com base na IDF-Horizonte, definida por Batista (2018), conforme a seguir:

$$i = 17,552 \cdot \frac{(Tr - 2,020)^{0,123}}{(t + 15,950)^{0,760}}$$

Onde:

i = Intensidade de chuva, em mm/min;

Tr = Tempo de recorrência, em anos;

t = Tempo de concentração, em min.

c. Tempo de Retorno

A frequência média da tormenta de projeto, F , é dada como o inverso do período de retorno, Tr ou seja,

$$F = \frac{1}{Tr}$$

O tempo de recorrência ou de retorno é o tempo médio em que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez (Tucci, 1997).

A probabilidade de ocorrer, pelo menos, uma tormenta de um determinado período de retorno durante um período de N anos é obtida por uma distribuição binomial e expressa por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^N$$

Onde:

R = risco de ocorrência de, ao menos, uma tormenta igual ou superior à de projeto na vida útil da obra;

Tr = tempo de recorrência;

N = vida útil da obra.



TEC
PROJ
Consultoria & Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

A escolha do tempo de recorrência da enchente de projeto significa a escolha de um risco aceitável para a obra desejada. Essa escolha, também está associada ao custo da obra e da perspectiva dos prejuízos resultantes da ocorrência de descargas maiores do que a de projeto, levando-se em conta que quanto maior o tempo de recorrência mais onerosa será a obra, porém, maior será a segurança com relação à insuficiência da vazão.

O tempo de recorrência adotado para verificação e dimensionamento da rede de drenagem foi definido em **10 anos**.

d. Tempo de Concentração

O Tempo de Concentração é o intervalo de tempo da duração da chuva necessário para que toda a bacia hidrográfica passe a contribuir para a vazão na seção de drenagem. Seria também o tempo de percurso, até a seção de drenagem, de uma porção calda no ponto mais distante da bacia.

A Intensidade de chuva (i) para cada bacia foi obtida considerando a duração da chuva (tr) igual ao Tempo de Concentração (tc) da bacia. Os tempos de concentração (tc) foram calculados usando-se a expressão proposta por Kirpich por ser usualmente utilizada para o cálculo de bacias de contribuição em projetos de drenagem similares.

$$T_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

T_c = tempo de concentração, em minutos;

L = comprimento de linha de fundo (Talvegue), em Km;

S = declividade do talvegue em m/m.

e. Cálculo da Vazão das Sub-bacias

Utilizou-se para o cálculo da vazão o Método Racional por esse ser aplicável a obras de microdrenagem como sarjetas, banquetas, descidas d'água, bocas de lobo, bueiros e galerias com áreas de contribuição inferiores a 2,0 km².

Os princípios básicos desta metodologia são:

a) a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que esta condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;



TECH
PROJ
Consultoria e Projeto



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

b) adota-se um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado a partir das características da bacia;

c) não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

O método parte da seguinte fórmula:

$$Q = 2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Onde:

Q = vazão (m³/s);

I = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia contribuinte (ha).

C = coeficiente adimensional de deflúvio ou escoamento superficial (coeficiente de "RUN-OFF"), cujos valores estão representados na Tabela 2 logo abaixo;



TECH PROJ
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

Tabela 2 - Coeficiente de Escoamento para Áreas Urbanas.

Tabela 5.1 . Valores de C por tipo de ocupação (adaptado: ASCE, 1969 e Wilken, 1978).

DESCRIÇÃO DA ÁREA	C
Área Comercial/Edificação muito densa:	
Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Área Comercial/Edificação não muito densa:	
Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Área Residencial:	
residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
lotes com > 2.000 m ²	0,30 - 0,45
áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
Área industrial:	
indústrias leves	0,50 - 0,80
indústrias pesadas	0,60 - 0,90
Outros:	
Matas, parques e campos de esporte, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,05 - 0,20
parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Playgrounds	0,20 - 0,35
pátios ferroviários	0,20 - 0,40
áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Os elementos de drenagem superficial, galerias e bueiros, foram dimensionados com capacidade de atender às vazões do projeto obtidas dos estudos hidrológicos. Para as áreas internas do bairro, tendo em vista o horizonte do projeto com a progressão de áreas impermeabilizadas considerou-se que haverá poucas superfícies livre, com partes residenciais com construções cerradas, o que permitiu considerar o Coeficiente de Escoamento Superficial o valor igual a 0,60 para todas as sub-bacias de contribuição.

Para as bacias externas, a que contribui diretamente à Lagoa demarcada no bairro usou-se um runoff de 0,5 prevendo a urbanização dessa bacia e para a que contribui ao bueiro existente localizado próximo à BR-116 considerou-se 0,70 desde que a bacia contribuinte consiste em uma região urbanizada.



**TECI
PRO**
Consultoria & Projetos



f. Concepção Geral do Projeto

O projeto foi desenvolvido com base nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e nas recomendações da literatura especializada de modo a dimensionar:

- i. Bocas de lobo;
- ii. Redes coletoras;
- iii. Canais escavados;
- iv. Poços de visita;
- v. Diâmetro e recobrimento mínimo da rede.

i. Traçado da Rede Pluvial.

A rede coletora foi lançada em planta baixa (escala 1:1, em meio digital) de acordo com as condições de nivelamento do terreno, conforme a Planta do Relevo Final. Foram adotadas algumas regras básicas para o traçado da rede:

- a) os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho foram convenientemente marcados em planta;
- b) os trechos em que os escoamentos deverão ocorrer apenas nas sarjetas foram identificados por meio de setas;
- c) as galerias pluviais foram lançadas nos eixos das ruas;
- d) o sistema coletor em uma determinada via consta preferencialmente de uma rede única, recebendo ligações de Bocas de Lobo de ambos os passeios;
- e) a solução mais adequada em cada rua foi estabelecida também sob o ponto de vista econômico, em função da sua largura e condições de pavimentação.
- f) adotou-se o recobrimento mínimo de 0,60 m para tubulações de rede, diâmetro nominal de 600 mm até 1.500 mm.
- g) a declividade mínima adotada para os tubos é igual 0,5%. A velocidade máxima considerada foi de 5,0m/s para tubos e galerias em concreto.
- h) foi considerado nesse projeto que todas as tubulações são em concreto com coeficiente de Manning de 0,013.

ii. Bocas de lobo

As Bocas de Lobo foram localizadas de maneira a conduzirem adequadamente as vazões superficiais para as galerias. Nos pontos mais baixos do sistema viário foram necessariamente



TEC PROJ
Consultoria & Projetos



colocadas Bocas de Lobo a fim de evitar a criação de zonas mortas com alagamento e águas paradas.



Figura 2 - Esquema representativo do padrão escolhido para disposição das bocas de lobo em interseções (ADASA, 2018).

Adotaram-se bocas de lobo com abertura na guia, tendo em vista sua capacidade de engolimento das vazões afluentes e principalmente a sua não interferência com a infraestrutura de energia e água a construir, além da sua boa compatibilidade com o processo construtivo.

A disposição das bocas de lobo, ao longo da via, obedeceu aos seguintes critérios:

- Minimizar o número de bocas de lobo, utilizando-se ao máximo a capacidade de escoamento da via;
- Captar água nos pontos baixos dos greides;

A capacidade hidráulica das bocas de lobo de guia pode ser considerada como a de um vertedor de parede espessa, cuja expressão é:

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Onde:

- Q = vazão em m³/s;
- L = Comprimento da abertura em m; e,
- H = Altura da água nas proximidades em m.

De modo que a capacidade de engolimento das bocas de lobo foi adotada conforme a tabela a seguir:

Tabela 3 - Capacidade de Engolimento das Bocas de Lobo Padrão.

Boca de Lobo	Capacidade máxima (L/s)
Simplex	120,0
Dupla	240,0
Tripla	360,0

A seguir apresentam-se detalhes construtivos, cortes esquemáticos e vistas do padrão de boca de lobo a serem utilizados nos projetos.

iii. Poços de Visita

Os poços de visita foram localizados de forma a atender às mudanças de direção, de diâmetro e de declividade, às ligações das Bocas de Lobo, ao entroncamento dos diversos trechos e ao afastamento máximo admissível para facilitar o processo de limpeza e inspeção destas.

O poço de visita tem a função primordial de permitir o acesso às canalizações, para efeito de limpeza e inspeção, de modo que se possa mantê-las em bom estado de funcionamento bem como diminuir a velocidade da água em trechos onde a declividade do terreno é muito grande.

Tabela 4-1.1 - Espaçamento dos poços de visita em m (DAEE/ CETESB, 1980)

Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	120
0,50 – 0,90	150
1,00 ou mais	180

O espaçamento máximo recomendado neste projeto foi de 120m para facilitar os trabalhos de manutenção e limpeza.

Quando a diferença de nível entre o tubo afluente e o efluente for superior a 0,70m, o poço de visita é projetado com um “degrau” limitando-se a 1,50m de desnível.

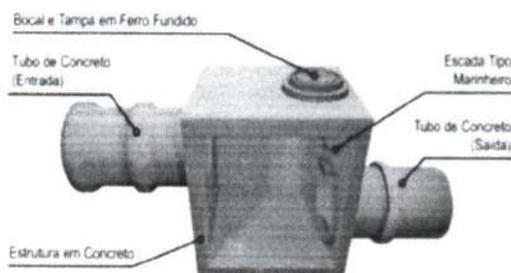


Figura 3 – PV sem chaminé e tubo de queda:

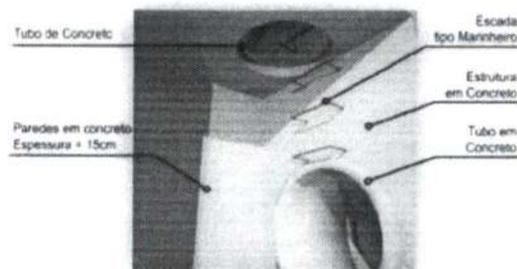


Figura 4- Descida do Poço pela Chaminé



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

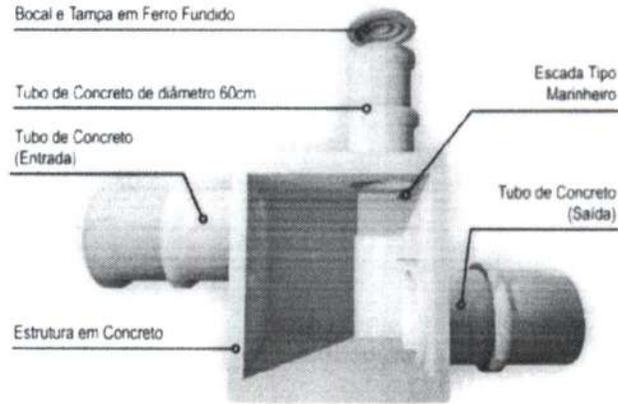


Figura 5 - Poço de visita com chaminé e tubo de queda:

Os PV's de ligação são utilizadas quando se faz necessária a locação de Bocas de Lobo intermediárias ou para se evitar a chegada em um mesmo poço de visita de mais de quatro tubulações. Sua função é similar à do poço de visita, dele diferenciando-se por não serem visitáveis. Na Figura 7, são mostrados exemplos de localização de caixas de ligação.

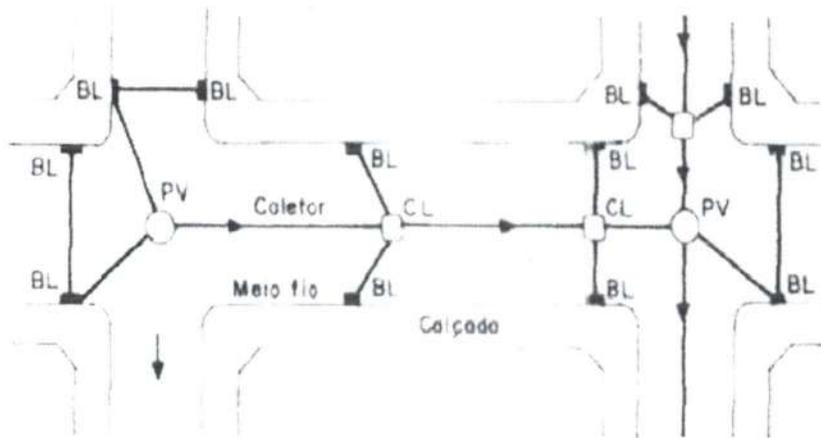


Figura 6- Exemplos de Localização das Bocas de Lobo.



TECH PROJ
Consultoria e Projetos



iv. Condições de Cálculo Hidráulico da Rede

A rede foi verificada para a lâmina máxima de 80% e o tempo de concentração mínimo para as bacias foi definido em 5min. Para o cálculo da vazão, utilizou-se a equação proposta por Manning conforme será descrito a seguir.

O dimensionamento hidráulico das galerias de águas pluviais foi efetuado com a equação de Chézy.

O diâmetro para a seção plena é calculado com a expressão:

$$D_p = 1,548 \cdot (n \cdot Q \cdot I^{-0,50})^{3/8}$$

Onde:

- n = coeficiente de manning;
- Q = Vazão escoando no tubo,
- I = Declividade do trecho

A vazão para a seção plena é calculada com a expressão:

$$Q_p = \frac{n \cdot D^2}{4 \cdot n} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

- D = Diâmetro do Tubo;
- n = coeficiente de manning;
- I = Declividade do trecho

A velocidade para a seção plena é calculada com a expressão:

$$V_p = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

- D = Diâmetro do Tubo;
- n = coeficiente de manning;
- I = Declividade do trecho

No projeto de galerias em canais, usualmente admite-se que o regime de escoamento é o de movimento uniforme. O movimento uniforme tem as seguintes características: a profundidade, seção molhada, velocidade e vazão, a cada seção do canal, devem ser constantes; a linha de energia, linha d'água e fundo do canal são paralelas, isto é, as declividades são iguais.

Muitas fórmulas práticas foram publicadas, a que será utilizada neste projeto é de Chézy com coeficiente de Manning (1890).



TECH PROJ
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte

Fórmula de Chézy:

$$U = C \cdot \sqrt{R_H \cdot I}$$

Manning fez:

$$C = \frac{R_H^{1/6}}{n}$$

Então:

$$U = \frac{1}{n} R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

- U = velocidade média de escoamento, m/s;
- RH = raio hidráulico, em m;
- I = declividade, em m/m;
- n = coeficiente de rugosidade (coeficiente n de Manning).

De posse da vazão de projeto Q e a declividade I compatível com a topografia local, onde o canal será construído, o dimensionamento de canais consiste na determinação dos elementos geométricos da seção transversal.

Pela equação da continuidade:

$$Q = U \cdot S$$

E substituindo a velocidade do movimento uniforme, na equação da continuidade, obtemos:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Sendo:

$$R_H = \frac{S}{P} = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molhado}}$$

Obtém-se para seções trapezoidais, retangulares e triangulares:

$$Y = \left[\frac{n \cdot Q}{\sqrt{I}} \right]^{0,6} \cdot \left[\frac{(b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1+z^2})^{0,4}}{b + z \cdot y} \right]$$



TESI PROJETO
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

$$U = \left(\frac{Q}{y} \right)^{1/3} \cdot (b + z \cdot y)$$

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{g} \right)^{1/3} \cdot \left[\frac{(b + 2 \cdot z \cdot y_c)^{1/3}}{b + z \cdot y_c} \right]$$

$$U_c = \left(\frac{Q}{y_c} \right) \cdot (b + z \cdot y_c)$$

$$I_c = (n \cdot U_c)^2 \cdot \left[\frac{(b + 2 \cdot y_c \cdot \sqrt{1 + z^2})}{y_c \cdot (b + z \cdot y_c)} \right]$$

Na seção retangular: $z = 0$ e na seção triangular: $b = 0$.

No caso de seções retangulares, as expressões se tornam mais simples:

$$y_c = 0,47 \cdot \left(\frac{Q}{b} \right)^{2/3}$$

$$U_c = \sqrt{g \cdot y_c}$$

$$I = (n \cdot U)^2 \cdot \left[\frac{b + 2 \cdot y_c}{y_c \cdot b} \right]$$

Em função do ângulo α :

$$x = \frac{y}{\text{sen} \alpha} \text{ e } z = \frac{y}{\text{tag} \alpha} \text{ (ângulo em radiano).}$$

$$B = b + 2 \cdot z = b + 2 \cdot \frac{y}{\text{tag} \alpha}$$



TECH
PROJ
Consultoria e Projetos



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

V. Dimensionamento Hidráulico da Rede de Drenagem



TEH
PROJ
Consultoria



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

A simulação hidráulica da rede encontra-se disposta a seguir. O modelo digital apresentado foi utilizado para o dimensionamento de tubos e PVs da rede após sua simulação hidráulica e hidrológica. Para o dimensionamento da rede foi realizada a simulação no software C3DRENESG com período de retorno de 10 anos.

RELATÓRIO DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - REDE 01

PROJETISTA: ENG. REGINALDO OLIVEIRA
DATA: 13/05/2022

LOCAL: HORIZONTECE
OBRA: MICRODRENAGEM BAIRRO LAGOINHA

Espec.º	Estrutura	RELATÓRIO DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - REDE 01				Lamina	Velocidade	Tempo	Cota Terreno		Geratriz Inferior		Profundidade		Material
		Extensão (m)	Área (m²)	Perda de Carga (m)	Velocidade (m/s)				mont.	jus.	mont.	jus.	mont.	jus.	
B1-TR01	B1-PV002	38,488	0,015	0,157	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR02	B1-PV003	10,270	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR03	B1-PV004	11,927	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR04	B1-PV005	13,791	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR05	B1-PV006	16,442	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR06	B1-PV007	18,210	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR07	B1-PV008	20,421	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR08	B1-PV009	22,191	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR09	B1-PV010	24,120	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR10	B1-PV011	26,100	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR11	B1-PV012	28,063	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR12	B1-PV013	30,000	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR13	B1-PV014	32,000	0,005	0,050	0,10	59,87	59,27	1,00	61,30	61,14	59,90	59,04	1,12	1,87	Concreto
B1-TR14	B1-AL003	10,802	0,002	0,020	0,002	55,78	55,85	0,068	55,78	55,85	54,22	53,88	2,11	1,70	Concreto
B1-TR15	B1-AL004	10,802	0,002	0,020	0,002	55,78	55,85	0,068	55,78	55,85	54,22	53,88	2,11	1,70	Concreto
B1-TR16	B1-AL005	10,802	0,002	0,020	0,002	55,78	55,85	0,068	55,78	55,85	54,22	53,88	2,11	1,70	Concreto



TECHPRO Consultoria e Projetos Ltda.
Eng. Reginaldo Cavalcante de Oliveira
Eng.º Civil R.N.P. 06.000.760 - A - São Paulo

R



TEH
PROJ
Consultoria e Engenharia



Pavimentação e Drenagem – Bairro Lagoinha em Horizonte/CE

VI. Especificações Técnicas