

PREFEITURA MUNICIPAL DE JACAREÍ
&
SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE JACAREÍ
REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE JACAREÍ
2021 - 2040



Fonte: (adapt.): JACAREÍ (2018)

RELATÓRIO DO PROGNÓSTICO 1

VOLUME IV – MANEJO DE ÁGUA PLUVIAIS

VM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

ABRIL/2023

COORDENAÇÃO

Engenheiro Civil

Marcelo Malheiros Duclerc Verçosa

CREA-SP 0600416758

ART n°. 28027230200890433

(16) 9.9115.8663

contato@vmengenharia.com.br

Engenheira Civil

Heloísa Kelm Verçosa

CREA-SP 5069696750

ART n°. 28027230200558261

(16) 99251.1472

contato@vmengenharia.com.br

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|----|
| COORDENAÇÃO | 2 |
| ÍNDICE | 3 |
| ÍNDICE DE QUADROS | 6 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 7 |
| ABREVIATURA E SIGLAS | 8 |
| 1. INTRODUÇÃO, CONTEXTUALIZAÇÃO, CONCEITOS E DIRETRIZES DAS AÇÕES NECESSÁRIAS AO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS | 9 |
| 1.1. Macrodrenagem | 9 |
| 1.2. Microdrenagem: | 15 |
| 1.2.1. Dados de um projeto de galerias pluviais | 16 |
| 1.2.2. Cálculo das vazões - Método Racional: | 17 |
| 1.2.3. Coeficientes de escoamento superficial: | 18 |
| 1.2.4. Tempo de Retorno: | 18 |
| 1.2.5. Tempo de concentração: | 19 |
| 1.2.6. Dimensionamento dos elementos de microdrenagem: | 22 |
| 1.2.7. Boca Coletora - Boca de lobo: | 26 |
| 1.2.8. Galerias | 32 |
| 1.2.9. Poços de visita | 33 |
| 1.2.10. Recomendações e restrições de projeto | 34 |
| 1.3. Ações Mitigatórias | 36 |
| 1.4. Medidas não estruturais | 39 |
| 1.4.1. Técnicas Compensatórias – Estruturais - Controle local | 41 |
| 1.4.2. Trincheiras de Infiltração | 41 |
| 1.4.3. Planos de infiltração | 43 |
| 1.4.4. Valos de infiltração | 45 |
| 1.4.5. Bacias de percolação | 45 |
| 1.4.6. Pavimentos permeáveis | 46 |
| 1.4.7. Técnicas compensatórias – Estruturais - Controle de Entrada | 49 |
| 1.5. Medidas Estruturais | 50 |
| 1.5.1. Alargamento, Revestimento E Retificação No Sistema De Macrodrenagem | 51 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 1.5.2. | Detenção <i>in situ</i> ” | 51 |
| 1.5.3. | Bacias de Detenção | 52 |
| 1.5.4. | Obras de retenção | 54 |
| 1.5.5. | Polderes | 54 |
| 1.6. | Estudo de Alternativas de Dispositivos de Controle de Cheias | 54 |
| 1.7. | Legislação específica de Jacareí para o Manejo das Águas Pluviais | 57 |
| 2. | PROJEÇÃO POPULACIONAL | 63 |
| 2.1. | Revisão da Projeção Populacional Adotada | 63 |
| 3. | REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS OBJETIVOS E DAS METAS DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO DOS SERVIÇOS DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS | 66 |
| 3.1. | Objetivos E Metas | 66 |
| 4. | PROJEÇÃO DAS DEMANDAS DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS | 69 |
| 4.1. | Projeção Das Demandas do SDU | 69 |
| 4.2. | Demandas Levantados na Macrodrenagem - Travessias Com Deficiência | 71 |
| 4.2.1. | Bacia Do Rio Comprido | 72 |
| 4.2.2. | Bacia Do Rio Turi | 73 |
| 4.2.3. | Córrego Seco | 76 |
| 4.2.4. | Bacia Do Córrego Do Tanquinho..... | 83 |
| 4.3. | Soluções Alternativas para os Problemas Pontuados de Inundações e Enchentes | 89 |
| 4.4. | localização e delimitação das bacias estudadas:..... | 89 |
| 5. | REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS PROGRAMAS, DOS PROJETOS E DAS AÇÕES DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA | 91 |
| 5.1. | Indicações de Ordem Operacional, Manutenção no Sistema de Macrodrenagem | 91 |
| 5.2. | Estudo Hidrológico E Hidráulico Do Córrego Turi..... | 91 |
| 5.3. | Programas Propostos | 93 |
| 5.3.1. | Programa 1 – Drenagem Urbana para Todos | 94 |
| 5.3.2. | Programa 2 – Plano de Contingência | 95 |
| 5.3.2.1. | Locais de alagamento e inundação..... | 96 |
| 5.3.2.2. | Locais de deslizamento de terra - risco muito alto: | 97 |
| 5.3.2.3. | Locais de deslizamento de terra - risco alto..... | 98 |
| 5.3.2.4. | Estrutura proposta pelo Plano de Contingência para Ações Específicas..... | 99 |
| 5.4. | Outros programas sugeridos | 99 |
| 5.4.1. | Monitoramento de bacias representativas da cidade | 100 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.4.2. | Monitoramento de áreas impermeáveis..... | 101 |
| 5.4.3. | Monitoramento de resíduos sólidos na drenagem | 101 |
| 5.4.4. | Revisão do cadastro do sistema de drenagem: | 102 |
| 5.5. | Demandas na Macrodrenagem – Manutenção de Canais Naturais e Revestidos..... | 103 |
| 6. | REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS ARRANJOS INSTITUCIONAIS PARA GESTÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA. | 105 |
| 6.1. | Levantamento do Quadro Institucional..... | 105 |
| 6.2. | Medidas Não Estruturais – Hierarquização | 107 |
| 6.3. | Ações Sistemáticas..... | 107 |
| 6.4. | Manual de Diretrizes Básicas..... | 107 |
| 6.5. | Sistema de Suporte a Decisão | 108 |
| 7. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 113 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|---|----|
| QUADRO 1 - VALORES MÍNIMOS DE TEMPO DE RETORNO PARA PROJETOS DE CANALIZAÇÕES E TRAVESSIAS FONTE: DPO – DAEE - I.T N°11, (2017)..... | 11 |
| QUADRO 2 - VALORES MÍNIMOS DE TEMPO DE RETORNO PARA PROJETOS DE CANALIZAÇÕES E TRAVESSIAS FONTE: DPO – DAEE - I.T N°11, (2017)..... | 11 |
| QUADRO 3 - VALORES MÍNIMO PARA OS COEFICIENTES RELACIONADOS COM O ESCOAMENTO SUPERFICIAL - - FONTE: DPO - DAEE I.T N°11, (2017)..... | 12 |
| QUADRO 4 – VALORES MÍNIMOS DE FOLGA SOBRE DIMENSIONAMENTO - I.T. DPO N°11 DO DAEE | 14 |
| QUADRO 5 – VALORES RECOMENDADOS PARA O COEFICIENTE DE MANNING – I.T, N° 11 DA DPO - DAEE | 15 |
| QUADRO 6 – INSTRUÇÃO TÉCNICA N° 11 DA DPO – DAEE..... | 15 |
| QUADRO 7 – VALORES DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL - FONTE: DAEE (2006) | 18 |
| QUADRO 8 - FATORES DE REDUÇÃO DE ESCOAMENTO EM SARJETAS (DAEE – CETESB 1986).... | 25 |
| QUADRO 9 - FATOR DE REDUÇÃO DE ESCOAMENTO PARA BOCA DE LOBO FONTE: DAEE/CETESB (1986) | 31 |
| QUADRO 10 - INFORMAÇÕES SOBRE A ESTRUTURA - FONTE: PRINCE GEORGE’S COUNTY | 42 |
| QUADRO 11 - INFORMAÇÕES SOBRE A ESTRUTURA - FONTE: PRINCE GEORGE’S COUNTY | 47 |
| QUADRO 12 - FORMAS DE REDUÇÃO E RETENÇÃO EM DIFERENTES ÁREAS URBANAS - FONTE: FCTH..... | 57 |
| QUADRO 13 – EVOLUÇÃO DAS TAXAS DE CRESCIMENTO POPULACIONAL DE JACAREÍ..... | 63 |
| QUADRO 14 - EVOLUÇÃO POPULACIONAL DE JACAREÍ - 2020 A 2040..... | 64 |
| QUADRO 15 - ESTIMATIVA DA QUANTIDADE IDEAL DE EQUIPAMENTOS DE MICRODRENAGEM DE JACAREÍ, POR BACIA ESTUDADA, COM BASE NO PMEDMAP..... | 69 |
| QUADRO 16 - PARÂMETROS PARA INFRAESTRUTURA IDEAL DE JACAREÍ – FONTE: PMEDMAP | 70 |
| QUADRO 17 - ESTIMATIVA DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO DOS SDU DE JACAREÍ UTILIZANDO AS ESTIMATIVAS DE 2020 E 2040. ADAPTADO DO PMEDMAP | 70 |
| QUADRO 18 - PARÂMETROS PARA MANUTENÇÃO DOS SDU DE JACAREÍ – FONTE: PMEDMAP .. | 71 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - EXEMPLO DE SISTEMA DE DRENAGEM | 20 |
| FIGURA 2 - ÁBACO PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL - FONTE: DRENAGEM E CONTROLE D EROÇÃO URBANA -FENDRICH 1997 | 21 |
| FIGURA 3 - DECLIVIDADE TRANSVERSAL EM SARJETA DE SEÇÃO TÍPICA | 23 |
| FIGURA 4 - DECLIVIDADE TRANSVERSAL EM SARJETÕES | 24 |
| FIGURA 5 - FATOR DE REDUÇÃO DE CAPACIDADE DAS SARJETAS - FONTE: FERNANDES (2002)..... | 24 |
| FIGURA 6 - NOMOGRAMA PARA CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ENGOLIMENTO DA SARJETA ILUSTRADA CETESB (2006) | 28 |
| FIGURA 7 - BOCA DE LOBO COM GRELHA | 30 |
| FIGURA 8 - POÇO DE VISITA TRADICIONAL - FONTE: FERNANDES (2002)..... | 33 |
| FIGURA 9 - POÇO DE VISITA COM POÇO DE QUEDA - FONTE: FERNANDES (2002)..... | 35 |
| FIGURA 10 - PLANO DE INFILTRAÇÃO – ADAPTAÇÃO VM ENGENHARIA | 44 |
| FIGURA 11 - VISTA GERAL DO VALO DE INFILTRAÇÃO - FONTE: URBONAS E STAHR, 1993 | 45 |
| FIGURA 12 - EXEMPLE DE BACIA DE PERCOLAÇÃO ADAPTADO DE HOLMSTRAND (1984)..... | 46 |
| FIGURA 13 - PAVIMENTO POROSO (URBONAS E STAHR, 1993) | 48 |
| FIGURA 14 - PAVIMENTO CELULAR POROSO (URBONAS E STAHR, 1993) | 48 |
| FIGURA 15 - PAVIMENTO PERMEÁVEL (HOGLAND E NIEMCZYNOWICZ, 1986) | 48 |
| FIGURA 16 - TELHADO VERDE DO CARREFOUR EM VIENA, ÁUSTRIA - FONTE: DRA. CRISTINA BRÁULIO, 2006, PRESIDENTE DA ABRASIP-MINAS GERAIS | 50 |
| FIGURA 17 - RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO | 53 |
| FIGURA 18 - RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO | 54 |
| FIGURA 19 - LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DAS BACIAS ESTUDADAS | 90 |
| FIGURA 20 - HIDROGRAMAS DEMONSTRANDO O AMORTECIMENTO DE VAZÃO EM UMA BACIA DE DETENÇÃO (VM ENGENHARIA) | 92 |

ABREVIATURA E SIGLAS

ABRASIP - Associação Brasileira de Sistemas Prediais

EPA – Agência de Proteção Ambiental Americana

CTH – Centro Tecnológico de Hidráulica -

DPO – DAEE - Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização do DAEE

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica

SDU – Sistema de Drenagem Urbana

1. INTRODUÇÃO, CONTEXTUALIZAÇÃO, CONCEITOS E DIRETRIZES DAS AÇÕES NECESSÁRIAS AO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

1.1. MACRODRENAGEM

Os sistemas de macrodrenagem são constituídos pela drenagem natural das bacias hidrográficas ocupadas pela urbanização e situados no perímetro urbano. Os fundos dos vales recebem as contribuições das redes de microdrenagem existentes. Os canais naturais já se encontram bastante modificados, com intervenções, tais como: barragens, travessias e canalizações.

Tratando-se de cursos d'água cadastrados nas cartas geográficas do IBGE e que tem escoamento perene, cabe ao DAEE, em primeira instância, a análise e aprovação de qualquer intervenção nesse sistema. Jacareí situa-se na Bacia do Paraíba e Litoral Norte e é atendida por essa autarquia à Praça Santa Luzia, 25, CEP: 12010-510 Taubaté – SP, Telefone: (12) 3632.9133 / 3632.9554, e-mail: bpb@daee.sp.gov.br.

Alguns problemas críticos de macrodrenagem são causados por interferências que não foram adequadamente projetadas. Para que não haja prejuízos à população e a outros empreendimentos próximos às interferências, é mister que a elaboração de projetos desse porte seja cercada de diversos limitantes.

As metodologias e instruções que serão apresentadas nos itens a seguir têm por objetivo orientar a elaboração de projetos de interferências em recursos hídricos e estão todas em consonância com as diretrizes do DAEE.

As publicações básicas utilizadas para elaboração de projetos no âmbito da macrodrenagem devem estar condizentes com os seguintes textos:

- ❖ Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, DAEE (2006)
- ❖ Instruções Técnicas DPO N° 08 de 30/05/2007, à Instruções Técnicas DPO N° 15 de 19/10/2018, da Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização do DAEE;
- ❖ Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, DAEE (1994).

Estudos hidrológicos para a determinação da vazão de projeto

A vazão máxima de projeto para um determinado curso d'água está vinculada à segurança da obra e à probabilidade de ocorrência de um evento na bacia de contribuição da seção em estudo.

Existem duas maneiras de se determinar a vazão de projeto: uma faz uso de série histórica de posto fluviométrico localizado no curso d'água e a outra, por meio de métodos sintéticos, baseados em dados pluviométricos e que são indicados conforme o tamanho da bacia de contribuição.

Caso exista série histórica disponível para determinação da vazão de projeto, e que essa série de dados seja de no mínimo 3 (três) anos, os métodos indicados são:

- ❖ Método CTH: indicado para série histórica com extensão entre 3 a 10 anos;
- ❖ Método Gradex: série histórica com dados de 10 a 25 anos;
- ❖ Método Estatístico: série superior a 25 anos;

Não havendo série histórica disponível de vazões para o local em estudo ou se a existente for inferior a 3 (três) anos de extensão, o DAEE indica a utilização de métodos sintéticos de acordo com o “Manual de Cálculo de Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo”, de acordo com a dimensão da bacia:

- ❖ **Método racional:** indicado para área de drenagem inferior a 2 km²;
- ❖ **Método I-Pai-Wu:** área de drenagem entre 2 km² e 200 km²;
- ❖ **Método do Professor Kokei Uehara:** área de drenagem entre 200 km² e 600 km²;
- ❖ **Hidrograma unitário:** Propagação, indicado para locais com área de drenagem superior a 600 km².

Observação:

- ❖ É admitida pelo DAEE a utilização de programas computacionais de auxílio a tomadas de decisões nas bacias complexas, como o CAbc (Software para simulação hidrológica de Bacias Complexas);
- ❖ Quaisquer intervenções em recursos hídricos no Estado de São Paulo deverão ser previamente aprovadas pelo DAEE.

Período de Retorno:

O período de retorno representa o risco que será assumido no dimensionamento das obras e conforme orientações do DAEE. Os valores adotados variam conforme o tipo e a dimensão do empreendimento, como colocado a seguir:

Quadro 1 - Valores mínimos de tempo de retorno para projetos de canalizações e travessias

Fonte: DPO – DAEE - I.T n°11, (2017)

| Localização | TR (anos) |
|---|-----------|
| Zona rural | 25* |
| Zona urbana ou de expansão urbana | 100 |
| * Em projetos de canalizações ou de travessias de maior importância ou porte, independentemente de sua localização, recomenda ser adotado o mínimo de 100 anos para o período de retorno. | |

Quadro 2 - Valores mínimos de tempo de retorno para projetos de canalizações e travessias

Fonte: DPO – DAEE - I.T n°11, (2017)

| Maior altura do barramento H (m) | TR (anos) | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | Região de influência a jusante | |
| | Sem risco para habitações ou pessoas | Com risco para habitações ou pessoas |
| $H \leq 5$ | 100 | 500 |
| $5 < H \leq 10$ | 500 | 1.000 |
| $H > 10$ | 1.000 | 10.000 |

Escoamento superficial direto:

Os coeficientes relacionados com o escoamento superficial que devem ser considerados nos cálculos da vazão máxima de projeto são os coeficientes de uma condição futura, determinadas após análise da situação atual da bacia de acordo com projeções da evolução dos usos e ocupação dos solos.

O quadro apresentado a seguir apresenta os valores mínimos dos coeficientes de escoamento superficial das principais metodologias. Cabe salientar que, considerando que dentro da bacia existam áreas com diferentes coeficientes, o valor final ponderado com as áreas de atribuição deverá ser superior ao indicado no referido quadro.

Quadro 3 - Valores mínimo para os coeficientes relacionados com o escoamento superficial -
- Fonte: DPO - DAEE I.T n°11, (2017)

| Coeficiente / Parâmetro | Valor mínimo |
|---|--------------|
| Coeficiente de Escoamento Superficial Direto (C; C ₂) | 0,25 |
| Número da Curva (CN) | 60 |
| Onde: (C) – utilizado no método “Racional”; (C ₂) – do método “I-Pai-Wu Modificado”; (CN) – do método do “Soil Conservation Service”. | |

Observação: A Prefeitura Municipal de Jacareí pode SE reservar o direito de exigir a utilização de valores mais restritivos a serem adotados quando da apresentação de uma intervenção na área urbana da cidade.

Tempo de concentração;

Segundo I.T. DPO n°11 do DAEE, em nenhuma hipótese deverão ser utilizados tempos de concentração maiores do que os calculados com a equação de Kirpich enunciada a seguir:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385} \quad [\text{min}]$$

Sendo que L é o comprimento do talvegue [km] e S é a declividade [m/m].

Equações de chuvas intensas:

Para o município de Jacareí, a equação de chuva a ser adotada é a de Taubaté, guardando proximidade e características climáticas semelhantes às do município. A equação utilizada foi extraída da publicação Precipitações Intensas no Estado de São Paulo DAEE – FCTH – 2018, pág. 221. A seguir, estampa-se a referida folha com os dados das chuvas intensas:

4.71 Precipitações intensas para Taubaté

Nome da estação/ Entidade: Taubaté – E2-022R/ DAEE

Autor: Martinez e Magni (1999)

Coordenadas geográficas: Lat. 23° 02'S; Long. 45° 34'W

Altitude: 610 m

Duração da Estação: 1963-2012

Período de dados: 1964-1965; 1969-1988; 1990-1997 (30 anos).

$$I_{t,T} = 54,53 (t+30)^{-0,9637} + 11,03 (t+20)^{-0,9116} \cdot [-0,4740 - 0,8839 \ln \ln(T/T-1)]$$

para $10 \leq t \leq 1440$

Onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

Tabela 4.141 – Taubaté: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h.

| Duração t (minutos) | Período de retorno T (anos) | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| 10 | 89,0 | 118,9 | 138,7 | 149,8 | 157,6 | 163,6 | 182,2 | 200,6 | 218,9 |
| 20 | 72,0 | 95,0 | 110,2 | 118,7 | 124,7 | 129,4 | 143,6 | 157,8 | 171,9 |
| 30 | 60,5 | 79,2 | 91,6 | 98,6 | 103,5 | 107,3 | 118,9 | 130,5 | 142,0 |
| 60 | 41,0 | 53,2 | 61,3 | 65,8 | 69,0 | 71,5 | 79,1 | 86,6 | 94,1 |
| 120 | 25,1 | 32,4 | 37,3 | 40,0 | 41,9 | 43,4 | 47,9 | 52,4 | 56,9 |
| 180 | 18,1 | 23,4 | 26,9 | 28,9 | 30,3 | 31,4 | 34,6 | 37,9 | 41,2 |
| 360 | 10,0 | 12,9 | 14,9 | 16,0 | 16,8 | 17,3 | 19,2 | 21,0 | 22,8 |
| 720 | 5,3 | 6,9 | 8,0 | 8,6 | 9,0 | 9,3 | 10,3 | 11,3 | 12,3 |
| 1080 | 3,6 | 4,8 | 5,5 | 5,9 | 6,2 | 6,4 | 7,1 | 7,8 | 8,5 |
| 1440 | 2,8 | 3,6 | 4,2 | 4,5 | 4,8 | 4,9 | 5,5 | 6,0 | 6,5 |

Estudos Hidráulicos - Condições para o dimensionamento:

O projeto hidráulico de canalizações, estruturas extravasoras de barramentos e seções transversais de travessias deverão ser realizados com base na vazão máxima de projeto, ou seja, o dispositivo deve escoar a vazão de projeto seguindo as restrições que se seguem.

Folga sobre o dimensionamento;

No dimensionamento deverão ser observados os valores mínimos de folga, ou seja, bordas livres.

Quadro 4 – Valores mínimos de folga sobre dimensionamento - I.T. DPO n°11 do DAEE

| Obra Hidráulica | Tipo / Características | Folga sobre dimensionamento (f) |
|-----------------|---|---|
| Canalização | seção aberta | $f \geq 0,20 h_{TR}$ |
| | seção em contorno fechado | $f \geq 0,20 H$ |
| Travessia | aérea (pontes) | $f \geq 0,20 h_{TR}$; com $f \geq 0,4$ m |
| | intermediária (galerias) | $f \geq 0,20 H$ |
| | bueiro | Previsto para trabalhar em carga |
| Barramento | qualquer tipo, exceto soleiras submersíveis | $f \geq 0,10 H_M$; com $f \geq 0,5$ m |

Sendo que:

“ h_{TR} ” - profundidade da lâmina d’água correspondente à vazão máxima de projeto, associada a um período de retorno (TR), já indicado;

Canalizações em seção aberta: “f” é o desnível entre a linha d’água correspondente à máxima vazão possível de escoar sem extravasamento e a lâmina d’água correspondente à vazão máxima de projeto;

Canalizações em contorno fechado: “H” é a altura máxima da seção transversal, medida internamente;

Travessias aéreas: “f” é o desnível entre a face inferior da estrutura de sustentação do tabuleiro da ponte e a lâmina d’água correspondente à vazão máxima de projeto;

“ H_M ” - maior altura do barramento (desnível entre a cota de coroamento do maciço e o talvegue na seção da barragem).

Coefficiente de rugosidade

Os coeficientes de rugosidade de Manning recomendados pelo DAEE para determinação da capacidade de escoamento em canais, são:

Quadro 5 – Valores recomendados para o coeficiente de Manning – I.T, nº 11 da DPO - DAEE

| Tipo de superfície ou de revestimento | n |
|--|----------|
| Terra | 0,035 |
| Gramma | |
| Rachão | |
| Gabião | 0,028 |
| Pedra argamassada | 0,025 |
| Aço corrugado | 0,024 |
| Concreto | 0,018 |

Restrições de velocidade:

As velocidades máximas permissíveis para escoamento em canais relacionadas com o tipo de revestimento estão apresentadas abaixo:

Quadro 6 – Instrução Técnica nº 11 da DPO – DAEE

| Revestimento | Velocidade Máxima (m/s) |
|---------------------|--------------------------------|
| Terra | 1,5 |
| Gabião | 2,5 |
| Pedra argamassada | 3,0 |
| Concreto | 4,0 |

1.2. MICRODRENAGEM:

Os sistemas de microdrenagem consistem em coletar e conduzir as águas de chuva que se precipitam sobre áreas impermeáveis como o sistema viário, os imóveis, parques, loteamentos, áreas residenciais, comerciais e industriais urbanas. O principal elemento dos sistemas de microdrenagem são as galerias.

Fazem parte desse sistema também, estruturas como: bocas coletoras (boca de lobo), sarjetas, poços de visita, além de estruturas especiais, como dissipadores de energia, descidas d'água em degraus, entre outros elementos.

Não existe norma da ABNT para o dimensionamento dos elementos da microdrenagem. Os projetos, no entanto, devem seguir as recomendações da bibliografia consagrada.

A seguir está apresentado a metodologia básica para o dimensionamento das principais estruturas de um sistema de microdrenagem.

1.2.1. DADOS DE UM PROJETO DE GALERIAS PLUVIAIS

Para que seja possível iniciar a concepção de uma rede de galerias e executar o dimensionamento dos elementos de microdrenagem, é necessário que se tenha em mãos diversos documentos, com as informações essenciais da área em estudo, tais como:

- ❖ Planta topográfica da área em estudo e da bacia de contribuição, em escala 1: 2.000 com indicações dos arruamentos existentes e projetados, curvas de nível de 2 em 2 metros e o curso d'água receptor;
- ❖ Nivelamento geométrico das vias públicas, com apresentação das cotas em todos os pontos de cruzamento, de mudança de direção e do perfil das vias públicas;
- ❖ Dados sobre a urbanização. No caso de urbanização existente na bacia drenada, obter no campo e junto à Prefeitura, informações relativas à sua urbanização na condição atual, como também a prevista no plano diretor, a saber:
 - ❖ Tipo de ocupação das áreas (residências, comércio, praças);
 - ❖ Porcentagem de ocupação dos lotes;
 - ❖ Ocupação do solo nas áreas não-urbanizadas pertencentes à bacia;
 - ❖ Áreas reservadas à recreação;
 - ❖ Informações geotécnicas da área e do lençol freático;
 - ❖ Localização dos pontos de lançamento final;
 - ❖ Dados relativos ao curso d'água receptor;
- ❖ Dispor de informações sobre os níveis máximos do rio no qual será efetuado o lançamento final;
- ❖ Levantamento topográfico do local deste lançamento; e

- ❖ Cadastramento de outros sistemas de drenagem existentes.

Além desses documentos, o responsável técnico poderá requisitar outras informações após uma visita técnica.

1.2.2. CÁLCULO DAS VAZÕES - MÉTODO RACIONAL:

O procedimento de cálculo das vazões de contribuição deverá ser realizado por meio do Método Racional. No entanto, outras metodologias poderão ser utilizadas, desde que devidamente justificadas. Esse método é indicado para bacia que não apresentem complexidade e com áreas não superiores a 2 km². “O método racional, adequadamente aplicado, pode conduzir a resultados satisfatórios em projetos de drenagem urbana, que tenham estruturas hidráulicas como galerias, bueiros, etc. e ainda para estruturas hidráulicas projetadas em pequenas áreas rurais” (CETESB, 1986).

A descarga de cada bacia de contribuição pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$Q = 1,667 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Sendo que:

Q: vazão em L/s;

A: área de drenagem em km²;

C: coeficiente de escoamento superficial (*runoff*);

i: intensidade de precipitação (mm/min)

Após o traçado das bacias de contribuição nos pontos da rede, os cálculos das vazões se darão para cada uma dessas áreas.

Informações quanto ao coeficiente de escoamento superficial a ser utilizado podem ser encontradas na bibliografia especializada. A equação de chuva a ser utilizada é a de São José dos Campos.

1.2.3. COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL:

O Método Racional tem como princípio básico a adoção de um coeficiente único (C), ou *runoff*. Esse coeficiente representa o grau de impermeabilização ou de urbanização da bacia. O coeficiente C assume valores maiores quanto menor a possibilidade de a água precipitada infiltrar-se no solo, ou de ficar retida pela vegetação, ou seja, quanto maior for a parcela de escoamento superficial.

O DAEE propõe em suas publicações os valores a serem utilizados em projeto. No entanto, o coeficiente médio da área de drenagem, considerando todos os tipos de ocupação não deve ser inferior ao apresentado no colocado a seguir:

Quadro 7 – Valores do coeficiente de escoamento superficial - Fonte: DAEE (2006)

| Uso do solo ou grau de urbanização | Valores | |
|---|---------|---------|
| | Mínimos | Máximos |
| Área totalmente urbanizada Urbanização futura | 0,5 | 1,0 |
| Área parcialmente urbanizada Urbanização moderada | 0,35 | 0,5 |
| Área predominantemente de plantações, pastos, etc. Urbanização atual | 0,2 | 0,35 |

O valor do coeficiente será calculado pela média ponderada entre os diversos coeficientes indicados na bacia e a área correspondente a cada um. Com base nesses valores, a Prefeitura Municipal, a seu critério, poderá indicar valores mais restritivos a serem utilizados pelo projetista.

1.2.4. TEMPO DE RETORNO:

Para drenagem urbana, muitos autores recomendam período de retorno de 5 anos. Tucci (2004) recomenda que o período de retorno em áreas urbanas esteja de acordo com o

adensamento populacional previsto para a região podendo variar de 2 a 25 anos. Para Jacareí, podemos considerar que, para novos empreendimentos, o TR seja igual ou superior a 10 anos.

1.2.5. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO:

O tempo de concentração em cada ponto da rede apresenta dois componentes, o primeiro relativo ao escoamento superficial até o elemento da rede e o segundo o escoamento pelo elemento.

Tempo de concentração para dimensionamento das sarjetas (Escoamento superficial até a sarjeta):

O tempo de concentração (t_c) de uma bacia urbana é constituído por três parcelas, a saber:

$$t_c = t_s + t_n + t_q$$

Onde:

t_s : tempo de escoamento em superfície;

t_n : tempo de escoamento em canais rasos (sarjetas);

t_q : tempo de escoamento em trecho canalizado (galerias pluviais e canais).

t_s : corresponde ao tempo de escoamento superficial inicial que decorre do início da bacia de contribuição até a sarjeta, conforme a figura colocada a seguir:

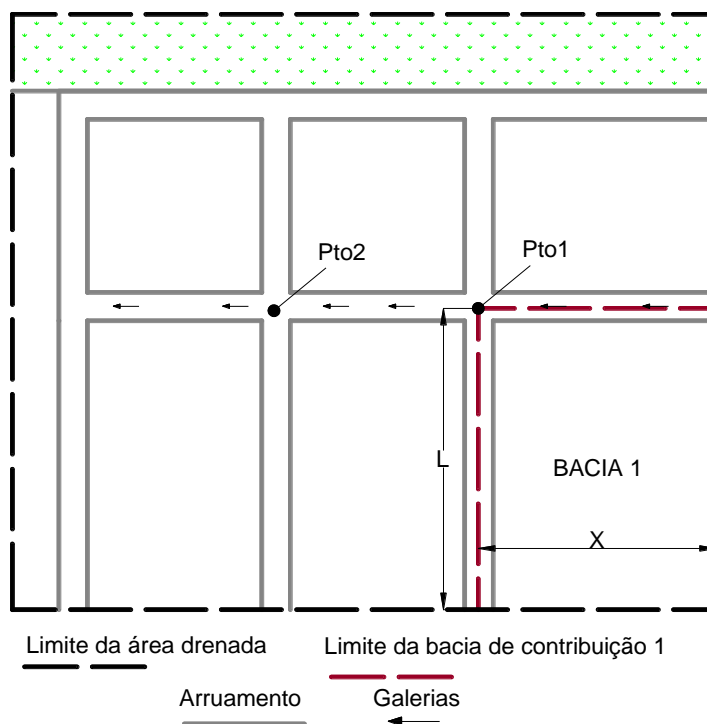


Figura 1 - Exemplo de sistema de drenagem

t_s em minutos, pode ser obtido pelo gráfico da colocado a seguir. Para tanto são necessárias as seguintes informações: declividade (m/m), extensão do percurso, que costuma variar de 50 a 100 m, coeficiente de escoamento superficial, adimensional que depende da superfície do terreno do Método Racional (*runoff*).

O ábaco colocado a seguir, auxiliará a determinação desse valor parcial do t_c :

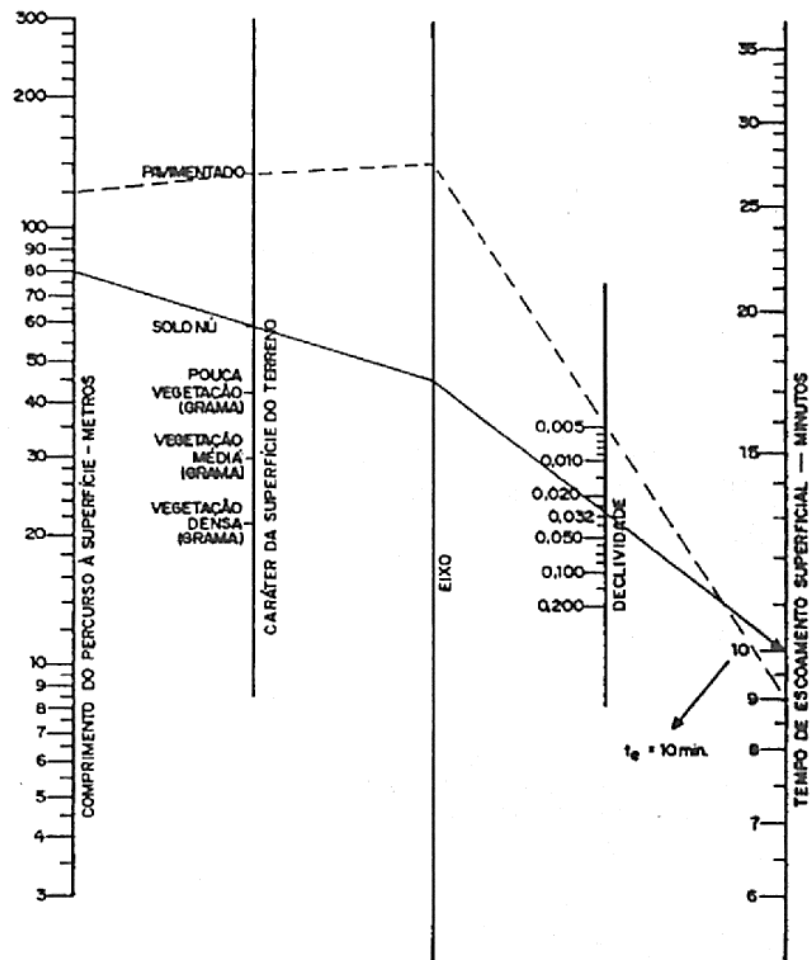


Figura 2 - Ábaco para determinação do tempo de escoamento superficial - Fonte: *Drenagem e Controle d Erosão Urbana -FENDRICH 1997*

Escoamento superficial pela sarjeta (t_n):

Respeitando-se as restrições expostas anteriormente, a velocidade de escoamento pode ser calculada com a equação abaixo, fórmula de Manning modificada por IZZARD:

$$V = \frac{0,375 \times \left(\frac{Z}{n}\right) \times i^{\frac{1}{2}} \times y^{\frac{8}{3}}}{Z \times \frac{y^2}{2}}$$

Sendo que:

V é a velocidade máxima em m/s;

Z é o inverso da declividade transversal (da rua);

i é a declividade longitudinal em m/m

y é a lâmina d'água em metros;

n é o coeficiente de rugosidade do revestimento;

O tempo de escoamento pela sarjeta, em minutos, será igual a:

$$t_n = \frac{L}{V}$$

Sendo que:

V é a velocidade de escoamento em m/min

L é o comprimento do trecho de sarjeta em metros; (respeitando os limites acima expostos)

Tempo de concentração para dimensionamento das galerias (t_c):

Duração do escoamento até a galeria:

O tempo de concentração até a galeria é a somatória dos tempos do escoamento até a sarjeta ($t_s + t_n$), com a duração do escoamento pela sarjeta contada até o ponto onde a descarga total seja superior a capacidade admissível da sarjeta.

Duração do escoamento pela galeria (t_q):

Para a determinação da duração do escoamento em determinado trecho da galeria, conhecendo-se as velocidades limites, que são as mesmas que aplicadas para as sarjetas, e observando-se as restrições impostas para projetos de galerias, procede-se da mesma forma que para as sarjetas, calculando o tempo pela relação entre comprimento e velocidade de escoamento.

1.2.6. DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DE MICRODRENAGEM:

Sarjetas

São canais situados nas laterais das ruas, entre o leito viário e os passeios para pedestres, em geral de seção transversal triangular. Tem a função de coletar as águas de escoamento superficial e transportá-las até as bocas coletoras. São limitadas verticalmente pela guia do passeio, têm seu leito em concreto ou no mesmo material de revestimento da pista de rolamento.

O dimensionamento das sarjetas é feito com a fórmula de Chèzy com coeficiente de Manning. O cálculo da vazão é discriminado a seguir:

$$V = \frac{1}{n} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = A \times V$$

$$R_H = \frac{A}{P}$$

Onde:

V: velocidade de escoamento (m/s)

N: coeficiente de Manning

S: declividade longitudinal da sarjeta (m/m)

Q: vazão na sarjeta (m³/s)

A: seção transversal da sarjeta (m²)

P: perímetro molhado da seção (m)

O dimensionamento hidráulico da sarjeta deve ser feito considerando-se que haverá uma lâmina máxima, cujo valor evita o transbordamento do canal e que é função da geometria do perfil transversal da via pública.

A seguir estão algumas considerações para o cálculo da declividade transversal (Z), conforme CETESB (1986):

Para sarjetas típicas:

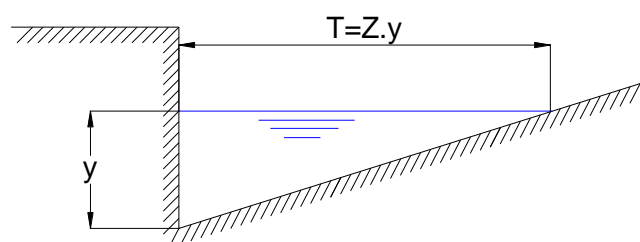


Figura 3 - Declividade transversal em sarjeta de seção típica

A declividade $Z = T/y$, sendo T a dimensão na horizontal da área ocupada pela vazão Q.

Sarjetões:

Para sarjetões o valor de Z deve ser calculado por:

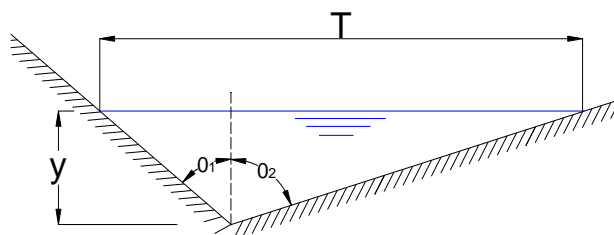


Figura 4 - Declividade transversal em sarjetões

$$Z = \frac{T}{y} \text{ ou } Z = tg\phi_1 + tg\phi_2$$

A descarga admissível na sarjeta deve ser calculada multiplicando-se a capacidade teórica por um fator de redução, tal fator tem por objetivo considerar a menor capacidade efetiva das sarjetas de pequena declividade (acúmulo de sedimentos), como também os riscos para os pedestres no caso de sarjetas de alta declividade, devida a elevadas velocidades de escoamento.

Portanto capacidade admissível das sarjetas é dada por:

$$Q_{Admissível} = F \cdot Q_{teórica}$$

O ábaco colocado a seguir auxilia o cálculo dos fatores de redução de capacidade aplicados de acordo com a declividade, para ruas e avenidas:

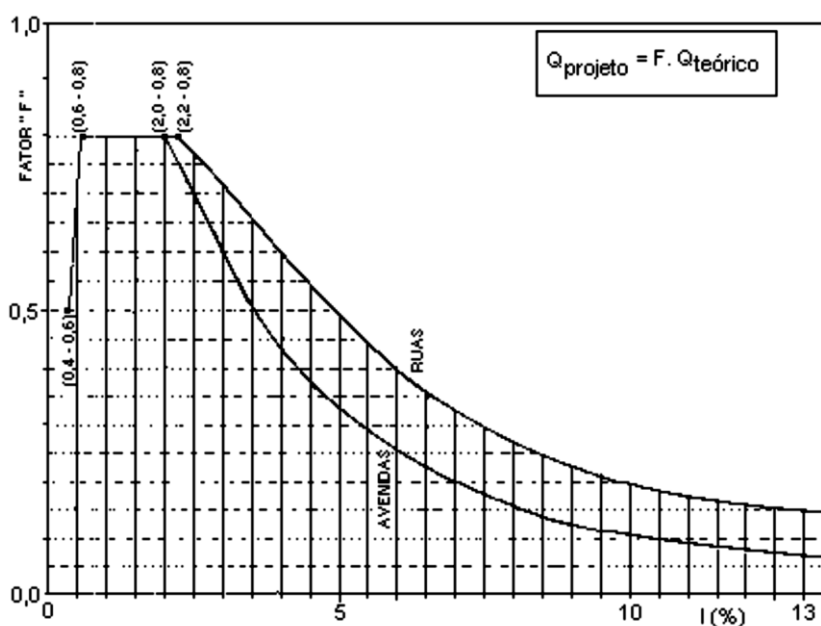


Figura 5 - Fator de redução de capacidade das sarjetas - Fonte: Fernandes (2002)

Além do gráfico colocado anteriormente, podem-se utilizar também os fatores de redução de escoamento de sarjetas apresentados no quadro colocado a seguir:

Quadro 8 - Fatores de redução de escoamento em sarjetas (DAEE – CETESB 1986)

| Declividade da sarjeta (%) | Fator de redução |
|----------------------------|------------------|
| 0,4 | 0,5 |
| 1 a 3 | 0,8 |
| 5 | 0,5 |
| 6 | 0,4 |
| 8 | 0,27 |
| 10 | 0,2 |

Considerações e Restrições:

Para o dimensionamento de sarjetas segue abaixo algumas restrições e considerações, quanto às velocidades limites e rugosidade dos canais.

O coeficiente de Manning, que depende da rugosidade, para canais em concreto em condições boas adotado será de 0,017.

As velocidades de escoamento nas sarjetas devem respeitar os seguintes limites:

$$V_{\text{máx}} = 4 \text{ m/s (DAEE, 2006);}$$

$$V_{\text{mín}} = 0,8 \text{ m/s.}$$

O limitante mínimo é imposto para que não haja acúmulo de sedimentos, o que diminui a área útil para o escoamento. Já o limite máximo, garante a segurança dos pedestres.

A Prefeitura, a seu critério, reserva-se o direito de exigir dispositivos padronizados.

1.2.7. BOCA COLETORA - BOCA DE LOBO:

Destinados a captar as águas das sarjetas e conduzi-las as galerias, esses dispositivos serão implantados a montante dos trechos onde a capacidade de escoamento da via pública for inferior à vazão afluente. Seu posicionamento deve seguir as seguintes recomendações:

- ❖ Devem ser localizadas em ambos os lados da rua a montante do ponto onde o escoamento pluvial atingir o limite da capacidade hidráulica da sarjeta, para o valor da altura máxima de água;
- ❖ Esgotar toda a vazão de projeto de sua bacia de contribuição;
- ❖ Serão localizadas nos pontos baixos das quadras;
- ❖ Indica-se que a instalação de boca de lobo seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento, junto às esquinas, para evitar enxurradas convergentes, prejudiciais ao trânsito de pedestres.

Tipos de boca coletora

A Prefeitura Municipal de Jacareí se reserva o direito de exigir bocas de lobo padronizadas. De acordo com Fernandes (2002), a escolha do tipo de estrutura coletora a ser adotada é de grande importância para a eficiência da drenagem. Para que esta opção seja correta, deve-se analisar diversos fatores físicos e hidráulicos, tais como ponto de localização, vazão de projeto, declividade transversal e longitudinal da sarjeta e da Rua, interferência no tráfego e possibilidades de obstruções.

A seguir são citadas, para alguns tipos de boca coletora, as situações em que melhor cada uma se adapta:

- ❖ **Boca coletora lateral ou simples**, indicadas para pontos intermediários em sarjetas com pequena declividade longitudinal (1 a 5%); presença de materiais obstrutivos nas sarjetas; vias de tráfego intenso e rápido; montante dos cruzamentos.
- ❖ **Boca coletora com grelha**: sarjetas com limitação de depressão; inexistência de materiais obstrutivos; em pontos intermediários em ruas com alta declividade longitudinal (1 a 10%).
- ❖ **Combinada**: pontos baixos de ruas; pontos intermediários da sarjeta com declividade média entre 5 e 10%; presença de detritos.

Os tipos de bocas de lobo para as quais será apresentado o dimensionamento nos itens a seguir são as localizadas nos pontos baixos das ruas e sem depressão para entrada da água, detalhes sobre bocas coletoras com depressão, como também as localizadas em pontos intermediários das sarjetas podem ser encontrados em:

- ❖ **Drenagem Urbana**, Manual de Projeto da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB; Engenharia de Drenagem Superficial de Paulo Sampaio Wilken;
- ❖ **Manual de Hidráulica** de José M. de Azevedo Netto;
- ❖ **Microdrenagem, Um Estudo Inicial** de Carlos Fernandes.

Dimensionamento de Boca de lobo simples

As bocas de lobo podem funcionar sob duas condições de escoamento: escoamento com superfície livre que funciona como vertedor e afogado na qual a boca de lobo trabalha como orifício.

Para a determinação da capacidade de esgotamento da boca de lobo simples em pontos baixos das sarjetas, pode ser utilizada a figura colocada a seguir, sendo utilizado tanto para o escoamento como superfície livre quanto para o escoamento afogado.

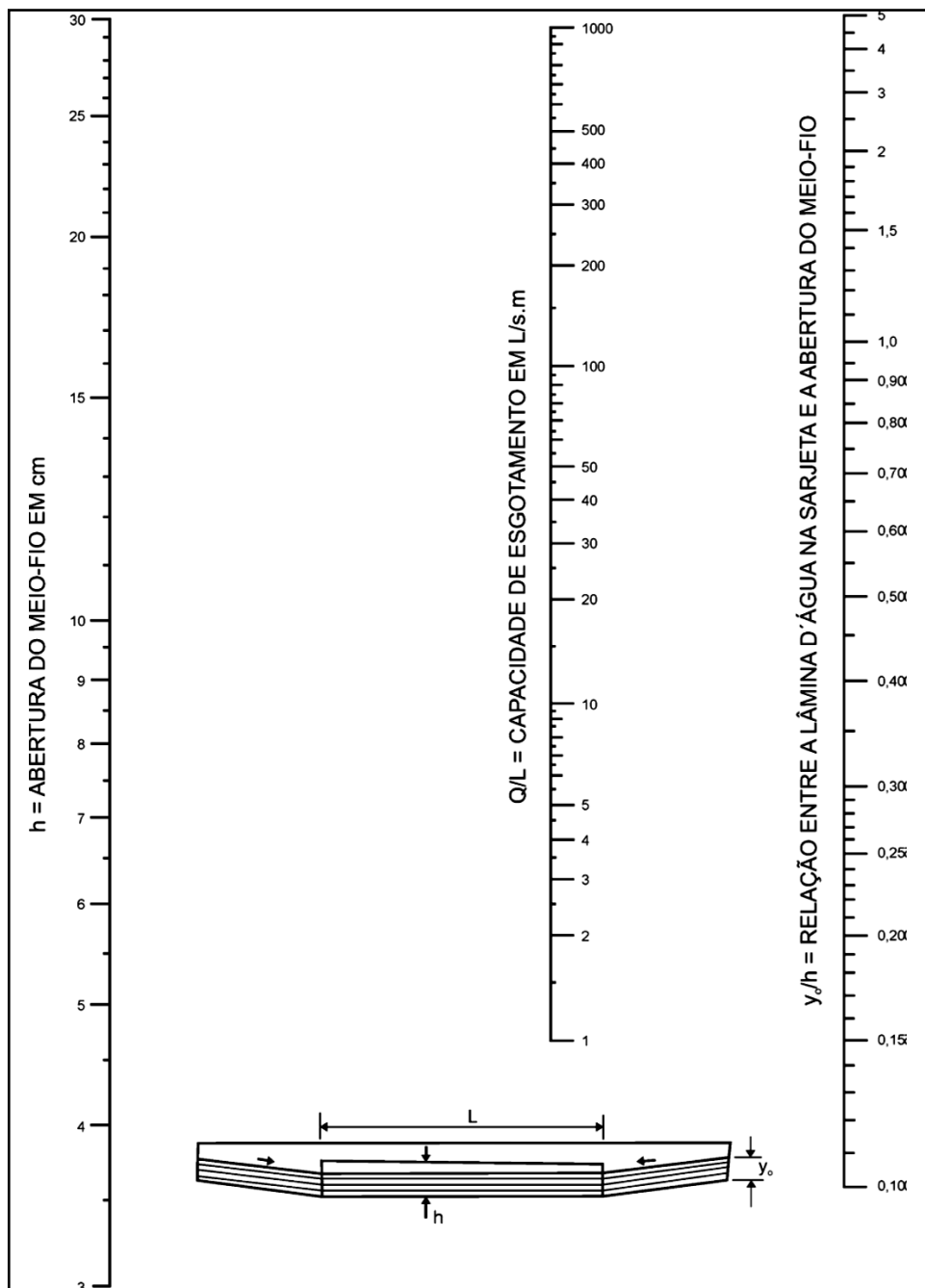


Figura 6 - Nomograma para cálculo da capacidade de engolimento da sarjeta ilustrada CE-TESB (2006)

O nomograma da figura colocada a seguir foi construído sobre as seguintes hipóteses:

- ❖ Para alturas d'água até a altura da abertura ($y/h \leq 1$)

Para essa situação, a boca-de-lobo funciona como vertedor, sendo que a relação entre a vazão e a abertura é dada pela fórmula:

$$\frac{Q}{L} = 1,703 \cdot y^{3/2}$$

Onde: y = altura da água na entrada, em m;
 h = altura da abertura no meio-fio, em m; Q = vazão máxima esgotada pela boca-de-lobo, em m³/s
 L = comprimento da abertura, em m;

- ❖ Para alturas d'água iguais ou maiores que duas vezes a altura da abertura ($y/h \geq 2$):

Supõe-se para esse caso que a boca-de-lobo funciona como orifício, sendo a vazão dada pela fórmula derivada dos orifícios:

$$\frac{Q}{L} = 3,101 \cdot h^{3/2} \cdot \left(\frac{y'}{h}\right)^{1/2}$$

Sendo que:

y' é a carga no meio da abertura do meio-fio, ou seja:

$$y' = y - \frac{h}{2}$$

- ❖ Para alturas d'água entre uma e duas vezes a altura da abertura no meio-fio

O funcionamento da boca de lobo é indefinido, adotando-se uma transição no nomenclatura.

Dimensionamento de Boca de lobo com grelhas

De acordo com CETESB (1986), o dimensionamento de bocas coletoras do tipo grelhas é realizado considerando-se sempre que essas estejam limpas, isentas de quaisquer obstruções e que operam com a máxima eficiência. Como nem sempre essas condições são atendidas, é usual a adoção de coeficientes de redução da capacidade teórica da vazão.

As grelhas funcionam como vertedor de soleira livre para profundidade de lâmina d'água de até 12 cm e passam a funcionar como orifício somente com lâmina superior a 42 cm, de acordo com *United States Army Corps of Engineers*, para lâmina intermediárias o funcionamento é indefinido.

As grelhas são dimensionadas considerando essas duas condições citadas acima:

Para $y < 0,12$ m
 (A boca de lobo funciona como vertedor)
$$\frac{Q}{p} = 1,655 \cdot y^{1,5}$$

Para $y > 0,42$ m
 (A boca de lobo funciona como orifício)
$$\frac{Q}{A_u} = 2,91 \cdot y^{0,5}$$

O perímetro “p” da abertura das grelhas é calculado sem levar em consideração as barras internas e descontando-se os lados por onde a água não entra (lado junto a face da guia).

n: número de aberturas da grelha

A área útil (A_u) deve se excluir da área total as áreas das barras.

$$A_u = n \times (a_1 \times e) \qquad p = 2 \times (a_1 + a_2)$$

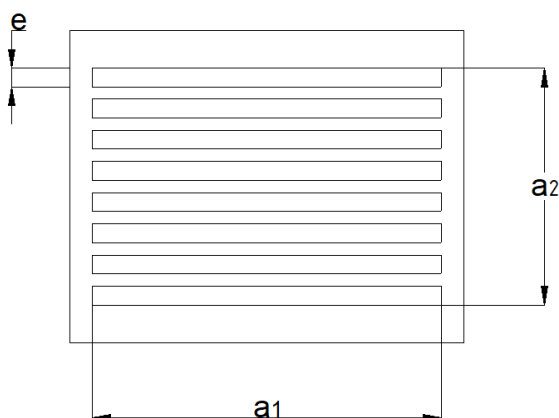


Figura 7 - Boca de lobo com grelha

Eficiência das bocas coletoras

A capacidade de esgotamento real das bocas de lobo é menor que a teórica devido a vários fatores, tais como: obstrução por lixo e entulho, irregularidades nos pavimentos das Ruas junto as sarjetas, entre outros. Para que essas situações possam ser consideradas, no quadro colocado a seguir, são propostos alguns coeficientes de redução.

Quadro 9 - Fator de redução de escoamento para boca de lobo Fonte: DAEE/CETESB (1986)

| Localização nas sarjetas | Tipo de boca-de-lobo | % permitida sobre o valor teórico |
|--------------------------|---|---|
| Ponto baixo | Simple | 80 |
| | Combinada | 65 |
| | Com grelha | 50 |
| Ponto intermediário | Simple | 80 |
| | Grelha longitudinal | 60 |
| | Grelha transversal, ou longitudinal com barras transversais | 50 |
| | Combinada | 110% dos valores indicados para a grelha correspondente |

O posicionamento das bocas coletoras deve seguir as seguintes recomendações:

- ❖ Devem ser locadas em ambos os lados da rua quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou a montante do ponto onde forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- ❖ Serão locadas nos pontos baixos das quadras;
- ❖ Recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas-de-lobo caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta;
- ❖ Indica-se que a instalação de bocas-de-lobo seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
- ❖ Não é aconselhável a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas Ruas convergentes pelos seguintes motivos:
- ❖ Os pedestres, para cruzarem uma rua, necessitarão saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; e
- ❖ As torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas terão como resultante um escoamento de velocidade contrária ao da afluência para o interior da boca-de-lobo.

1.2.8. GALERIAS

O dimensionamento das galerias se processa, usualmente, por meio da equação Chèzy com coeficiente de Manning. O equacionamento para seções circulares pode ser encontrado em PORTO (1998), NETTO, et al (1998) entre outras bibliografias consagradas.

O roteiro de cálculo deve atentar para as recomendações e restrições apresentadas a seguir:

Recomendações e restrições de projeto:

❖ Diâmetro Mínimo

Propõe-se para Jacareí que o diâmetro mínimo das galerias em concreto deva ser de 0,6 metros, admitindo-se 0,40 m para os ramais entre as bocas de lobo e as galerias.

❖ Lâmina máxima

De acordo com Porto (1998) a situação em que as galerias escoam sua vazão máxima é quando o escoamento apresenta lâmina d'água é igual a 95% do diâmetro e não em seção plena, portanto essas devem ser projetadas de forma que a altura máxima d'água não ultrapasse 95% de seu diâmetro.

❖ Limites de velocidade

O limite de velocidade em galerias é 4,0 m/s.

❖ Coeficiente de rugosidade

Para tubulações em concreto o coeficiente de rugosidade de Manning pode ser adotado igual a 0,017 para condições regulares, segundo Porto (1998).

❖ Profundidade da tubulação

Para o emprego de tubulações sem estrutura especial, o cobrimento mínimo será de 1 metro sob o leito carroçável. Quando, por imposição da topografia, este limite não puder ser atendido, haverá necessidade do emprego de tubulações especialmente dimensionadas do ponto de vista estrutural.

No caso de as tubulações não estarem localizadas sob o leito carroçável, admite-se um recobrimento de 0,80 m. O recobrimento máximo permitido será de 3,5 m.

1.2.9. POÇOS DE VISITA

Os poços de visita são dispositivos que têm a finalidade de permitir mudanças das dimensões das galerias ou de sua declividade e direção, como também permitir a limpeza nas galerias e a verificação de seu funcionamento e eficiência. São localizados também quando, para um mesmo local, concorrem mais de um coletor.

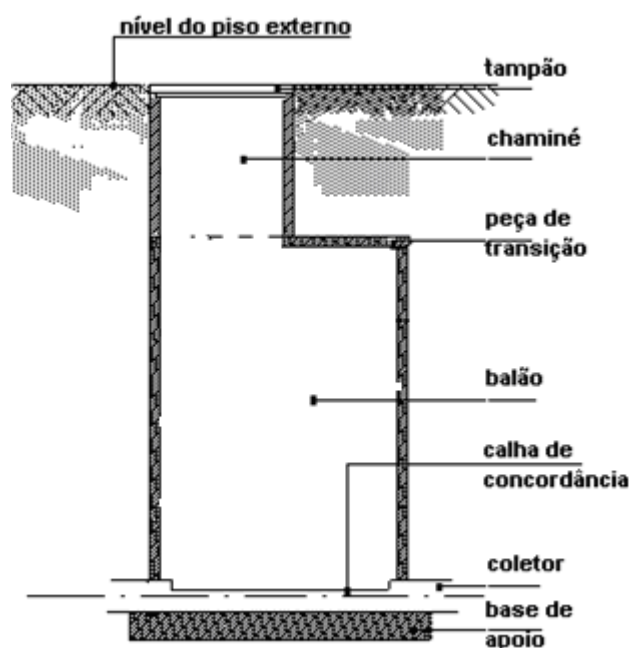


Figura 8 - Poço de visita tradicional - Fonte: FERNANDES (2002)

Seu posicionamento deve ser realizado após o dimensionamento e localização das bocas de lobo e sarjetas, visando atender toda vazão escoada por meio destes. Empregam-se os poços de visitas em:

- ❖ Cabeceiras das redes;
- ❖ Mudanças de direção da rede;
- ❖ Alterações de diâmetro;
- ❖ Alterações de posição e/ou direção da geratriz do interior da tubulação;
- ❖ Desníveis nas calhas;
- ❖ Mudanças de material;

- ❖ Encontro de redes;

Demais recomendações:

- ❖ A distância máxima entre dois Poços de Visita será de 100m;
- ❖ Nos loteamentos novos a municipalidade poderá exigir a utilização de PV padronizado; condomínios fechados poderão apresentar outros dispositivos que serão aprovados ou não a critério da equipe técnica da Prefeitura.

1.2.10. RECOMENDAÇÕES E RESTRIÇÕES DE PROJETO

- ❖ Quando se verificar o aumento do diâmetro de um trecho para outro, no poço de visita correspondente, a geratriz inferior da tubulação de jusante deve ser rebaixada de uma altura igual à diferença entre os diâmetros dos dois tubos.
- ❖ No caso de trechos de coletores chegarem ao PV acima do nível do fundo são necessários cuidados especiais na sua confecção a fim de que haja operacionalidade do poço sem constrangimento do operário encarregado de trabalhar no interior do balão. Para desníveis abaixo de 0,50 m não se fazem obrigatórias medidas de precaução, considerando-se a quantidade mínima de respingos e a inexistência de erosão provocada pela queda do líquido sobre a calha coletora.
- ❖ Para desníveis a partir de 0,50 m serão obrigatoriamente instalados os chamados "poços de queda", para atenuar o desnível antes da chegada do coletor ao PV.

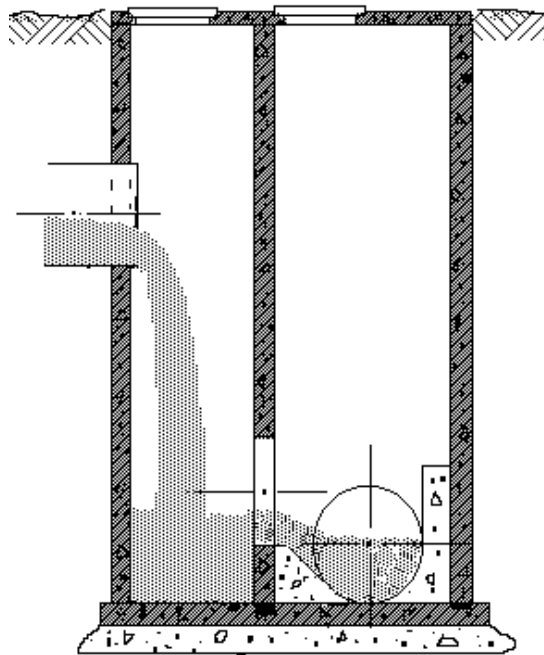


Figura 9 - Poço de visita com poço de queda - Fonte: FERNANDES (2002)

Cabe salientar que os poços de visita só devem ser executados quando a rede a montante e a jusante já estiverem assentados, para evitar alterações na sua profundidade em função da ocorrência de mudanças de cotas de assentamento de um deles por interferência na rede ou por outros fatores.

Apresentação do projeto:

A apresentação do projeto deve ser em três vias impressas de igual teor e cópia digital dos textos e desenhos, ambos disponíveis para edição, contendo:

- ❖ Memorial descritiva e Justificativa das soluções adotadas
- ❖ Plantas cadastrais da área:
- ❖ Plantas em escala 1:2000 da área, contendo:
 - ❖ Limite das bacias de contribuição;
 - ❖ Divisão em zonas de diferentes impermeabilidades;
 - ❖ Indicação do escoamento superficial por meio de setas em cada trecho e cruzamentos de vias;
 - ❖ Indicação dos tipos de sarjetões em cada cruzamento de vias;
 - ❖ Cotas em todos os cruzamentos e mudanças de direções das vias

- ❖ Plantas do projeto:
- ❖ Plantas em escala 1:1.000 da área em estudo, contendo:
- ❖ Limite das bacias de contribuição;
- ❖ Traçado da rede de galerias, com poços de visita, boca de lobo e caixas de ligação;
- ❖ Indicação em cada trecho de galeria do seu comprimento, diâmetro, declividade e profundidades a montante e a jusante;
- ❖ Cotas do tampão e do fundo dos poços de visita;
- ❖ Corte transversal do perfil das vias;
- ❖ Cortes longitudinais das vias e das redes de galerias
- ❖ Nível d'água máxima do corpo receptor;
- ❖ Plantas e cortes detalhando as bocas-de-lobo, poços de visita, caixas de ligação, reservatório de retenção, elementos de lançamento no corpo receptor e demais acessórios do sistema de drenagem.
- ❖ Devem ser apresentadas tabelas relativas aos cálculos do dimensionamento hidráulico das sarjetas e galerias.

Observação: Todos os elementos gráficos do projeto devem basear-se em levantamentos georreferenciados à base topográfica oficial do município.

1.3. AÇÕES MITIGATÓRIAS

O crescimento do adensamento urbano de uma cidade exige que a capacidade dos condutos da rede de drenagem seja ampliada. Como essa adaptação usualmente não ocorre, a rede de drenagem secundária fica sobrecarregada pelo aumento da vazão, fazendo com que ocorram impactos maiores na macrodrenagem. A isso, somam-se uma coleta de lixo ineficiente e o comportamento indisciplinado dos cidadãos, o que acaba por entupir os bueiros e galerias e deteriorar ainda mais a capacidade de escoamento nos condutos além e piorar significativamente a qualidade da água. Estes problemas são intensificados com a ocupação indisciplinada das várzeas, aumentando os custos gerais de utilidade pública e causando maiores prejuízos.

Portanto, a urbanização pode causar impactos sobre a quantidade de água (inundações), sobre a quantidade de sedimentos, associado aos resíduos sólidos e sobre a qualidade da água, que pode degradar-se até atingir a carga orgânica semelhante a um esgoto doméstico. Os principais impactos são:

- ❖ Aumento do escoamento superficial;
- ❖ Redução da evapotranspiração, do escoamento subterrâneo e do lençol freático;
- ❖ Aumento da produção de resíduos sólidos;
- ❖ Deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente devido à poluição difusa.

Quanto aos impactos sobre a quantidade de água, a intensa impermeabilização do solo aumenta substancialmente o volume a ser escoado por canais e condutos. A velocidade de escoamento das áreas urbanizadas é superior com relação ao escoamento nas superfícies naturais, diminuindo o tempo de percurso, provocando assim maiores picos de vazões. Esses dois fatores resultam em um aumento nas vazões que podem chegar a até 7 vezes.

O controle dos impactos da urbanização pode ser traduzido como o controle das enchentes urbanas, já que esse problema é a sua principal consequência. Esse controle deve ser mantido permanentemente não só por meio de manutenção e limpeza dos elementos desse sistema, mas também com a conscientização da população, vindo essa a participar de forma contínua.

Ressaltamos que os problemas de enchentes das cidades são decorrentes do seu projeto e gerenciamento urbanístico. Não se trata, portanto, de problemas de ordem hidrológica ou hidráulica. Hidraulicamente é sempre possível lidar com esses fenômenos, retendo águas à montante ou liberando a sua livre passagem para jusante. No entanto, para que as soluções hidráulicas sejam economicamente viáveis, é necessário que os gerentes das cidades estabeleçam limites para a geração das águas adicionais relativas à urbanização.

De acordo com TUCCI, *et al* (1995) o controle das enchentes deve seguir, dentre outros, os princípios abaixo listados:

- ❖ O controle de enchentes deve contemplar a bacia onde a urbanização se desenvolve e as medidas não devem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra. Caso isso ocorra, deve-se implantar uma medida mitigatória.
- ❖ A ação pública deve ser realizada preventivamente, indicando sempre as áreas passíveis de desenvolvimento e as densidades máximas que as áreas já loteadas devem assumir
- ❖ A urbanização deve ocorrer de forma a não aumentar a cheia natural pelos que ocupam a bacia, ou seja, o volume que será escoado superficialmente devido à impermeabilização do solo deve ser reservado pelo seu usuário.

- ❖ Visando a diminuição dos impactos socioeconômicos a legislação de ocupação do solo das áreas de risco deve ser seguida e o seu cumprimento deve ser potencialmente fiscalizado.

Para mitigar os efeitos da urbanização em meios urbanos podem ser utilizados três tipos de medidas: convencionais:

- ❖ armazenamento de montante (macrodrenagem);
- ❖ detenção “in situ” (bacias de detenção e retenção locais); e
- ❖ não convencionais: técnicas compensatórias (técnicas em drenagem urbana de baixo impacto, como, por exemplo, trincheiras de infiltração, planos de infiltração, telhados verdes, pavimentos permeáveis, etc.), e medidas não estruturais.

Conforme previsto por Tucci et al. (1995), é recomendado que as medidas estruturais de maior porte estejam combinadas à medidas compensatórias para controle dos volumes incrementais de escoamento decorrente da impermeabilização do solo, e demais alterações em suas características naturais. Essa postura possibilita que incrementos de volume não previstos possam ser contidos no lote ou em empreendimentos de maior porte/loteamentos.

As medidas não-estruturais propostas nesse documento têm por objetivo contemplar ações que buscam regular a obtenção de recursos financeiros, promover o treinamento dos recursos humanos, estabelecer instrumentos legais consistentes e também orientar quanto à adoção de medidas compensatórias.

No que se refere à implantação da medida prevista para obtenção de recursos financeiros, por exemplo, cabe aos técnicos da Prefeitura Municipal, tendo em vista as orientações do presente estudo, promover as ações necessárias no sentido de manter o volume necessário de recursos para a melhoria contínua do sistema de drenagem, quais sejam: implantação de dispositivos estruturais e compensatórios, manutenção dos dispositivos implantados, regularização de novos loteamentos para evitar o incremento no volume de escoamento fora dos limites previstos.

O mesmo ocorre quanto às medidas previstas para promoção do treinamento dos recursos humanos e para estabelecimento de instrumentos legais, dada as orientações técnicas sobre

as necessidades do sistema de drenagem, cabe à Prefeitura Municipal viabilizar a execução das ações propostas.

A adoção de medidas compensatórias, previstas para regularização de loteamentos e outras propriedades cujo escopo está definido como sistema de micro ou mesodrenagem, necessita de diretrizes quanto aos métodos de cálculo e parâmetros mínimos a serem seguidos na elaboração de projetos. Estas orientações têm por objetivo nortear os técnicos da Prefeitura Municipal para que estes possam orientar os empreendedores, e também para que estejam capacitados para avaliar e aprovar os projetos que deverão a eles submetidos na ocasião da instalação de novos empreendimentos.

Desta forma, nos itens a seguir estão apresentadas diretrizes de projeto de algumas destas medidas não convencionais e convencionais de pequeno e médio porte.

1.4. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

As ações não estruturais podem ser eficazes com custos mais baixos e horizontes mais longos de atuação comparados com as medidas estruturais. Elas podem ser agrupadas em:

- ❖ Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale);
- ❖ Proteção contra inundações (medidas de proteção individual das edificações em áreas de risco);
- ❖ Seguro de enchente;
- ❖ Sistemas de alerta, ações de defesa civil e relocações.

Conforme Canholi (2005), as ações de regulamentação do uso do solo visam prevenir contra os fatores de ampliação dos deflúvios, intensificado pela impermeabilização progressiva da bacia, pelas ocupações ribeirinhas, fatores que sobrecarregam a capacidade de armazenamento natural do solo.

Com especificação de áreas sujeita a inundação é possível estabelecer o zoneamento, como também uma regulamentação para construção, ou ainda para eventuais obras de proteção individuais que podem ser incluídas nas construções existentes (instalação de comportas, portas-estanques e outras).

Seguro de enchente permite aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para as perdas decorrentes dos eventos de inundação. Os seguros de enchentes podem ser calculados a partir da determinação dos riscos associados às cheias.

Os sistemas de previsão e alerta visam evitar o fator surpresa, evitando vítimas fatais e grandes prejuízos. Tal sistema facilita ações preventivas de isolamento e de retirada de pessoas e de bens das áreas de riscos, como também adoção de desvios de tráfego.

As medidas não estruturais que contribuirão para controle e gestão da drenagem urbana em um município, considerando as apresentadas anteriormente, podem ser resumidas nas seguintes medidas:

Medidas de Caráter Legislativo: propor novos projetos de leis/decretos e alterações nas legislações municipais vigentes que tenham relação com a drenagem urbana e pluvial (PDU - Plano de Desenvolvimento Urbano, Código de Obras, Código de Meio Ambiente, Código de Limpeza Pública, Lei de Licenciamento Ambiental, Lei Orgânica, etc.).

Medidas de Planejamento Urbano: propor ações que integrem os diferentes planos da cidade que apresentem interface com a drenagem urbana (Plano de Desenvolvimento Urbano, Plano Viário, Plano Diretor de Resíduos Sólidos) e elaborar zoneamentos de áreas críticas do município propícias à inundação e deslizamentos. Propor também recomendações para o uso e ocupação ordenado do solo com vistas a prevenir e minimizar tais problemas.

Medidas de Caráter Educativo: propor ações educativas de uso e conservação do sistema de drenagem junto à população, que promovam a mudança de comportamento com relação à destinação adequada de lixo e esgotos, a redução dos processos erosivos e a prevenção de doenças relacionadas ao saneamento, bem como realizar o aperfeiçoamento e a atualização de profissionais e administradores públicos que atuam no setor, para que as decisões sejam tomadas com maior eficiência e conhecimento técnico.

Medidas de Caráter Institucional: apresentar um modelo de organização institucional e regulamentar para a gestão do sistema de drenagem pluvial urbana abrangendo os seguintes aspectos: estrutura gerencial, atribuições gerais e base jurídica, recursos humanos necessários, propor um modelo de planejamento para o gerenciamento do sistema de drenagem pluvial tendo como referência às bacias hidrográficas e respectivas microbacias de drenagem como unidade

de planejamento e gestão de forma a viabilizar a implementação e continuidade dos investimentos e ações previstos em Plano de Drenagem Urbana. Avaliar a possibilidade de adoção de um modelo de gestão fundamentada na cobrança de tarifa pelo serviço de drenagem pluvial.

Programa de Monitoramento: programa de monitoramento de precipitações pluviométricas, níveis, qualidade de água do sistema de drenagem, indicando locais para instalação de pluviógrafos, régua limnimétrica e linígrafos e de inspeção periódica do sistema de drenagem (rede, galerias, elevatórias e estações de bombeamento), de forma a otimizar as programações de manutenção do sistema. O programa de monitoramento deverá ser proposto de tal forma que permita melhor entendimento da relação entre precipitações pluviométricas e níveis d'água no sistema de drenagem, permitindo no futuro o desenvolvimento de modelos matemáticos de previsão de níveis d'água. Deverão ser ainda propostos pontos para monitoramento de qualidade de água do sistema de drenagem, bem como parâmetros a serem analisados, metodologia e periodicidade de amostragem.

1.4.1. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS – ESTRUTURAIS - CONTROLE LOCAL

Essas medidas de controle, também conhecidas como controle na fonte, se constituem principalmente na implantação de áreas de infiltração e percolação e reservatórios de armazenamento, conforme citado anteriormente.

Suas principais características desse controle local, conforme TUCCI, et al (1995), são:

- ❖ Aumento da eficiência do sistema de drenagem de jusante dos locais controlados;
- ❖ Aumento da capacidade de controle de enchentes dos sistemas;
- ❖ Dificuldade de controlar, projetar e fazer manutenção de um grande número de sistemas;

Observação: Os custos de operação e manutenção podem ser altos.

1.4.2. TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

As trincheiras de infiltração são recomendadas para reter a água, bem como melhorar os aspectos qualitativos associados às águas pluviais, devendo considerar os seguintes aspectos, conforme relata o Manual Prince George's County.

Quadro 10 - Informações sobre a estrutura - Fonte: Prince George's County

| Características | Limitações |
|------------------------------------|--|
| Área de superfície mínima (metros) | 2,4 a 6,1 |
| Largura | 0,6 a 1,2 |
| Comprimento | 1,2 a 2,4 |
| Solos | Permeáveis, com infiltração de 1,32 cm/h são recomendados. |
| Declividades | Não é uma limitação usualmente, mas deve ser considerado no projeto. Deve ser locado abaixo do nível das construções e fundações |
| Nível do lençol ou leito de rocha | 0,6 a 1,2 metros de espaço livre entre água e o leito de rocha |
| Proximidade de fundações | Distância mínima de 3,05 metros |
| Profundidade máxima | 1,8 a 3,0 metros dependendo do solo |
| Manutenção | Moderada a alta |

Estas estruturas são mais efetivas e tem vida útil maior quando algum pré-tratamento é incluído em seu projeto, como filtros de faixas vegetadas ou canais vegetados.

As especificações para implantação de trincheiras de infiltração consistem nos seguintes aspectos:

A trincheira de infiltração não pode receber escoamento até que a mesma esteja finalizada e estabilizada;

- ❖ Deve-se evitar ao máximo o tráfego de veículos e equipamentos pesados para reduzir a compactação do solo;
- ❖ O material proveniente da escavação das trincheiras pode ser utilizado na estabilização da estrutura;

- ❖ Caso haja árvores nas proximidades do local onde a estrutura será construída deve-se prever uma manta geotêxtil mais resistente, evitando que raízes interfiram com a estrutura.

1.4.3. PLANOS DE INFILTRAÇÃO

Planos de infiltração são dispositivos de infiltração e percolação, geralmente áreas gramadas laterais que recebem a precipitação de uma área impermeável.

Assim como as valas e valetas de infiltração, os planos são constituídos por simples depressões escavadas no solo com objetivo de recolher águas pluviais e efetuar armazenamento temporário, podendo favorecer a infiltração.

Estas estruturas podem ser implantadas ao longo do sistema viário, jardins, terrenos esportivos e em áreas verdes em geral.

O projeto destas estruturas é simples, e elas podem receber cobertura vegetal, bem como canaletas de fundo para facilitar o escoamento final dos volumes. As vantagens apontadas por Baptista et al. (2005) foram:

- ❖ Baixo custo de construção e manutenção;
- ❖ Benefício financeiro pela redução das dimensões da rede;
- ❖ Ganhos paisagísticos e benefícios ambientais (melhoria da qualidade da água)
- ❖ Exercem a função de pré-tratamento (remoção de poluentes por sedimentação, filtração e adsorção);
- ❖ Possibilidade de uso de materiais locais;
- ❖ Fácil manutenção.
- ❖ O autor apresenta ainda algumas restrições à implantação de Planos de Infiltração, quais sejam:
- ❖ Exigência de espaço específico;
- ❖ Manutenção periódica;
- ❖ Eficiência restrita devido a altas declividades (deposição de sedimentos, perda do volume de detenção – compartimentação e erosão);
- ❖ Possibilidade de estagnação das águas (risco sanitário);
- ❖ Poluição do lençol.

- ❖ A viabilidade da implantação de uma estrutura de infiltração depende da análise dos seguintes parâmetros (Baptista et al, 2005):
- ❖ Infiltração superior a 10 a 7 m/s e não deve ser o único meio de evacuação;
- ❖ Lençol a mais de 1 metro;
- ❖ Águas pouco poluídas e com pouco fino;
- ❖ Solo suporte deve ser propício a presença de água;
- ❖ O sítio não deve ser área de infiltração regulamentada.
- ❖ E finalmente o autor cita algumas condicionantes de projeto:
- ❖ Tipo de vegetação: adaptadas a curtos períodos de inundação periódica, árvores perenifólias, principalmente quando houver orifícios de regulação de vazão.
- ❖ Topografia: terrenos planos ou com declividade reduzida – divisórias para evitar estagnação;
- ❖ Infraestrutura e superestruturas: Vala de infiltração contígua – afastar ou posicionar em nível inferior ao leito da via, implantação de cortina ou parede impermeável entre a vala e o pavimento.
- ❖ Informações de caráter hidrológico e geotécnico idem trincheiras.



Figura 10 - Plano de infiltração – Adaptação VM Engenharia

Tais dispositivos são dimensionados com o método racional, acrescentando sempre 25% para considerar a precipitação antecedente.

Essa solução não é aconselhável quando o lençol freático do período chuvoso ou a camada impermeável são menores que 1,2 m.

1.4.4. VALOS DE INFILTRAÇÃO

São dispositivos de drenagem lateral, usualmente dispostos paralelamente as vias públicas, como ruas, estradas, estacionamentos.

O objetivo dessa solução é criar condições para infiltração ao longo de seu comprimento, como a infiltração é um processo lento, seu volume deve ser suficiente para não haver transbordamento.

A figura colocada a seguir apresenta os detalhes construtivos do valo com dispositivo de percolação, conforme Urbonas e Stahre (1993).

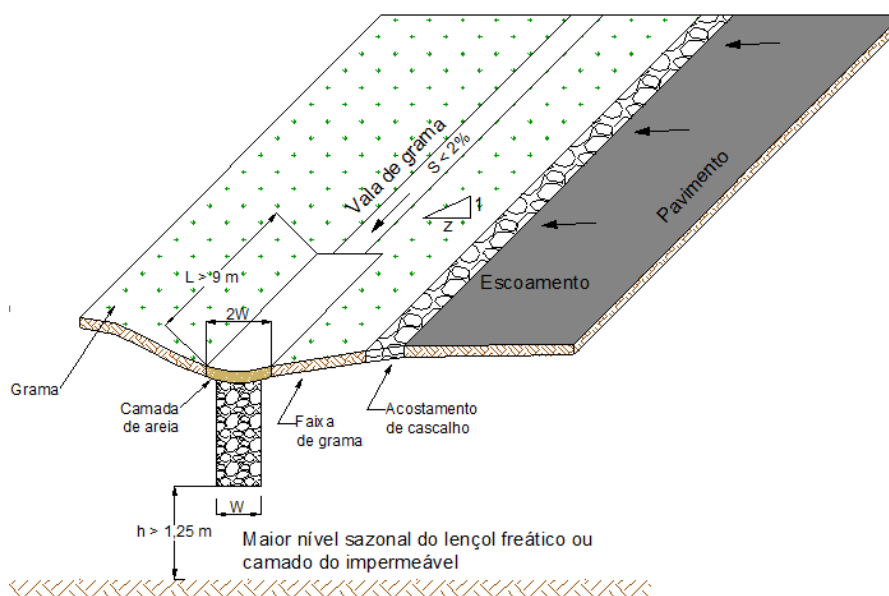


Figura 11 - Vista geral do valo de infiltração - Fonte: Urbonas e Stahre, 1993

1.4.5. BACIAS DE PERCOLAÇÃO

Dispositivos localizados dentro de lotes, que tem como finalidade aumentar a recarga e reduzir o escoamento superficial, essas bacias são construídas para receber a águas do telhado. O armazenamento é feito na camada superior do solo e é função da porosidade e da percolação.

São construídas retirando-se o solo e preenchendo-se com cascalho para criar espaço para o armazenamento. Sua principal desvantagem perante as outras técnicas é o fácil

preenchimento dos espaços entre os elementos por material fino, sendo assim recomendável a implantação de filtro.

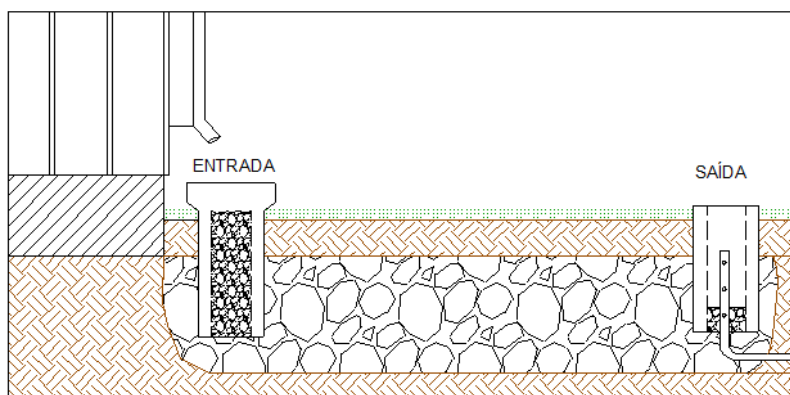


Figura 12 - Exemplo de bacia de percolação Adaptado de Holmstrand (1984)

1.4.6. PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

O Pavimento Permeável é uma estrutura de armazenamento da água pluvial tendo como função complementar o suporte de tráfego de veículos. O funcionamento hidráulico dos pavimentos permeáveis, de acordo com Azzout et al (1994) apud Aciole (2005) compreende:

- ❖ Entrada imediata da água da chuva no corpo do pavimento, que pode ser distribuída (pavimento poroso) ou localizada (drenos laterais ou bocas-de-lobo);
- ❖ Armazenamento temporário da água nos vazios da camada de brita;
- ❖ Evacuação por infiltração no solo, ou liberação lenta para rede de drenagem.
- ❖ As vantagens listadas por Ciria (1996) apud Aciole (2005) do uso de pavimentos permeáveis são:
- ❖ Redução do volume destinado à rede de drenagem (redução de custos na ampliação ou implantação das redes);
- ❖ Dispositivo que pode ser utilizado em locais onde não há rede disponível;
- ❖ Redução dos impactos da urbanização;
- ❖ Possibilita aumento na recarga do aquífero;
- ❖ Construção simples e rápida;
- ❖ Custos podem ser menores ao longo do tempo que os sistemas convencionais.

Segundo EPA – Agência de Proteção Ambiental Americana, o pavimento permeável permite ainda a redução de derrapagens e ruídos, e constitui-se em um dispositivo totalmente integrado ao meio, não necessitando de área específica para sua construção. Os limitantes no uso desta medida são características como, acúmulo de sedimentos na superfície devido à erosão, águas poluídas que podem acarretar em prejuízos à qualidade das águas subterrâneas, a manutenção inadequada pode ocasionar perda do potencial de porosidade do pavimento, risco de colmatção etc. Os tipos de materiais disponíveis para aplicação desta técnica são:

- ❖ Asfalto Poroso;
- ❖ Concreto Poroso; ou
- ❖ Blocos de concreto vazados.

Quadro 11 - Informações sobre a estrutura - Fonte: Prince George's County

| Camada | Especificações |
|--|--|
| Revestimento Poroso | Concreto Poroso Asfalto Poroso Blocos Vazados |
| Filtro de agregado (areia) | Diâmetro entre 2 a 4,8 mm Espessura de aproximadamente 4,0 |
| Reservatório de pedras com agregados graúdos (brita) | Diâmetro entre 25 a 76 mm Espessura – depende do volume a armazenar e da porosidade do material |
| Geotêxtil | Fundo, laterais e interfaces |

As figuras colocadas a seguir apresentam seções transversais de alguns pavimentos permeáveis.

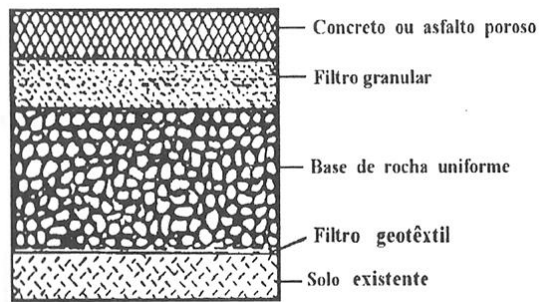


Figura 13 - Pavimento poroso (Urbonas e Stahre, 1993)

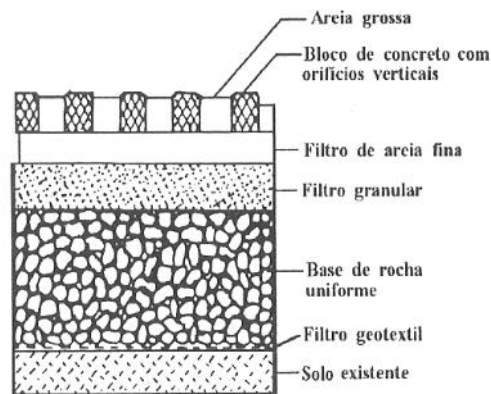


Figura 14 - Pavimento celular poroso (Urbonas e Stahre, 1993)

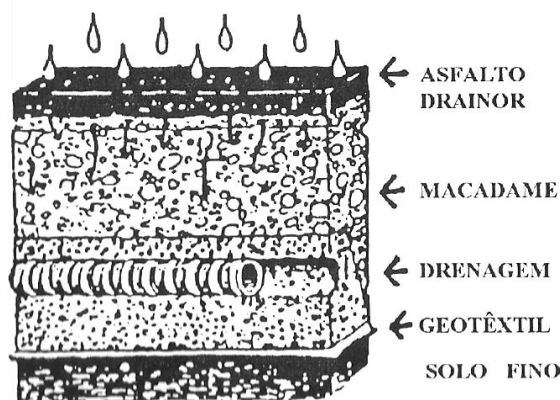


Figura 15 - Pavimento permeável (Hogland e Niemczynowicz, 1986)

1.4.7. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS – ESTRUTURAIS - CONTROLE DE ENTRADA

Trata-se de dispositivos que tem por objetivo restringir a entrada do volume excedente no sistema de drenagem, sendo compostos por controles nos telhados ou em áreas impermeabilizadas. O sistema de controle nos telhados, conhecidos como “telhados verdes”, conforme relata Canholi (2005) pode ser obtido por meio de calhas e condutores capazes de armazenar o volume por meio de válvulas especiais, ou ainda conter em sua cobertura material com capacidade de armazenamento, devendo para tanto prever-se a sobrecarga na estrutura do telhado. A água retida neste sistema pode ser reaproveitada, seguindo para tanto os padrões previstos na literatura técnica, em normas específicas e demais instrumentos legais existentes.

Conforme Tomaz (2008), os elementos comuns de um telhado verde são:

- ❖ Camada impermeável;
- ❖ Sistema de drenagem eficiente;
- ❖ Elementos para permitir a vegetação devem ter baixa densidade, boa retenção da água;
- ❖ Escolha adequada da vegetação para atender os tempos quentes e frios;
- ❖ As espécies de plantas devem ser: vigorosas, tolerantes ao solo seco; gostam do sol e toleram um solo pobre;
- ❖ Muitas plantas foram testadas, como Carex Festuca, Stipa e Achillea;
- ❖ A camada de solo varia de 150 mm a 300 mm.
- ❖ O armazenamento em áreas impermeabilizadas, como: estacionamentos, centros de compras, pátios de manobras, subestações, cemitérios, praças públicas e centros esportivos, têm por objetivo retardar o acesso das águas à rede de drenagem.



Figura 16 - Telhado verde do Carrefour em Viena, Áustria - Fonte: Dra. Cristina Bráulio, 2006, presidente da ABRASIP-Minas Gerais

1.5. MEDIDAS ESTRUTURAIS

As obras estruturais de macrodrenagem são de duas naturezas, a saber:

- ❖ medidas que aceleram a passagem das descargas no trecho pretendido;
- ❖ Medidas que detém, retém os volumes das enchentes, liberando-os lentamente depois da passagem da chuva de projeto e/ou infiltrado parte desses volumes para o subsolo.

A primeira alternativa é bastante criticada pela bibliografia consagrada, porque, mesmo bem com projeto bem dimensionados, significa transferir o problema de inundações localizado no trecho alterado para jusante, provocando erosão dos canais, transporte de vazão sólida e assoreamento para os trechos a jusante.

1.5.1. ALARGAMENTO, REVESTIMENTO E RETIFICAÇÃO NO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

São medidas destinadas a facilitar e/ou acelerar a passagem da enchente em determinado trecho do curso d'água. Dessa maneira, procura-se aumentar a seção transversal do canal, diminuir a rugosidade das suas paredes e fundo, aumentar a sua declividade longitudinal.

Essas obras devem ser planejadas, levantando-se todas as restrições existentes e, principalmente, iniciadas de jusante para montante, de maneira que os techos executados recebam as vazões incrementadas pela própria obra.

Esse tipo de obra, frequentemente, demanda desapropriações muito dispendiosas, cujos custos não são financiáveis e têm que correr por conta da municipalidade.

Nos trechos urbanos, o licenciamento dessas obras, exigido pelo DAEE, exige tempo de Retorno de 100 anos.

1.5.2. DETENÇÃO *IN SITU*

Além das propostas apresentadas, é de suma importância que os novos loteamentos/condomínio do município, mantenham as condições de escoamento pré-urbanização desses locais.

Nesse âmbito, atualmente tem-se utilizado muito a construção das bacias de retenção ou de detenção, que possuem eficiência reconhecida quanto ao armazenamento do volume de escoamento superficial gerado por esses empreendimentos. Podem também ser utilizados para outros fins, como por exemplo: paisagístico, recreacional, entre outros.

As redes de galerias pluviais objetivam drenar a área a montante por meio de condutos e encaminhá-las para outra área a jusante. Essa solução acaba transferindo o aumento de escoamento superficial, causando então inundações nos troncos principais dos sistemas de microdrenagem e no sistema de macrodrenagem, já que o tempo do escoamento é menor que em condições naturais.

Com a implantação dos dispositivos de detenção “in situ” o resultado esperado é que os picos de vazão de uma determinada precipitação sejam abatidos pelo armazenamento temporário das águas. Esses volumes seriam paulatinamente liberados produzindo um efeito de amortecimento de vazões na área de drenagem. “A vazão máxima da área, com o desenvolvimento

urbano, deve ser menor ou igual à vazão máxima das condições preexistentes para o tempo de retorno escolhido”, Tucci (1995).

No caso desses dispositivos deve-se ressaltar algumas vantagens, como, por exemplo:

- ❖ Maior controle sobre a manutenção/operação do dispositivo, dado o volume maior de armazenamento pode-se concentrar em um único dispositivo ou ao menos em um número menor de estruturas o controle das cheias de uma determinada área de drenagem;
- ❖ Menor custo para implantação do sistema, e igualmente para sua manutenção/operação;
- ❖ Maior controle sobre a eficiência, reduzindo a possibilidade de ocorrência do timing, ou seja, da simultaneidade dos picos de vazão entre sub-bacias, que resultariam em um excedente superior ao observado na situação natural.

As desvantagens são:

- ❖ Dificuldade de achar locais adequados;
- ❖ Custos de aquisição da área;
- ❖ Reservatórios maiores têm oposição por parte da população

As obras de retenção “in situ” são destinadas ao controle de áreas urbanizadas restritas, como condomínios, loteamentos e distritos industriais, podendo ou não estar incorporadas aos projetos de paisagismo e recreação, por meio de formação de lagos ou quadras de esportes. É importante que os locais e os volumes armazenados por estas estruturas estejam previamente definidos por meio de um estudo global da área de drenagem do município, evitando-se que a simultaneidade dos diversos hidrogramas efluentes existentes na sub-bacia ocasione uma vazão de pico maior que aquela que ocorreria naturalmente.

1.5.3. BACIAS DE DETENÇÃO

As bacias de retenção, por sua vez, são estruturas de acumulação temporária ou de infiltração de água utilizadas com os seguintes objetivos: amortecer cheias no controle de inundações, reduzir volumes de escoamento superficial e reduzir a poluição difusa no contexto urbano (Baptista, 2005). Entende-se por bacia de retenção ou infiltração estruturas de pequeno/médio porte podendo ser construídas cobertas ou abertas.

O dimensionamento de um reservatório de retenção é precedido de um pré-dimensionamento onde se estimam o volume do reservatório, área ocupada, profundidade média, custo e respectivo custo-benefício, Tomaz (2002). Este pré-dimensionamento é de suma importância para o estudo das alternativas e também de sua viabilidade.

Os próximos passos, conforme relatado por Tomaz (2002) serão: a seleção preliminar de uma estrutura de saída; execução do “routing” do hidrograma do escoamento superficial e do escoamento de saída; e verificação dos picos de descarga depois do desenvolvimento.

As metodologias de dimensionamento preliminar, de acordo com Tomaz (2002) são: Aron e Kibler (1990), Baker (1979), Federal Aviation Agency (1966), Abt e Grigg (1978), Kessler e Diskin (1991), McEnroe (1992), Wycoff e Singh (1976), Método Racional e SCS TR-55.

Para o presente recomenda-se o uso das metodologias:

- ❖ Método Racional, para bacias de até 2 km² de área;
- ❖ Método SCS – Soil Conservation Service, para as demais bacias.

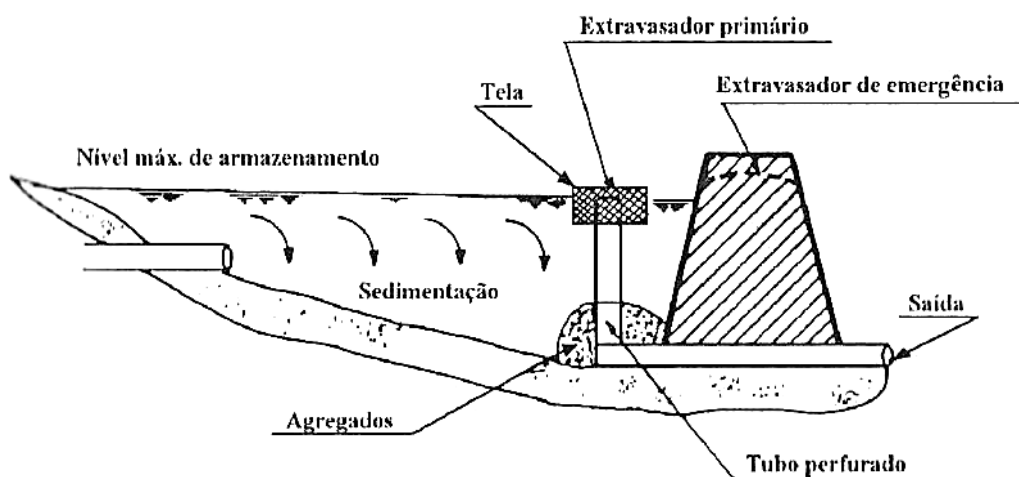


Figura 17 - Reservatório de retenção

1.5.4. OBRAS DE RETENÇÃO

São obras que permitem o armazenamento de águas de escoamento superficial com o objetivo de dar uma destinação destas águas retidas para fins recreativos, estéticos, abastecimento, ou outros propósitos. A água de escoamento superficial é temporariamente armazenada acima do nível normal de retenção, durante e imediatamente após um evento de precipitação. Constituem exemplos de dispositivos de retenção, reservatórios e pequenos lagos em áreas públicas, comerciais ou residenciais.

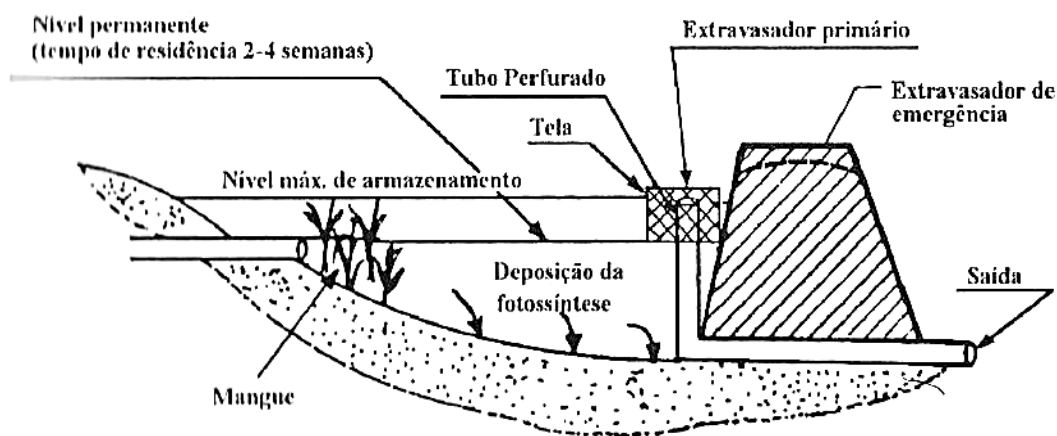


Figura 18 - Reservatório de retenção

1.5.5. POLDERES

Trata-se de sistemas compostos por diques de proteção, redes de drenagem e sistemas de bombeamento, que tem por objetivo proteger as áreas marginais situadas em cotas inferiores ao nível d'água máximo, determinadas pelos eventos chuvosos extremos.

Segundo recomendação de Canholi (2005) os critérios de projeto para Polderes são semelhantes às estruturas de detenção – barragens – de pequeno porte, devendo-se analisar ainda à proteção de sua fundação e ocorrência de erosão.

1.6. ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE CHEIAS

A seleção das alternativas ou combinação de alternativas para controle de cheias deve estar consubstanciada em uma análise de viabilidade que considera:

- ❖ Aspectos Físicos (topografia, existência de exutório permanente, capacidade de infiltração no solo, estabilidade do subsolo, nível de águas subterrâneas e aporte permanente de água);
- ❖ Aspectos Urbanísticos e de infraestrutura (disponibilidade do espaço, inclinação e forma dos telhados e redes existentes);
- ❖ Aspectos Sanitários e Ambientais (risco de poluição, risco de águas com fins e risco sanitário);
- ❖ Aspectos Socioeconômicos.

A seguir são apresentadas algumas etapas para o estudo e seleção de alternativas de dispositivos de controle de cheias.

Passo 1 – Definir controle hidrológico requisitado

- ❖ Infiltração;
- ❖ Frequência da descarga;
- ❖ Volume;
- ❖ Recarga da água subterrânea.

Passo 2 – Avaliar as dificuldades/limites do sítio

- ❖ Espaço disponível;
- ❖ Características de infiltração do solo;
- ❖ Nível do lençol freático;
- ❖ Declividade;
- ❖ Modelo de drenagem.

Passo 3 – Descrição das práticas possíveis

- ❖ Oportunidades e Limitações.

Passo 4 – Avaliar Medidas possíveis em várias configurações

- ❖ Desenvolver lista de Medidas potenciais, número, dimensões e volume;
- ❖ Avaliação hidrológica iterativa.

Passo 5 – Selecionar uma configuração e projetar

- ❖ Configuração ótima.

Passo 6 – Complementar com controles convencionais, se necessário.

A seguir são apresentadas algumas informações para caracterização dos dispositivos de controle de cheias considerados como medidas não estruturais - técnicas compensatórias que poderão ser estudados e propostas no Plano de Macrodrenagem, para redução do escoamento superficial, com retenção dos volumes excedentes diretamente nos lotes ou em condomínios.

De acordo com FCTH, Diretrizes Básicas para projetos de Drenagem Urbana no município de São Paulo, tem-se que as principais formas de detenção e retenção de água de chuva em áreas urbanas, podem ser descritas conforme mostra o colocado a seguir:

Quadro 12 - Formas de redução e retenção em diferentes áreas urbanas - Fonte: FCTH

| Área | Redução | Retardamento do Deflúvio direto |
|------------------------------------|---|--|
| Telhado plano de grandes dimensões | Armazenamento em cisternas; Jardim suspenso; Armazenamento em tanques. | Armazenamento no telhado empregando tubos condutores verticais estreitos; Aumentando a rugosidade do telhado; Cobertura ondulada; Cobertura com cascalho. |
| Estacionamento | Pavimento Permeável; Cascalho; Furos no pavimento impermeável. | Faixas gramadas no estacionamento; Canal gramado drenando o estacionamento; Armazenamento e detenção para áreas impermeáveis; Pavimento ondulado; Depressões; Bacias. |
| Residencial | Cisternas para casas individuais, ou grupo de casas; Passeios com cascalho; Áreas ajardinadas em redor; Recarga do lençol subterrâneo (tubos perfurados, cascalho, valeta, tubos porosos, poços secos e depressões gramadas) | Reservatório de detenção utilizando gramas espessas; Passeios com cascalhos; Sarjetas ou canais gramados; Aumentando o percurso da água através da sarjeta, desvios etc. |
| Geral | Vielas com cascalho; Calçadas permeáveis; Canteiros cobertos com palhas ou folhas. | Vielas com Cascalho. |

1.7. LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA DE JACAREÍ PARA O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Leis, Decretos, Códigos, Planos e outras diretrizes são de grande importância para que haja controle da ocupação desorganizada de uma cidade, principalmente no que tange

à Drenagem Urbana de um município. Para efeito de planejamento, são utilizadas as seguintes diretrizes, destacando-se aquelas com relação ao manejo de água pluviais:

A L E I C O M P L E M E N T A R N° 101/ 2018 de 01 de outubro de 2018, que institui o Código de Obras e Edificações do Município de Jacaré e dá outras providências determina:

....

Art. 47. Os projetos de construção, ampliação, adequação, regularização e requalificação, além de atenderem aos parâmetros de habitabilidade estabelecidos nesta Lei, devem ser orientados para a promoção da sustentabilidade e eficiência da edificação, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais gerados por sua construção e utilização ao longo do tempo, racionalizando o uso da energia, da água e dos materiais nela empregados, a partir das seguintes diretrizes:

I - Racionalidade do projeto e do planejamento da execução das obras;

II - Adoção de materiais construtivos que favoreçam a economia de energia e a redução do consumo de água tratada, a saber:

a) instalação de piso drenante em áreas externas a serem impermeabilizadas;

b) sistema de coleta e armazenamento de águas pluviais em coberturas e áreas impermeabilizadas, com distribuição para limpeza de áreas externas, irrigação de jardins demais usos não potáveis;

....

Art. 123. As instalações para drenagem de águas pluviais deverão garantir níveis eficientes de funcionamento, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia, definidos, analisados e vistoriados para fins de emissão do Habite-se.

Art. 124. É obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais em telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, bem como em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00 m² (quinhentos metros quadrados).

§ 1º As águas pluviais deverão ser armazenadas em reservatório, de forma a retardar o lançamento na rede de drenagem.

§ 2º A disponibilidade de áreas passíveis de impermeabilização dependerá da taxa de permeabilidade dos terrenos, conforme definida na lei municipal de uso, ocupação e parcelamento do solo.

§ 3º A impermeabilização deverá ser realizada preferencialmente com piso drenante em pelo menos 30% (trinta por cento) da área.

A Lei Nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007, que estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais no Estado de São Paulo.

...

Artigo 1º - É obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m² (quinhentos metros quadrados), com os seguintes objetivos:

I - Reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;

II - Controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;

III - contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.
Parágrafo único - O disposto no “caput” é condição para a obtenção das aprovações e licenças, de competência do Estado e das Regiões Metropolitanas, para os parcelamentos e desmembramentos do solo urbano, os projetos de habitação, as instalações e outros empreendimentos.

Artigo 2º. - O sistema de que trata esta lei será composto de:

I - Reservatório de acumulação com capacidade calculada com base na seguinte equação:

a) $V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$;

b) $V =$ volume do reservatório em metros cúbicos;

c) A_i = área impermeabilizada em metros quadrados;

d) IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;

e) t = tempo de duração da chuva igual a 1 (uma) hora.

II - Condutores de toda a água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório mencionado no inciso I;

III - condutores de liberação da água acumulada no reservatório para os usos mencionados no artigo 3º desta lei.

Parágrafo único - No caso de estacionamentos e similares, 30% (trinta por cento) da área total ocupada deve ser revestida com piso drenante ou reservado como área naturalmente permeável.

Artigo 3º - A água contida no reservatório, de que trata o inciso I do artigo 2º, deverá:

I- infiltrar-se no solo, preferencialmente;

II - Ser despejada na rede pública de drenagem, após uma hora de chuva;

III - ser utilizada em finalidades não potáveis, caso as edificações tenham reservatório específico para essa finalidade.

LEI DO PARCELAMENTO DO SOLO URBANO LEI Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.

...

Art. 2º. O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições desta Lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes.

...

§ 5º A infraestrutura básica dos parcelamentos é constituída pelos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação.

§ 6º A infraestrutura básica dos parcelamentos situados nas zonas habitacionais declaradas por lei como de interesse social (ZHIS) consistirá, no mínimo, de:

II - escoamento das águas pluviais;

Art. 5º. O Poder Público competente poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, a reserva de faixa *non aedificandi* destinada a equipamentos urbanos.

Parágrafo único - Consideram-se urbanos os equipamentos públicos de abastecimento de água, serviços de esgotos, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado.

Art. 6º. Antes da elaboração do projeto de loteamento, o interessado deverá solicitar à Prefeitura Municipal, ou ao Distrito Federal quando for o caso, que defina as diretrizes para o uso do solo, traçado dos lotes, do sistema viário, dos espaços livres e das áreas reservadas para equipamento urbano e comunitário, apresentando, para este fim, requerimento e planta do imóvel contendo, pelo menos:

...

IV - As faixas sanitárias do terreno necessárias ao escoamento das águas pluviais e as faixas não edificáveis;

Art. 9º. Orientado pelo traçado e diretrizes oficiais, quando houver, o projeto, contendo desenhos, memorial descritivo e cronograma de execução das obras com duração máxima de quatro anos, será apresentado à Prefeitura Municipal, ou ao Distrito Federal, quando for o caso, acompanhado de certidão atualizada da matrícula da gleba, expedida pelo Cartório de Registro de Imóveis competente, de certidão negativa de tributos municipais e do competente instrumento de garantia, ressalvado o disposto no § 4o do art. 18.

...

VI - A indicação em planta e perfis de todas as linhas de escoamento das águas pluviais.

Resolução SRJ N° 09, de 2 de outubro de 2017, que estabelece as Condições Gerais de Prestação dos Serviços Públicos de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais, no âmbito do município de Jacareí.

Todo o conteúdo dessa resolução destina-se ao Manejo das Águas Pluviais.

LEI MUNICIPAL Nº 5.867 /2014, que dispõe sobre Uso, Ocupação e Urbanização do Solo do Município de Jacareí, e dá outras providências.

...

Art. 32. A área reservada, resultante da Taxa de Permeabilidade, deverá ser preenchida com solo natural; ou vegetação de pequeno, médio e grande porte; ou **revestimentos permeáveis**.

Art. 33. Poderá haver redução da Taxa de Permeabilidade no terreno se houver a utilização de **dispositivo de retenção**, previsto nos parâmetros urbanísticos específicos para cada Macro-zona ou Zona Especial.

§ 1º Dispositivo de retenção é um sistema destinado a reserva de águas pluviais visando a absorção destas no próprio terreno.

§ 2º O dispositivo adotado deverá reter o mínimo de **10 L/m²** com relação a área permeável reduzida.

2. PROJEÇÃO POPULACIONAL

2.1. REVISÃO DA PROJEÇÃO POPULACIONAL ADOTADA

Tendo em vista avaliar a demanda futura dos serviços de drenagem urbana em Jacareí, há a necessidade de conhecer-se a tendência de crescimento populacional, abrangendo o período de 2020 a 2040, uma vez que haverá um crescimento proporcional da infraestrutura de drenagem.

Esse tópico foi adequadamente abordado no relatório relativo ao tema de Abastecimento e Esgotamento Sanitário. Desse trabalho, extraíram-se os seguintes dados:

Quadro 13 – Evolução das taxas de crescimento populacional de Jacareí

| INTERVALO | TAXAS CRESCIMENTO ADOTADAS (%) | |
|-----------|--------------------------------|--------------|
| | Total | Total Urbana |
| 2020-2030 | 1,2 | 1,25 |
| 2030-2040 | 1 | 1,05 |

Por essa tabela, pode-se perceber que há uma tendência, que já é geral nas áreas urbanizadas dos municípios brasileiros, de ocorrer redução da taxa de crescimento populacional.

A tabela colocada a seguir, indica um crescimento da proporção da população rural de 98,59% para 99,57%. Essa tendência é compreensível, uma vez que no meio rural a mão de obra foi sendo substituída por maquinário moderno e os camponeses foram compondo contingentes de trabalho rural do tipo “boia-fria”.

Quadro 14 - Evolução Populacional de Jacareí - 2020 a 2040

| ANO | POPULAÇÃO | | | Urbanização (%) |
|------|-----------|---------|-------|-----------------|
| | Total | Urbana | Rural | |
| | | Total | | |
| 2010 | 206.448 | 203.531 | 2.917 | 98,59 |
| 2015 | 221.309 | 218.183 | 3.127 | 98,59 |
| 2016 | 224.408 | 221.237 | 3.171 | 98,59 |
| 2017 | 227.550 | 224.334 | 3.215 | 98,59 |
| 2018 | 230.735 | 227.475 | 3.260 | 98,59 |
| 2019 | 233.966 | 230.660 | 3.306 | 98,59 |
| 2020 | 237.241 | 233.889 | 3.352 | 98,59 |
| 2021 | 240.088 | 236.813 | 3.275 | 98,64 |
| 2022 | 242.969 | 239.773 | 3.196 | 98,68 |
| 2023 | 245.885 | 242.770 | 3.115 | 98,73 |
| 2024 | 248.835 | 245.805 | 3.031 | 98,78 |
| 2025 | 251.821 | 248.877 | 2.944 | 98,83 |
| 2026 | 254.843 | 251.988 | 2.855 | 98,88 |
| 2027 | 257.901 | 255.138 | 2.763 | 98,93 |
| 2028 | 260.996 | 258.327 | 2.669 | 98,98 |
| 2029 | 264.128 | 261.556 | 2.572 | 99,03 |
| 2030 | 267.298 | 264.826 | 2.472 | 99,08 |
| 2031 | 269.971 | 267.606 | 2.364 | 99,12 |
| 2032 | 272.670 | 270.416 | 2.254 | 99,17 |
| 2033 | 275.397 | 273.256 | 2.141 | 99,22 |
| 2034 | 278.151 | 276.125 | 2.026 | 99,27 |
| 2035 | 280.932 | 279.024 | 1.908 | 99,32 |
| 2036 | 283.742 | 281.954 | 1.788 | 99,37 |
| 2037 | 286.579 | 284.914 | 1.665 | 99,42 |
| 2038 | 289.445 | 287.906 | 1.539 | 99,47 |
| 2039 | 292.339 | 290.929 | 1.410 | 99,52 |
| 2040 | 295.263 | 293.984 | 1.279 | 99,57 |

Espera-se, portanto, atingir a população urbana de 293 mil habitantes em 2.040. Esse aumento populacional resultará em um incremento da área impermeável que poderá ter impacto nas inundações. Vale lembrar que uma fração desse crescimento populacional, não resultará em crescimento da impermeabilização da bacia, pois será devido ao adensamento demográfico em áreas já urbanizadas

3. REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS OBJETIVOS E DAS METAS DE CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO DOS SERVIÇOS DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

A etapa de Prognóstico Técnico-Participativo, conforme estabelecido no Termo de Referência do contrato, foi composta pelas seguintes atividades:

- ❖ Contato com a equipe técnica da Prefeitura para a coleta de dados a serem utilizados nesse tópico.
- ❖ Revisão e atualização dos objetivos e das metas de curto, médio e longo prazo dos serviços drenagem e manejo de águas pluviais urbanas;
- ❖ Revisão e atualização dos programas, dos projetos e das ações dos serviços de drenagem urbana;
- ❖ Revisão e atualização dos arranjos institucionais para gestão dos serviços de drenagem urbana.

3.1.1. OBJETIVOS E METAS

Aquilo que se quer, isto é, o objetivo desse plano é indicar como se poderá atingir a universalização dos serviços de drenagem e de manejo de águas pluviais urbanas, proporcionando um ambiente saudável e sustentável.

As deficiências existentes, conforme observado no Diagnóstico, concentram-se na área urbana de Jacaréi e envolvem carências na microdrenagem e macrodrenagem dos bairros atingidos.

O crescimento da área impermeável das bacias, previsível como é, demandará a proposição de ações preventivas ao longo do horizonte do Plano.

Assim, consideraram-se as ações segundo as suas prioridades, a saber:

❖ **Metas imediatas: 2021 a 2025**

Intervenções Imediatas, são indicadas para áreas a serem protegidas ou reservadas, para as quais recomendam-se eventuais adaptações ou correções nas obras ou projetos em curso. Incluem propor medidas de ordem operacional ou de manutenção julgadas necessárias, com um

horizonte de curto prazo, definido caso a caso, mas em princípio não superior a dois anos. Propuseram-se as seguintes metas imediatas:

- Cadastrar até 20 % das redes de águas pluviais até o final de 2023;
- Universalizar o sistema de drenagem urbana: os serviços devem atender 60% do município até 2023;
- Monitorar 60 % dos bueiros do município até o final de 2023.

❖ **Metas a curto prazo 2020 a 2025**

- Continuação das metas de imediato prazo com melhorias e ampliações necessárias;
- Cadastrar até 30 % das redes de águas pluviais até o fim de 2025;
- Universalizar o sistema de drenagem urbana: os serviços devem atender 70% do município até o fim de 2025;
- O monitoramento deve atingir 70 % de todos os bueiros do município até o fim de 2025.

❖ **Metas a médio prazo 2025 a 2030**

- Continuação das metas de imediato prazo com melhorias e ampliações necessárias;
- Cadastrar até 60 % das redes de águas pluviais até o fim do médio prazo (2030);
- Universalizar o sistema de drenagem urbana: os serviços devem atender 80% do município até o fim do médio prazo (2030);
- O monitoramento deve atingir 80 % de todos os bueiros do município até o fim do médio prazo (2030).

❖ **Metas a longo prazo 2030 a 2040**

- Continuação das metas de imediato prazo com melhorias e ampliações necessárias;
- Cadastrar até 95% da rede de águas pluviais até o final de 2040, a fim de estabelecer procedimento para atualização, instalação e manutenção das redes de águas pluviais;
- Universalizar o sistema de drenagem urbana: os serviços devem atender todo município, sem exceção;

- Monitoramento de bueiros: no fim do horizonte de planejamento (2040), todos os bueiros devem ser monitorados, para que ao atingir um nível de volume de utilização alto, acione a central de comando informando que o mesmo deve ser limpo.

4. PROJEÇÃO DAS DEMANDAS DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

O município de Jacareí não possui cadastro do Sistema de Drenagem Urbana. Esse registro é imprescindível para a proposição de programas e projetos para a universalização dos serviços desse tema.

4.1. PROJEÇÃO DAS DEMANDAS DO SDU

A tabela colocada a seguir aponta a infraestrutura de microdrenagem desejável, incluindo a já existente, necessária ao atendimento das bacias estudadas em Jacareí, utilizando as estimativas para 2.020 e 2.040.

No momento, podemos inferir as quantidades de serviço, com base na bibliografia consagrada e na observação de outros sistemas municipais existentes. Assim, temos:

Quadro 15 - Estimativa da quantidade ideal de equipamentos de microdrenagem de Jacareí, por bacia estudada, com base no PMEDMAP

| Curso d'água | Área total da bacia km ² | Área urbanizada 2020 hectare | Área urbanizada 2040 hectare | BL 2020 unidade | BL 2040 unidade | GAP 2020 m | GAP 2040 m | PV 2020un | PV 2040 un |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|
| Tanquinho | 19,14 | 1.498,44 | 1.872,92 | 2.997 | 3.746 | 82.414,20 | 103.010,60 | 1.498 | 1.873 |
| Turi | 17,18 | 1.295,75 | 1.619,59 | 2.592 | 3.239 | 71.266,25 | 89.077,45 | 1.296 | 1.620 |
| Seco | 11,75 | 929,44 | 1.028,39 | 1.859 | 2.057 | 51.119,20 | 56.561,45 | 929 | 1.028 |
| Comprido | 2,83 | 125,58 | 156,97 | 251 | 314 | 6.906,90 | 8.633,35 | 126 | 157 |
| Parateí | 108,00 | 1.015,95 | 1.269,86 | 2.032 | 2.540 | 55.877,25 | 69.842,30 | 1.016 | 1.270 |
| Fazenda do Poço | 24,10 | 413,85 | 517,28 | 828 | 1.035 | 22.761,75 | 28.450,40 | 414 | 517 |
| 4 Ribeiras | 14,52 | 334,38 | 417,94 | 669 | 836 | 18.390,90 | 22.986,70 | 334 | 418 |
| Bacia 2 | 20,68 | 1.504,85 | 1.504,85 | 3.010 | 3.010 | 82.766,75 | 82.766,75 | 1.505 | 1.505 |
| Bacia 9 | 38,30 | 980,35 | 1.226,36 | 1.961 | 2.453 | 53.919,25 | 67.449,80 | 980 | 1.226 |
| TOTAIS | | | | 16.197 | 19.228 | 445.422,45 | 528.778,80 | 8.099 | 9.614 |

Os parâmetros utilizados foram os seguintes:

Quadro 16 - Parâmetros para infraestrutura ideal de Jacareí – Fonte: PMEDMAP

| Descrição | Tipo relevo | | | Unidade |
|---|-------------|-------|-------|---------------------|
| | Serra | Misto | Plano | |
| Construção de Boca de Lobo dupla | 1 | 2 | 4 | und/ha |
| Construção de Galerias - diâmetro variável | 35 | 55 | 75 | m/ha |
| Construção de Poços de Visita (1,60x1,60x1,60m) | 1 | 1 | 1 | und/100m de galeria |

Observação: Considerou-se que as bacias de drenagem da área urbana de Jacareí, em média, incluem-se no tipo relevo misto.

A tabela colocada a seguir aponta a estimativa das ações de manutenção anuais necessária ao atendimento das bacias estudadas em Jacareí, utilizando as estimativas para 2.020 e 2.040.

Quadro 17 - Estimativa das ações de manutenção dos SDU de Jacareí utilizando as estimativas de 2020 e 2040. Adaptado do PMEDMAP

| Curso d'água | área total da bacia km ² | área urbanizada 2020 hectare | área urbanizada 2040 hectare | BL 2020 unidade | BL 2040 unidade | GAP 2020 m | GAP 2040 m | PV 2020 unidade | PV 2040 unidade | Resíduos 2020 m ³ | Resíduos 2040 m ³ |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|------------|------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| Tanquinho | 19,14 | 1498,44 | 1872,92 | 14984 | 18729 | 4121 | 5151 | 75 | 94 | 11988 | 14983 |
| Turi | 17,18 | 1295,75 | 1619,59 | 12958 | 16196 | 3563 | 4454 | 65 | 81 | 10366 | 12957 |
| Seco | 11,75 | 929,44 | 1028,39 | 9294 | 10284 | 2556 | 2828 | 46 | 51 | 7436 | 8227 |
| Comprido | 2,83 | 125,58 | 156,97 | 1256 | 1570 | 345 | 432 | 6 | 8 | 1005 | 1256 |
| Parateí | 108 | 1015,95 | 1269,86 | 10160 | 12699 | 2794 | 3492 | 51 | 63 | 8128 | 10159 |
| Fazenda do Poço | 24,1 | 413,85 | 517,28 | 4139 | 5173 | 1138 | 1423 | 21 | 26 | 3311 | 4138 |
| 4 Ribeiras | 14,52 | 334,38 | 417,94 | 3344 | 4179 | 920 | 1149 | 17 | 21 | 2675 | 3344 |
| Bacia 2 | 20,68 | 1504,85 | 1504,85 | 15049 | 15049 | 4138 | 4138 | 75 | 75 | 12039 | 12039 |
| Bacia 9 | 38,3 | 980,35 | 1226,36 | 9804 | 12264 | 2696 | 3372 | 49 | 61 | 7843 | 9811 |
| TOTAIS | | | | 80985,9 | 96141,6 | 22271 | 26439 | 405 | 481 | 64789 | 76913 |

Quadro 18 - Parâmetros para manutenção dos SDU de Jacareí – Fonte: PMEDMAP

| Descrição | Tipo relevo | | | Unidade |
|-------------------------------|-------------|-------|-------|----------------------------------|
| | Serra | Misto | Plano | |
| Reforma de Boca de Lobo dupla | 10 | 10 | 10 | % reformadas/ano |
| Reforma de Galerias | 5 | 5 | 5 | % reformadas/ano |
| Reforma de Poços de Visita | 5 | 5 | 5 | % reformadas/ano |
| Reforma de sarjeta e sarjetão | 1 | 1 | 1 | % reformados/ano |
| Limpeza de Bocas de Lobo | 2 | 4 | 6 | m ³ /ano/boca de lobo |

Observação: Considerou-se que as bacias de drenagem da área urbana de Jacareí, em média, incluem-se no tipo relevo misto.

4.2. DEMANDAS LEVANTADOS NA MACRODRENAGEM - TRAVESSIAS COM DEFICIÊNCIA

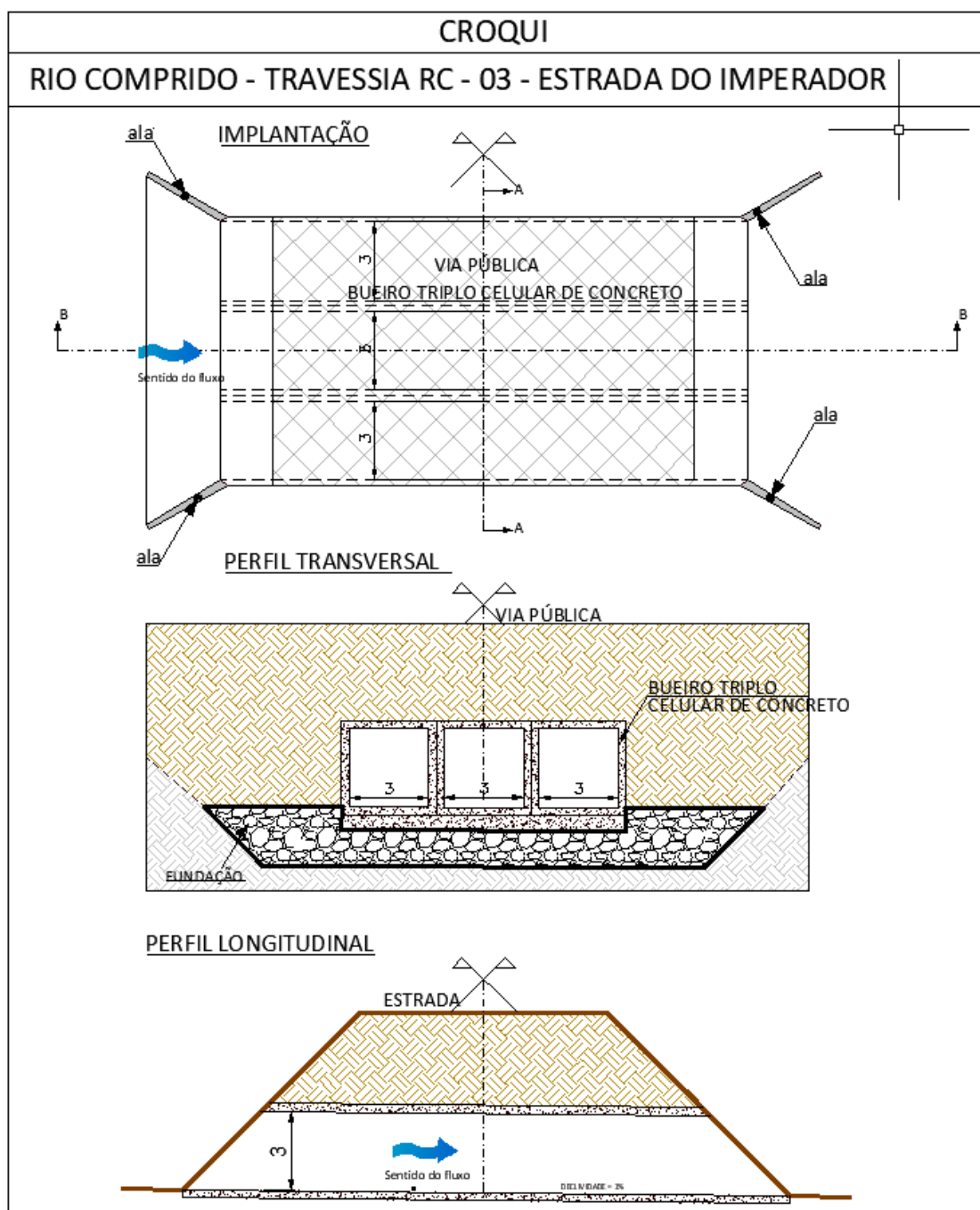
No item introdutório desse prognóstico, foram apresentados os parâmetros e diretrizes a serem utilizados para as recomendações de execução de obras e correção de deficiências no sistema de macrodrenagem de Jacareí.

As travessias são equipamentos incluídos no sistema viário da cidade. No entanto, interferem diretamente nos cursos d'água que atravessam. Trata-se de insuficiência hidráulica das travessias. Isso pode acarretar inundações nas regiões situadas imediatamente a montante e colocar em risco até a estrutura dessas travessias.

A seguir, elencam-se as demandas levantadas no Diagnóstico, por curso d'água estudado:

4.2.1. BACIA DO RIO COMPRIDO

- ❖ Substituição da TRAVESSIA 3, ESTRADA DO IMPERADOR, situada às coordenadas 405.314 m; 7.427.278 m N onde foi estimada a vazão de 87,17 m³/s, por um BTCC com seção quadrada de 3,0 m de lado assentado com declividade de 1,0 %;



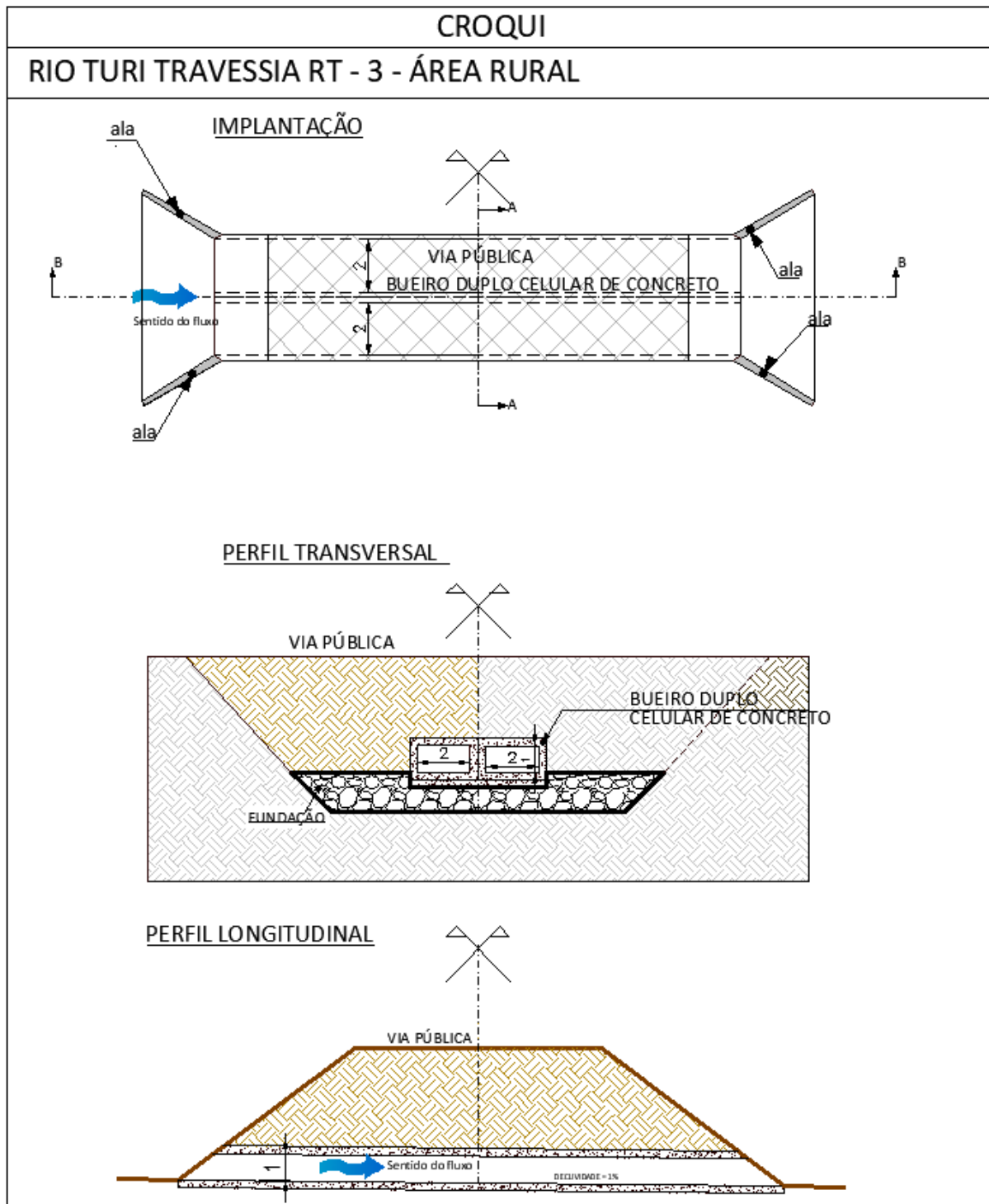
- ❖ Estudo hidrológico e hidráulico, para a travessia **RC Av. São Paulo**, situada às coordenadas 403.961 m E; 7427.488 m N, pois a declividade nesse local é muito branda;
- ❖ Para todas as obras, foi recomendada a manutenção e ampliação da preservação das matas ciliares no entorno do corpo hídrico visando garantir a perenização da vazão básica longo do tempo, observando as condicionantes relativas aos padrões de uso e ocupação do solo;
- ❖ O curso d'água, a jusante da **RC Av. São Paulo**, percorre cerca de 3,4 km em área da grande várzea do Ria Paraíba do Sul, em trecho com baixa declividade. Tratando-se de região que pode conter o leito de inundação do Rio Paraíba do Sul, os planos de desenvolvimento dessa região de várzea deverão exigir estudos rigorosos para não impactar o regime de escoamento desse curso d'água. Os loteamentos a serem propostos deverão atender à legislação vigente do município de tal maneira que as vazões decorrentes da impermeabilização gerada pela ocupação urbana sejam contidas de maneira a não aumentar as vazões do cenário pré-existente.

4.2.2. BACIA DO RIO TURI

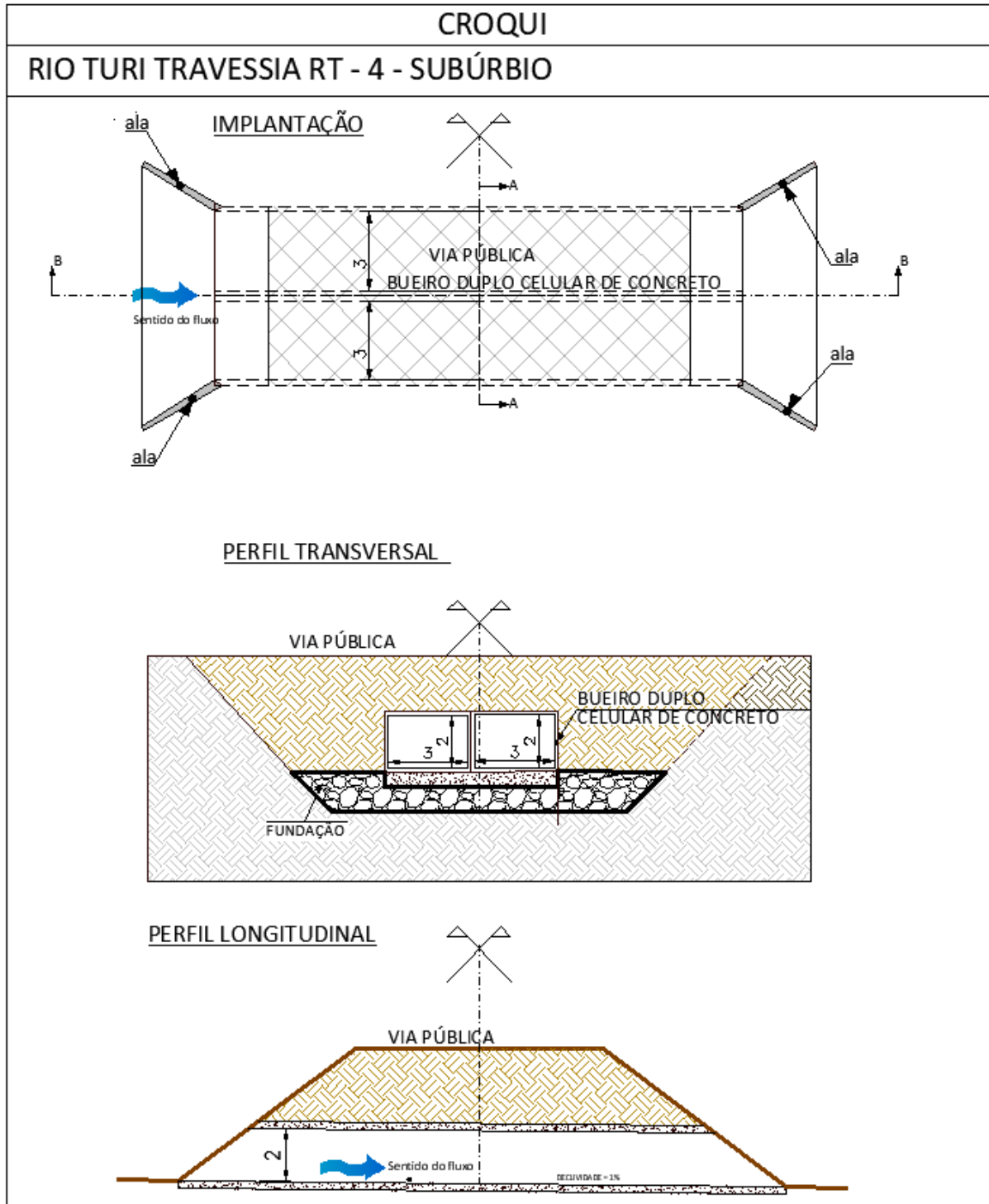
No Diagnóstico foram indicadas as seguintes obras nessa bacia:

- ❖ Comunicar ao DER/SP a inadequação da TRAVESSIA 2, RT2, situada às coordenadas 407.158 m E 7.421.080 m N, para as devidas providências;

- ❖ Substituir a TRAVESSIA 3, do Rio Turi, situada às coordenadas, E=406.824 m e N=7.421.331 m, existente por uma galeria com seção BDCC com 2,0 de largura por 1,0 m de altura, conforme ilustrado na figura colocada a seguir:



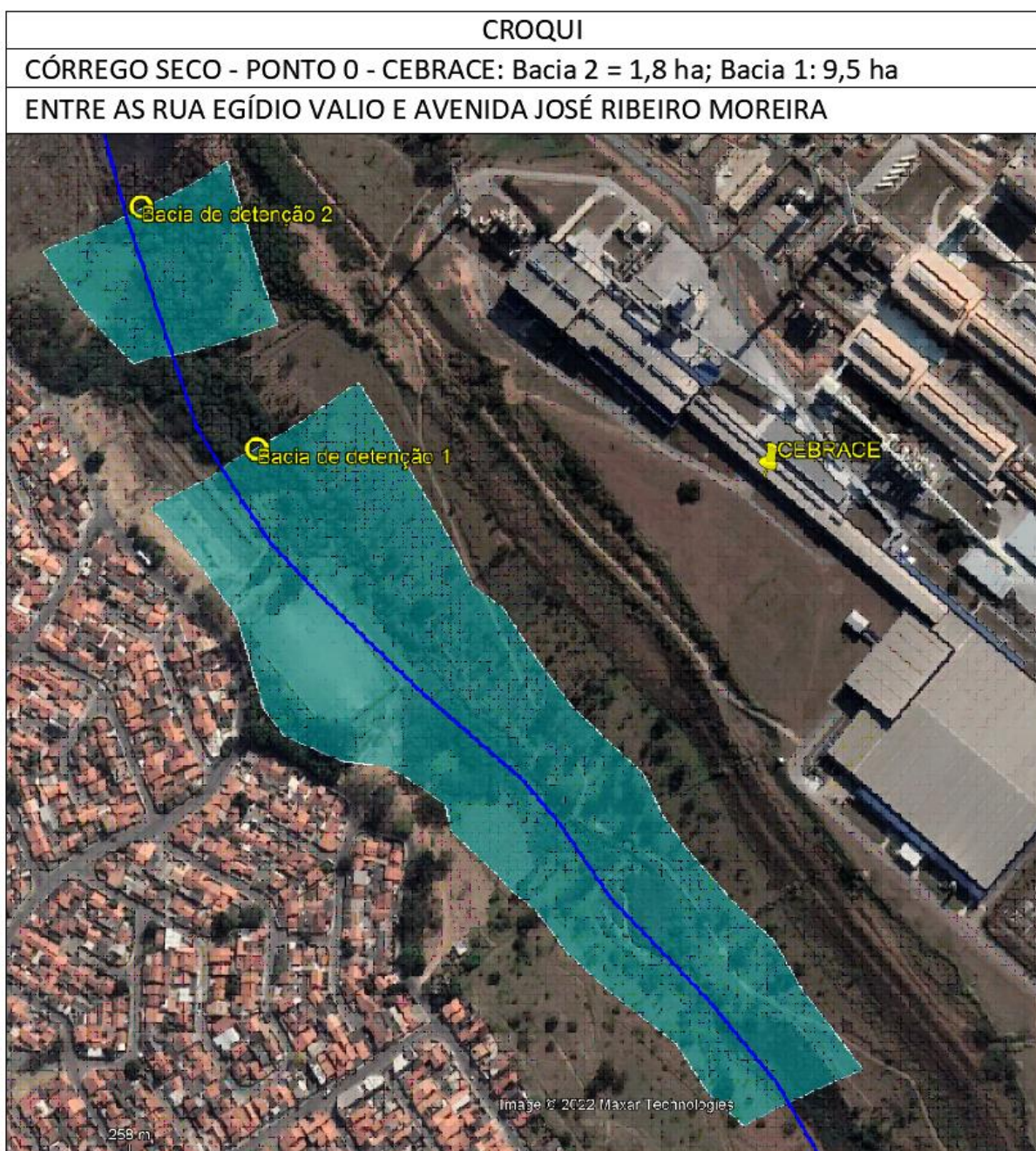
- ❖ Substituir a TRAVESSIA 4, do Rio Turi, E=405.940 m e N=7.421.293 m, existente RT 4 por uma seção tipo BDCC com 3,0 de largura por 2,0 m de altura, conforme ilustrado na figura colocada a seguir:



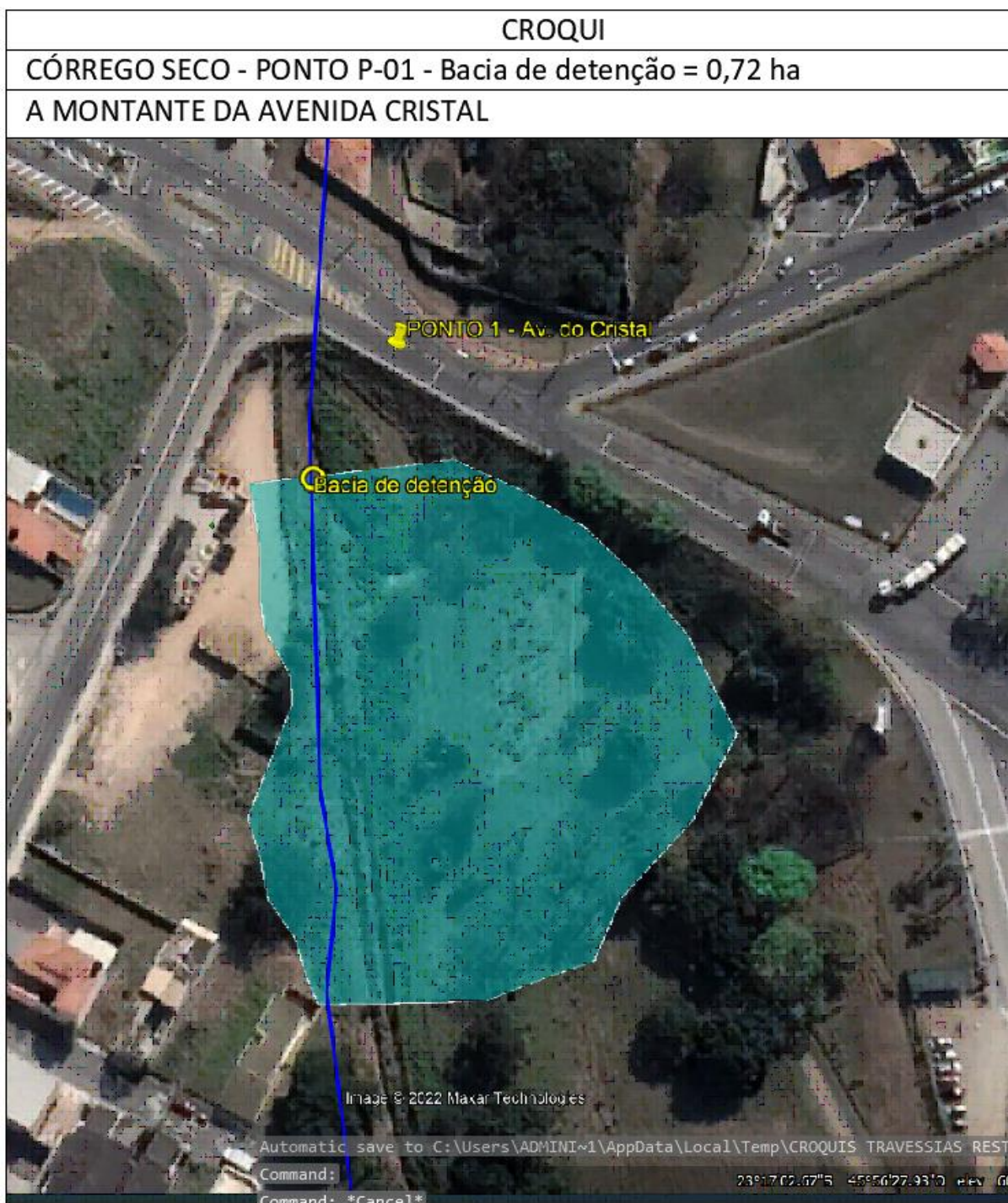
- ❖ Estudos Hidrológicos e Hidráulicos para substituir a TRAVESSIA 7, existente.

4.2.3. CÓRREGO SECO

- ❖ Implantar bacias de detenção, Bacia 1: 403903.11 m E; 7423975.60 m S, e Bacia 2: 403803.26 m E; 7424173.40 m S nas proximidades do PONTO 0 - CEBRACE, na propriedade do CD CEBRACE, que envolve grande área impermeabilizada, conforme ilustrado na figura colocada a seguir:

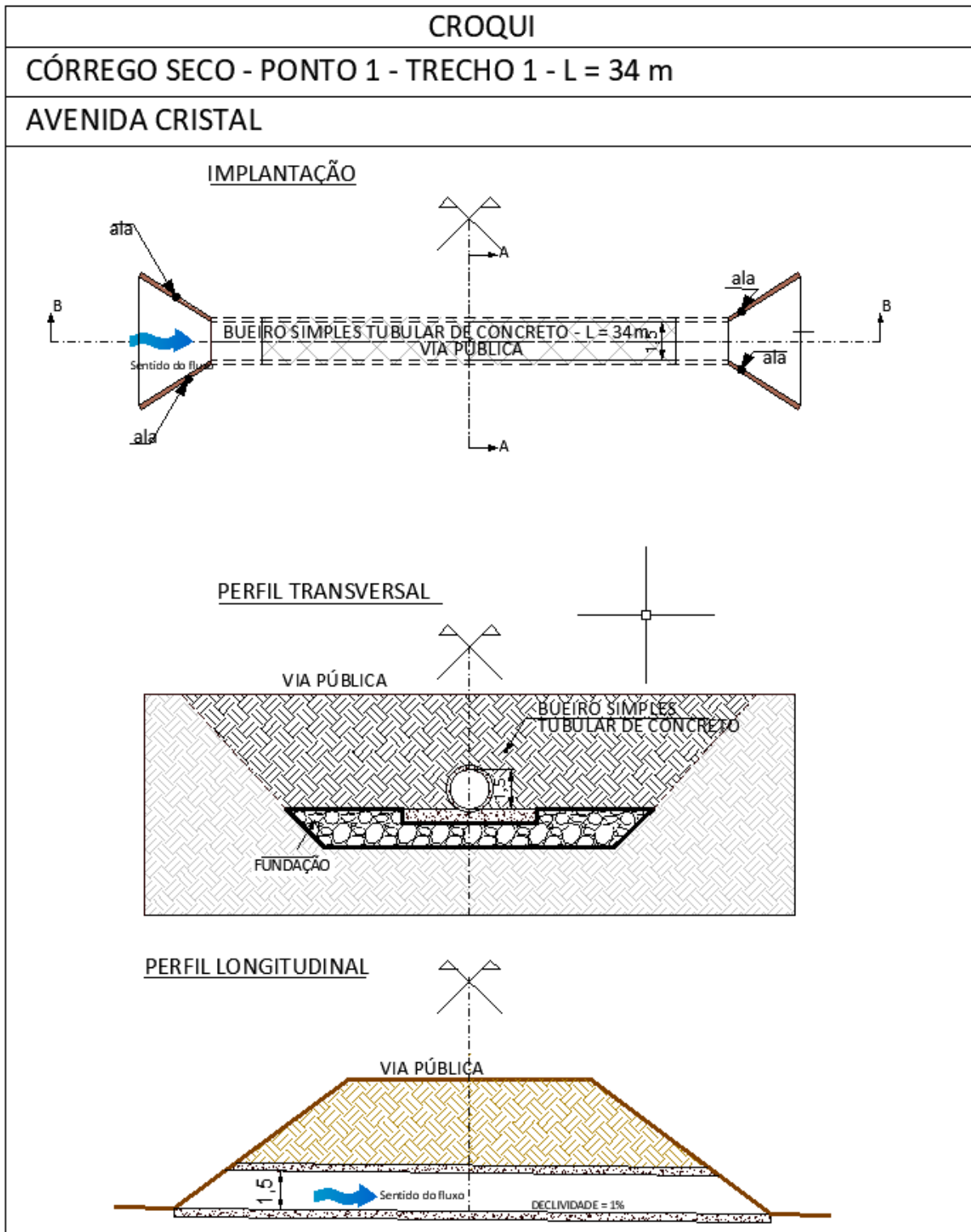


- ❖ Estudos Hidrológicos e Hidráulicos, para implantar uma Bacia de Detenção para o Trecho 1 correspondente ao PONTO 1- Av. do Cristal, 403672 m E; N=7424730 m N, imediatamente a montante.

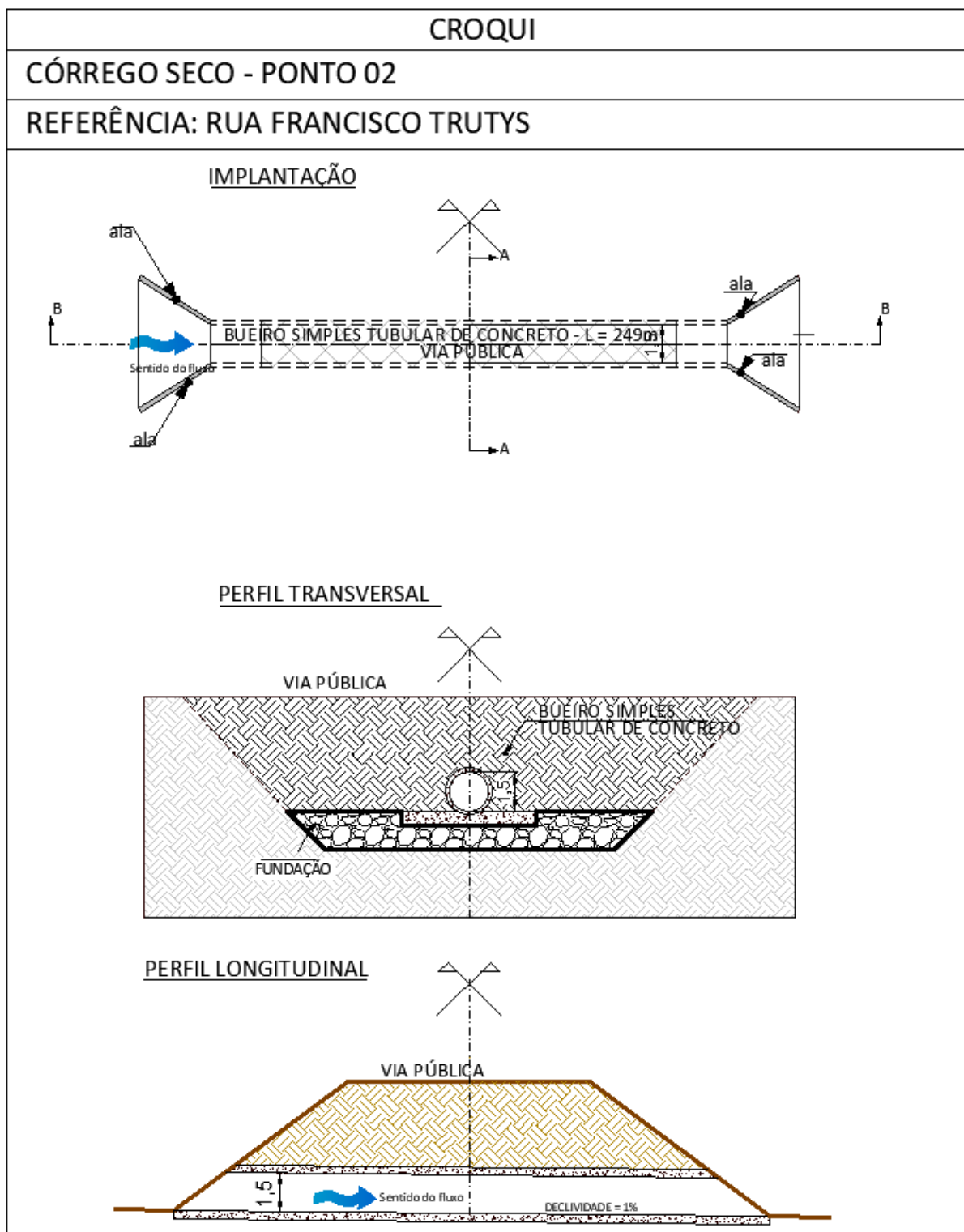


- ❖ Estudos Hidrológicos e Hidráulicos para o Trecho 2, a fim de adequar esse canal para veicular a vazão resultante da obra a montante.

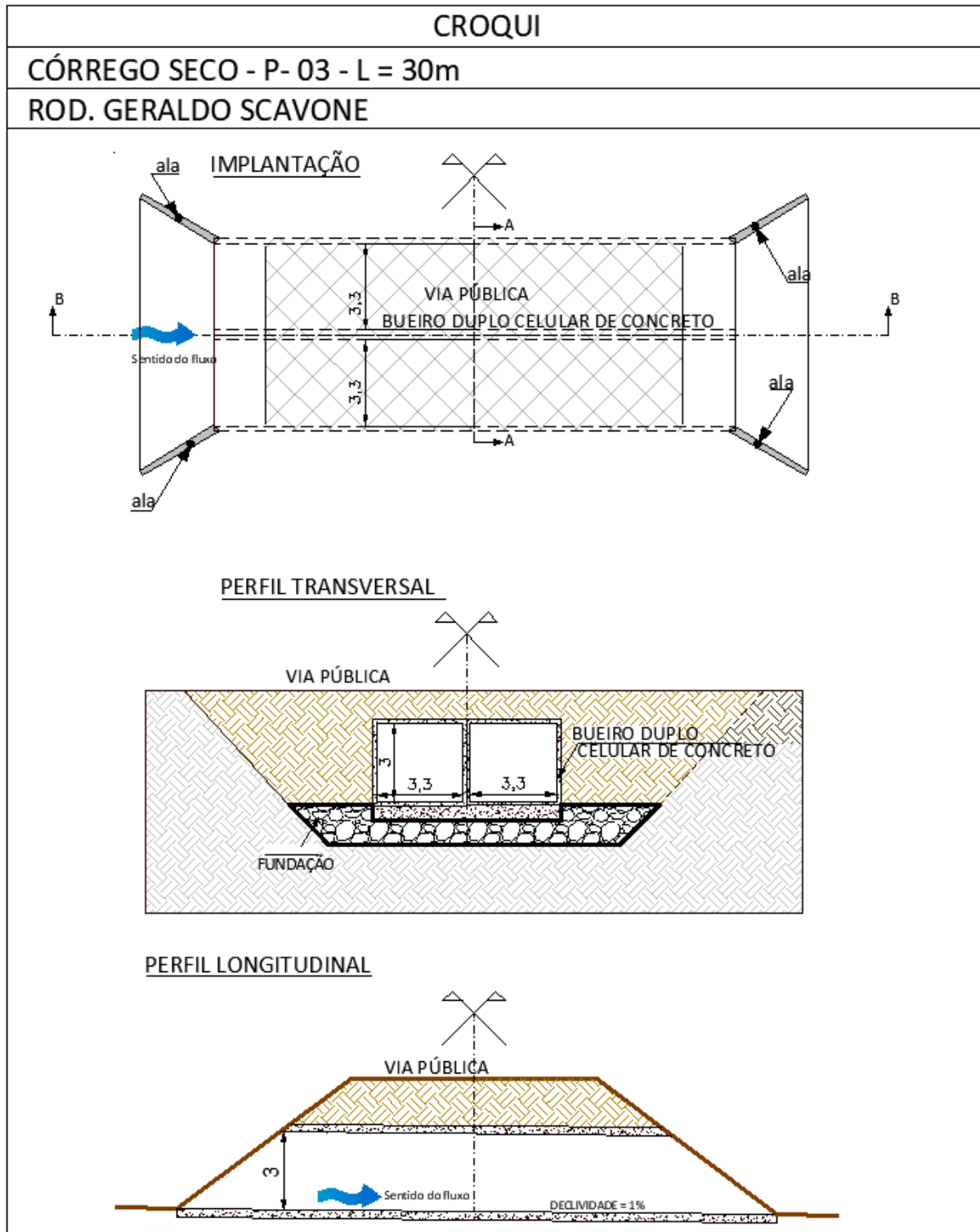
- ❖ Existe uma galeria do tipo BSTC Ø 1.5 m com L=34 m, Ponto 1, Avenida Cristal, que na hipótese de serem executadas as bacias de detenção situadas a montante, poderá ser mantida, conforme ilustrado a seguir:



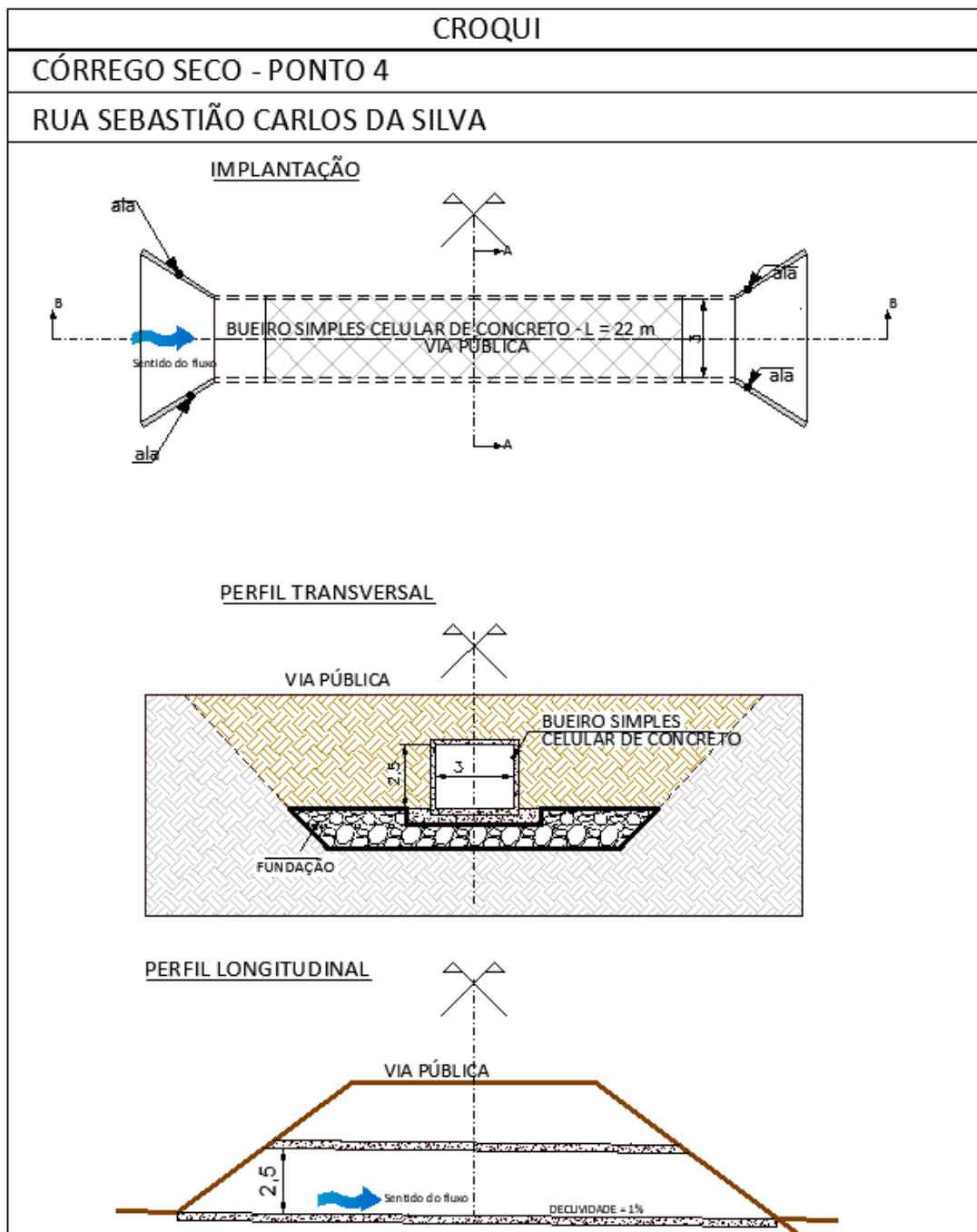
- ❖ Substituição da travessia existente para o ponto P02 - Rua Francisco Trutys, E= 403732 m N=7425047 m, para implantação de galeria tubular do tipo Bueiro Simples Tubular de Concreto - BSTC Ø 1.5 m com L=249m, conforme ilustração colocada a seguir:



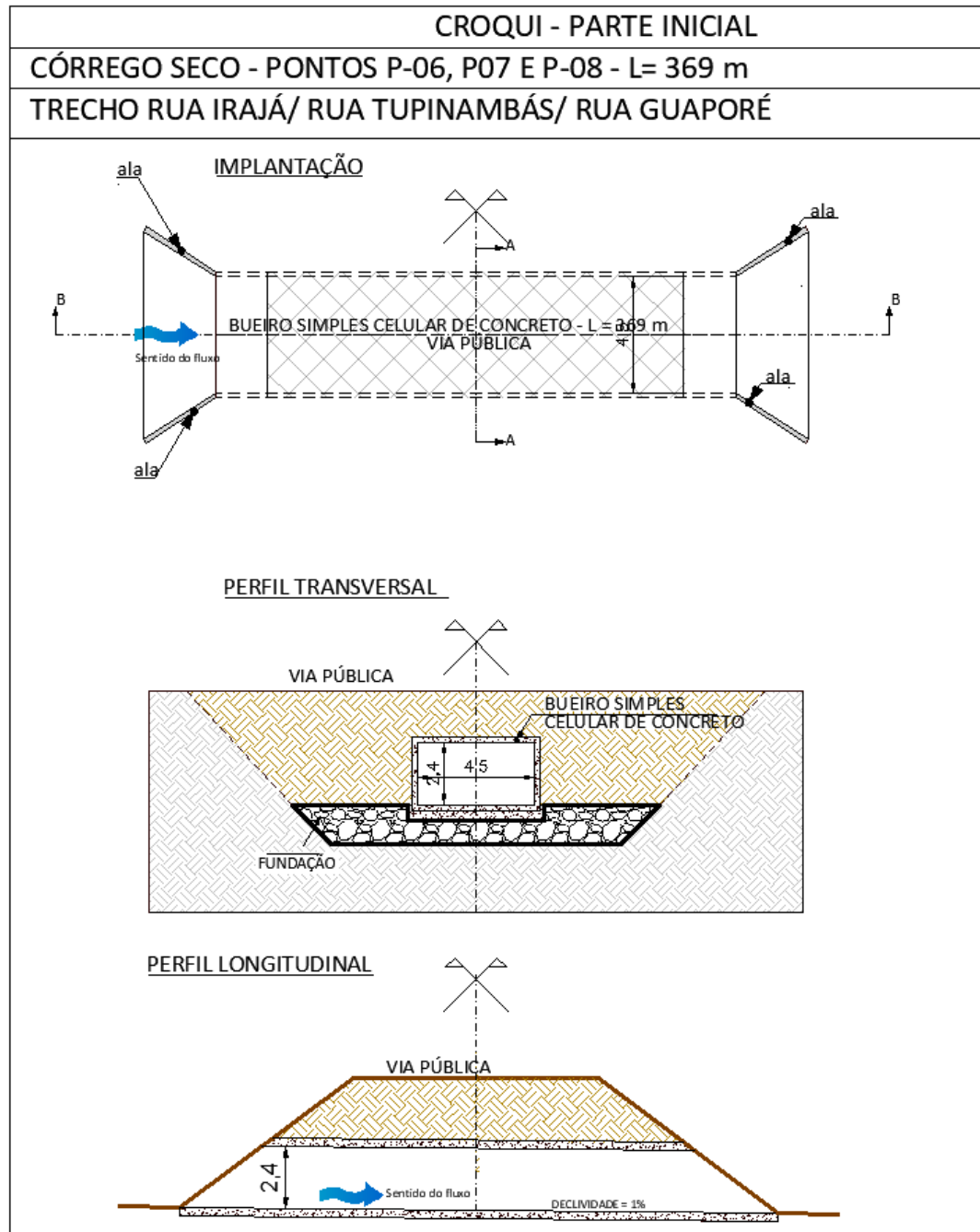
- ❖ Substituição do bueiro existente, conforme os dados do projeto do Departamento de Estradas de Rodagem DER/SP para o ponto P03 - Rod. Geraldo Scavone, E=403355.18 m N=7425078.17 m, por galeria do tipo Bueiro Duplo Celular de Concreto - BDCC com 3,3 x 3,0 m, conforme ilustração colocada a seguir:



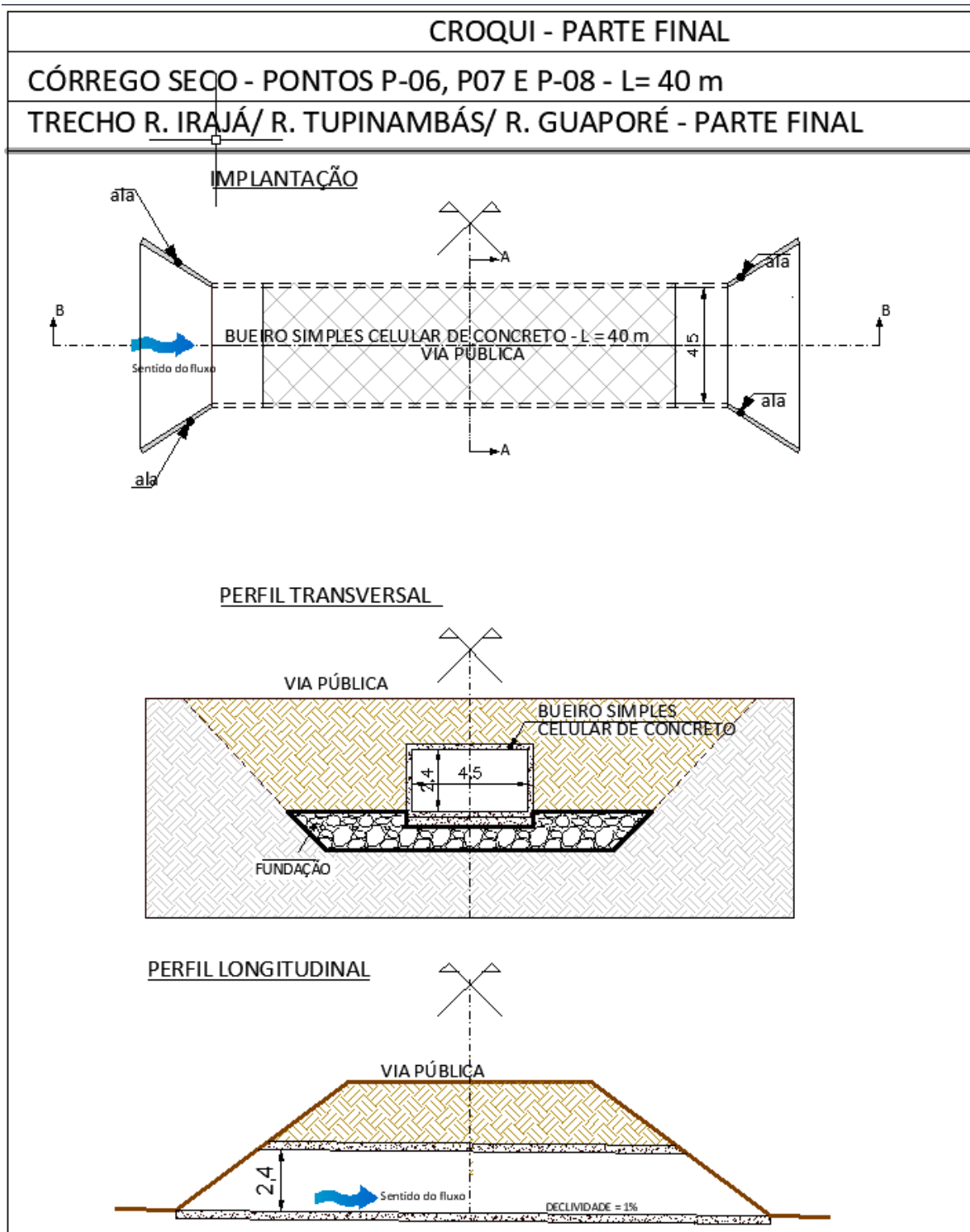
- ❖ Substituição do bueiro existente por uma galeria tipo Bueiro Simples Celular de Concreto - BSCC 3.0 x 2.5 m L=22m, para o ponto P04 - Rua Sebastião Carlos da Silva, 403201m E; 7425160 m N desse afluente.



- ❖ Substituição da galeria existente a montante por uma do tipo Bueiro Simples Celular de Concreto BSCC 4.5 x 2.4m e L=369m, no trecho inicial. O trecho inclui os pontos P06/07/08 - Trecho Rua Irajá, a partir das coordenadas 402969 m E 7425692 m S



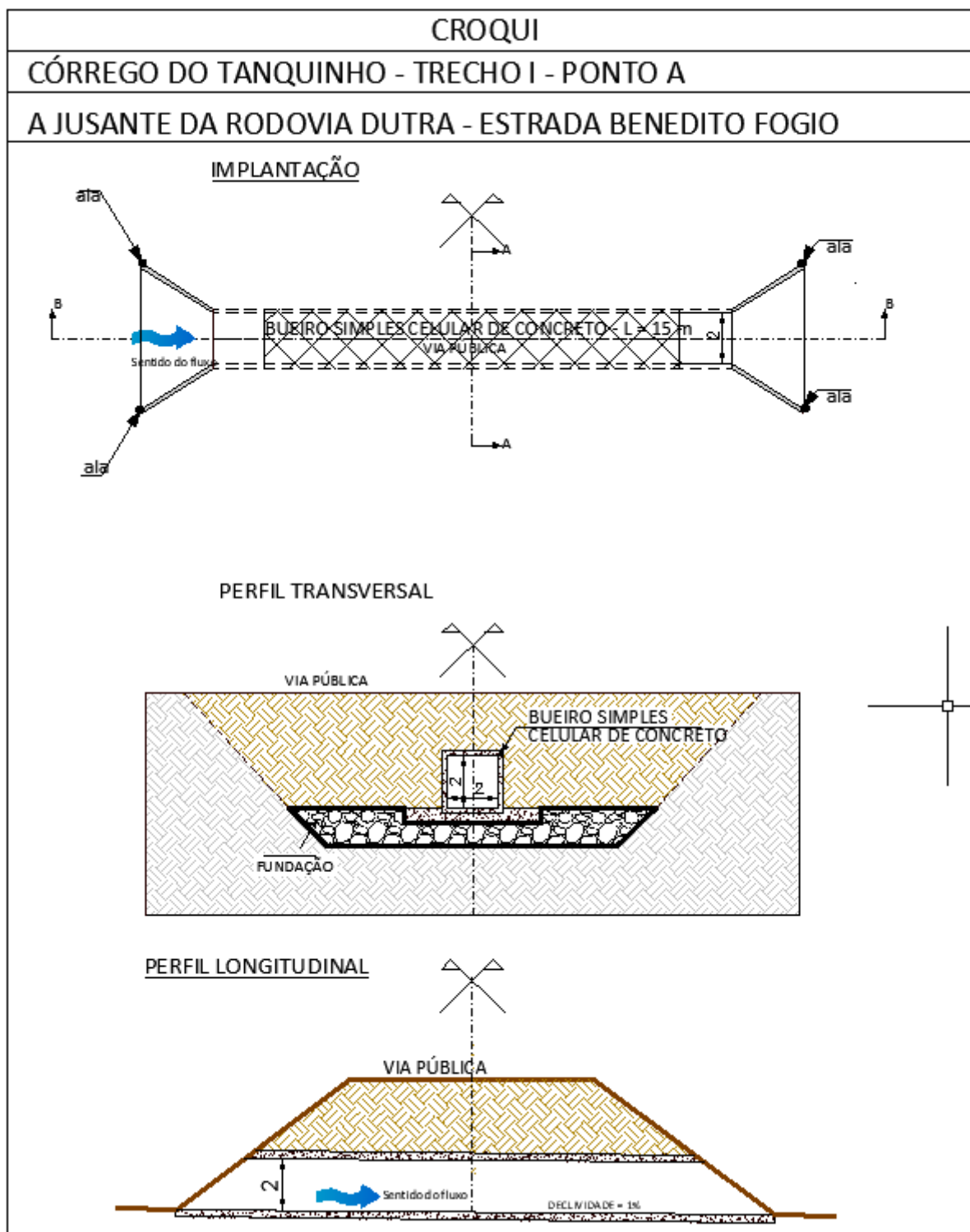
- ❖ Esse trecho prossegue por uma galeria tipo Bueiro Simples Celular Concreto, BSCC 3,0 x 2,0 m de aproximadamente 40 metros de extensão.



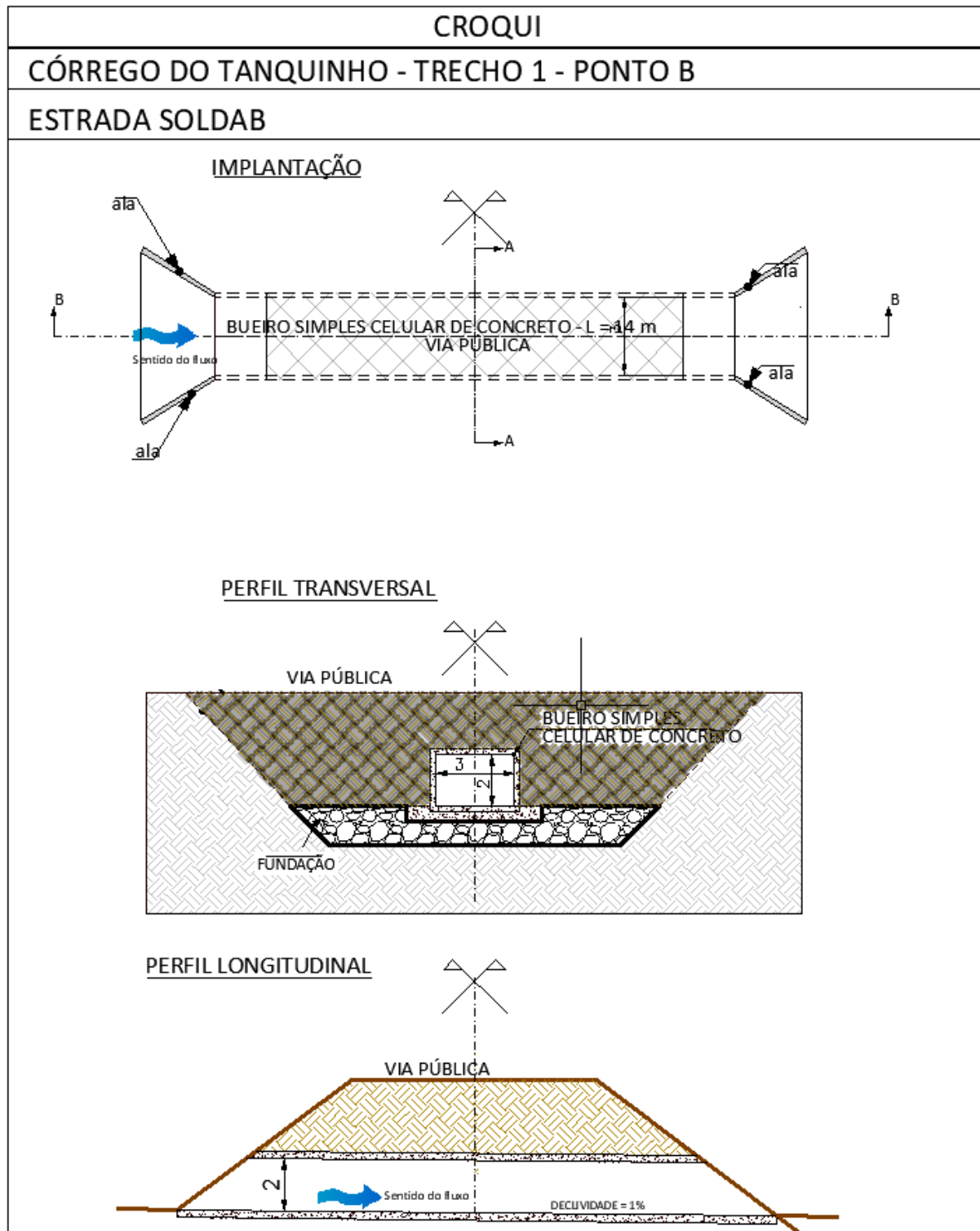
4.2.4. BACIA DO CÓRREGO DO TANQUINHO

No Diagnóstico foram indicadas as seguintes obras nessa bacia:

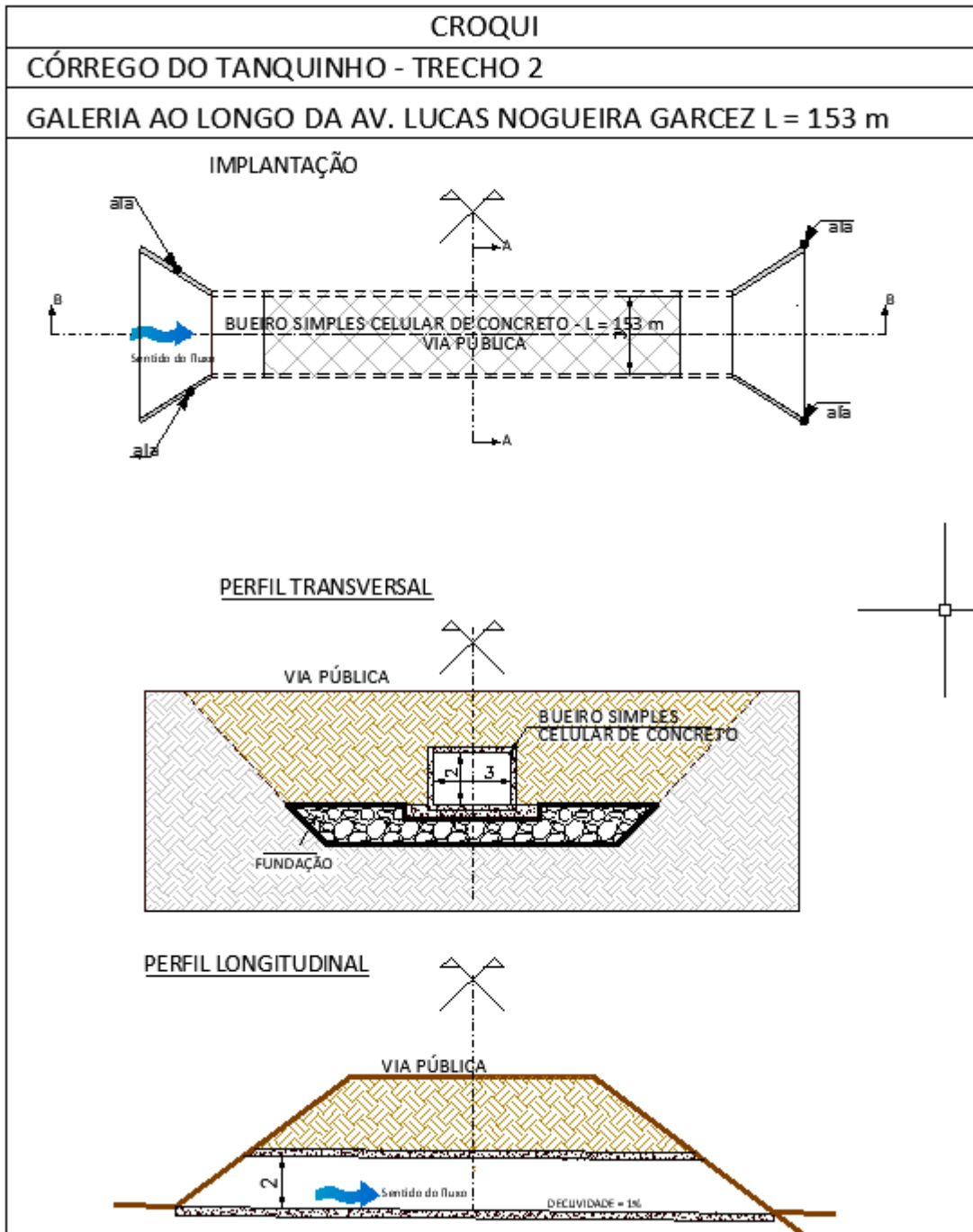
- ❖ Substituir a travessia existente no PONTO A, E=396.244.00 m e N=7422.599.00 m, para o trecho correspondente ao Trecho 1 - Ponto A ao Ponto B, por uma galeria tipo Bueiro Simples Celular Concreto BSCC, seção de 2,0 x 2,0 m, com 15 m de extensão;



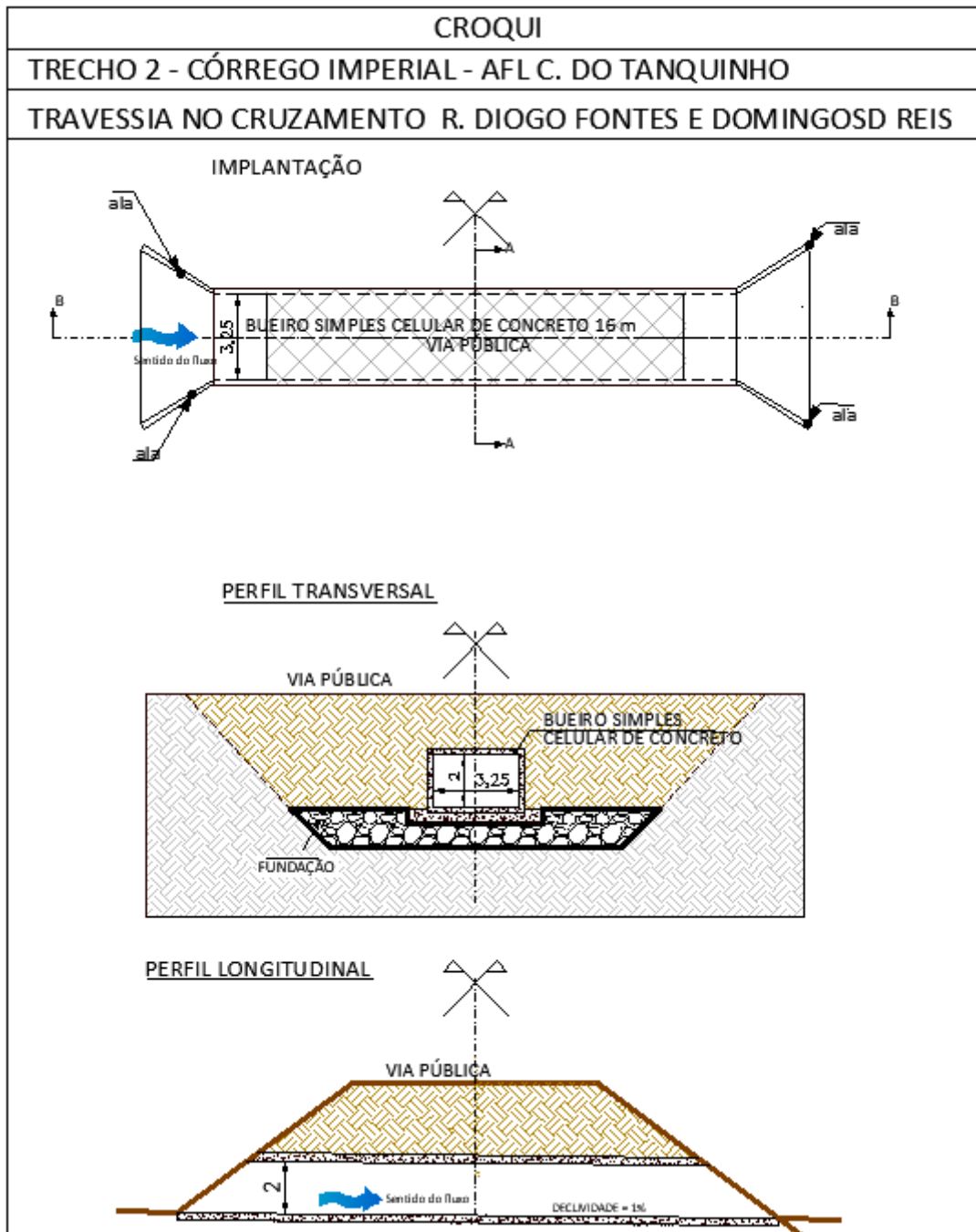
- ❖ Substituir a travessia existente no PONTO B por galeria tipo Bueiro Simples Celular Concreto, BSCC 3,0 x 2,0 m de aproximadamente 14 m de extensão; efetuar a limpeza do canal natural entre as travessias;



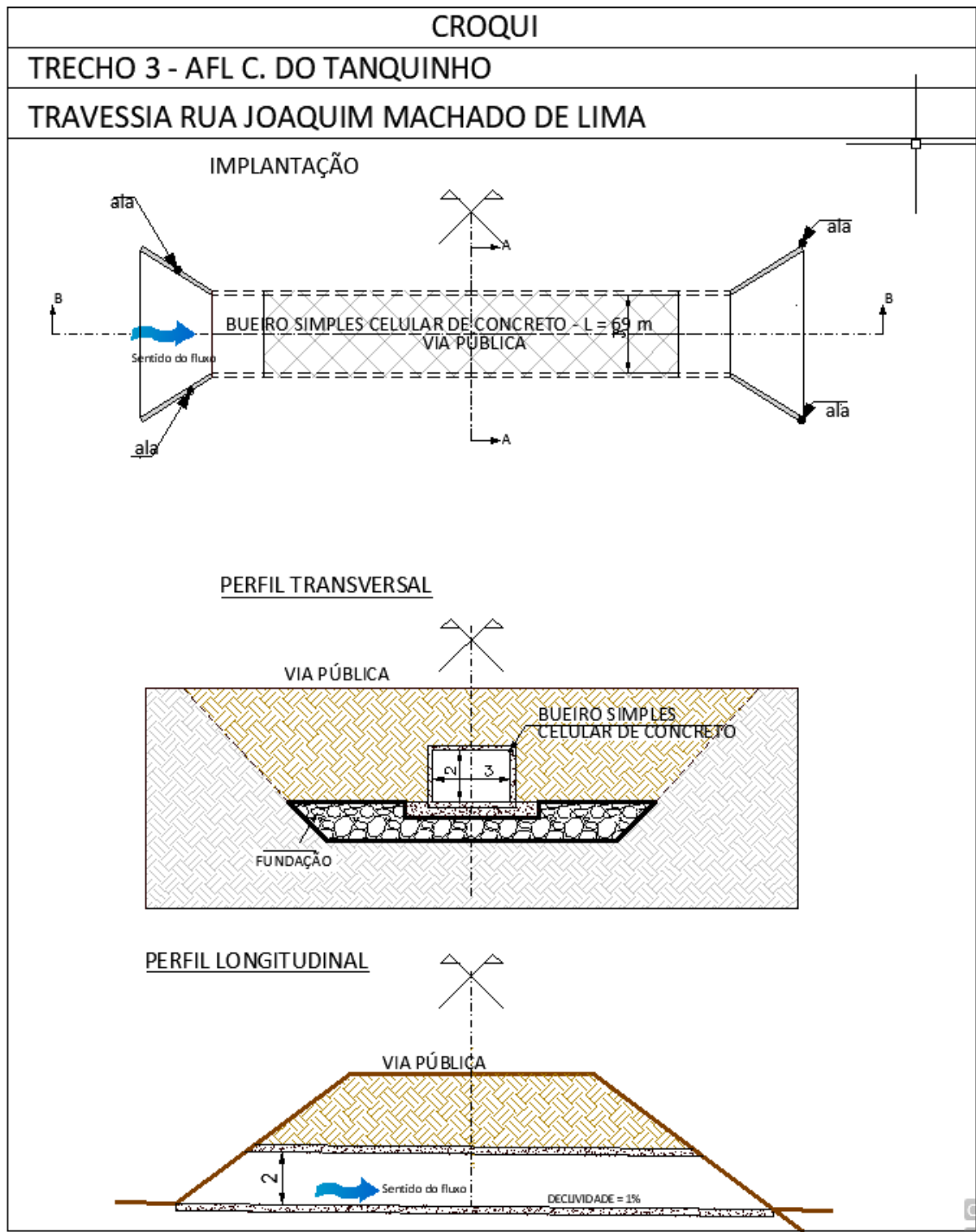
- ❖ Substituição da travessia existente no Trecho 2, Afluente D por galeria tipo Bueiro Simples Celular Concreto, BSCC 3,0 x 2,0 m de aproximadamente 153 metros de extensão.



- ❖ Substituição da travessia existente No Trecho 2, Córrego Imperial, cruzamento da Rua Diogo Fontes com a Domingos Reis por uma galeria tipo Bueiro Simples Celular Concreto, BSCC 3,25 x 2,0 m de aproximadamente 16 metros de extensão.



- ❖ Substituição da travessia existente no Trecho 3, Afluente C, por uma galeria com seção BSCC de 3,0 x 2,0 m com 69 m de extensão na rua Joaquim Machado de Lima.



- ❖ Estudo hidrológico e hidráulico para uma Bacia de Detenção na junção entre a Avenida

Wilson Nogueira Soares no Jardim Esperança e a Rua Rio Grande Zonzini no Jardim Terras de São João.

- ❖ Estudo Hidrológico e Hidráulico para o Trecho 5 - Canal Paulistano para implantação de um canal escavado com cerca de 1,0 km de extensão.
- ❖ Estudo Hidrológico para Implantação de um canal escavado com 1,0 km de extensão no Trecho 6 - Calha do Córrego Tanquinho entre a Avenida Professor Joaquim P. da Silva e a Avenida Industrial.
- ❖ Estudo Hidrológico para Implantação de um canal escavado com cerca de 2,3 km de extensão no trecho a jusante na calha do Córrego Tanquinho que corre paralelamente a Avenida Industrial e corta a Avenida Presidente Humberto Castelo Branco, no Bairro Rio Abaixo.

4.3. SOLUÇÕES ALTERNATIVAS PARA OS PROBLEMAS PONTUADOS DE INUNDAÇÕES E ENCHENTES

No item 5.2.2.1 foram diversas localidades apontados locais em que são recorrentes as enchentes, apontados pelo cadastro elaborado pela Defesa Civil, todos referentes à microdrenagem municipal, que certamente, aí, apresentam deficiência. Não há cadastro dessa rede, o que se impõe como elemento imprescindível a ser elaborado. Sem esse instrumento, não há como apresentar solução ou alternativa

No item “INTRODUÇÃO, CONTEXTUALIZAÇÃO, CONCEITOS E DIRETRIZES DAS AÇÕES NECESSÁRIAS AO MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS” foram elencadas todas as técnicas que podem ser utilizadas para a prevenção, correção e mitigação das inundações.

4.4. LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DAS BACIAS ESTUDADAS:

A seguir, coloca-se a situação localização e delimitação das bacias estudadas:

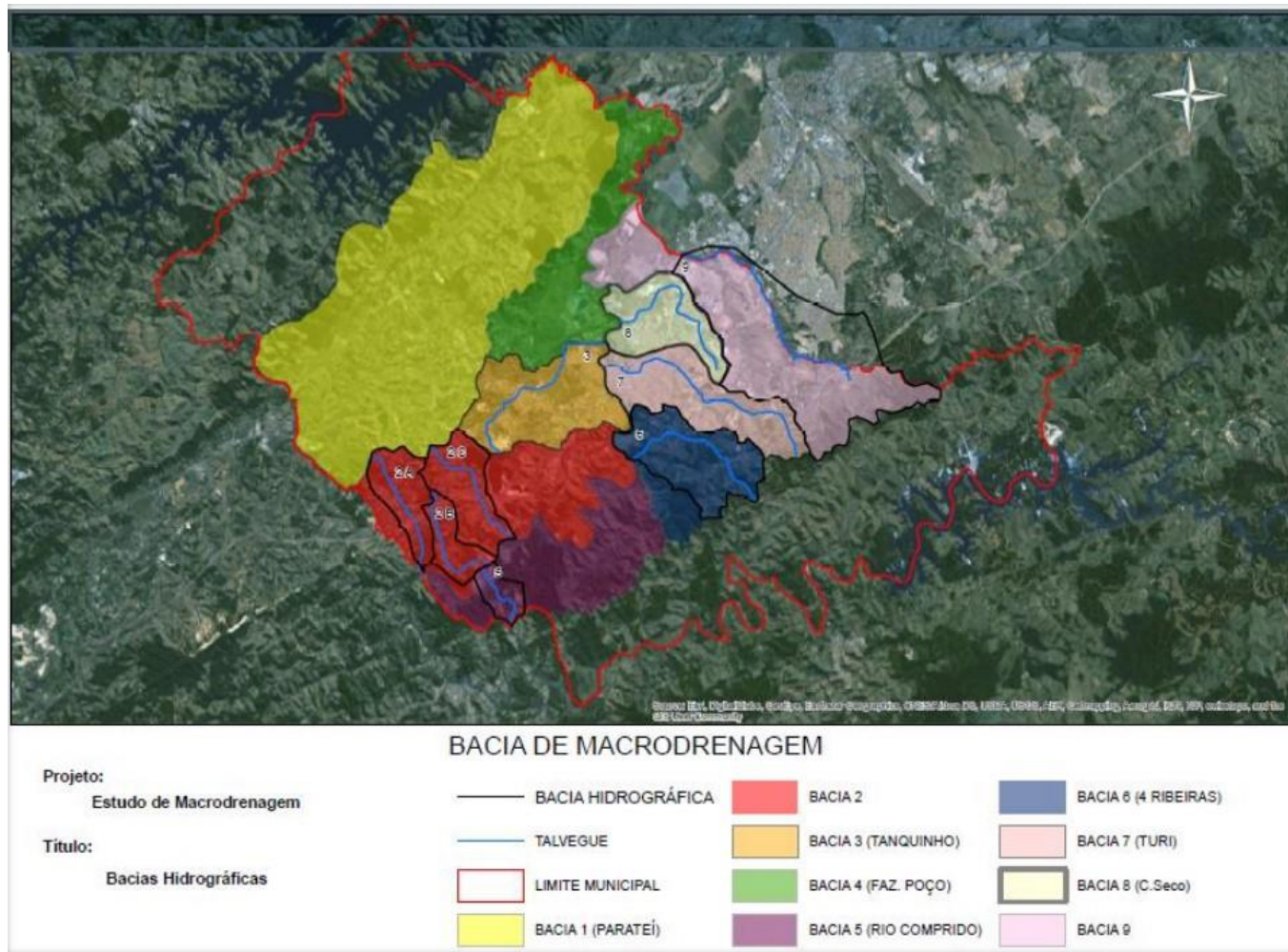


Figura 19 - Localização e Delimitação das bacias estudadas

5. REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS PROGRAMAS, DOS PROJETOS E DAS AÇÕES DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA

5.1. INDICAÇÕES DE ORDEM OPERACIONAL, MANUTENÇÃO NO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

Essas ações visam resolver problemas decorrentes de ocupações, projetos e obras inadequadas, a saber:

- ❖ Ocupação do leito maior dos cursos d'água;
- ❖ Pontes mal dimensionada que não atendem às vazões recomendadas;
- ❖ Redução de seções por aterros;
- ❖ Obstrução e assoreamento dos cursos d'água e canais artificiais;

Nesses casos, o prejuízo da má aplicação desses recursos é dobrado, pois além de não resolver o problema, deixa um passivo para as novas gerações de cidadãos.

Além disso, é importante salientar a necessidade de serem implantadas medidas de gerenciamento dos recursos hídricos. A finalidade é minimizar os custos futuros com drenagem urbana. Isso se fará levando o presente Plano em consideração na atualização do Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de maneira a que a ocupação urbana e respectiva impermeabilização seja controlada.

As diretrizes para operação e manutenção da micro e macrodrenagem compreendem um conjunto de rotinas que deverão ser incorporadas em um Sistema de Informações de Drenagem Urbana.

5.2. ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DO CÓRREGO TURI

É necessário dar um destaque especial a esse assunto, face às razões que serão enunciadas a seguir:

Esse curso d'água nasce em região rural e segue por 10,66 km no sentido Leste Oeste até a sua foz no Rio Paraíba do Sul. Envolve cerca de 19,36 km².

Embora cerca de 2/3 do seu escoamento se dê por canal natural, o Córrego Turi é bastante problemático no terço localizado mais a jusante. Além de situar-se em região densamente povoada, o curso d'água encontra-se sob influência direta do Plano Municipal de Saneamento Básico de Jacareí – 2021 - 2040

ocupada e de baixa declividade longitudinal, esse terço final apresenta trechos com travessias, galerias e canais subdimensionados. Assim sendo, ali registravam-se episódios recorrentes de alagamento. Durante a execução do presente plano, entraram em plena operação bacias de retenção executadas em série, imediatamente montante desse aludido trecho.

Considere-se uma bacia de retenção num determinado ponto de um curso d'água. Na figura colocada a seguir, têm-se no eixo das abscissas o tempo de escoamento de uma cheia, sendo “ t_c ” o tempo de concentração da chuva intensa considerada. No eixo das ordenadas, colocam-se as vazões correspondentes. A linha representada em cor azul é a variação da vazão ao longo de tempo. A linha representada em “traço-ponto” representa a vazão efluente de uma bacia de retenção ao longo do tempo. O módulo da área situada entre essas duas curvas desde o tempo inicial até o tempo “ t_d ” equivale ao volume acumulado nessa bacia de retenção durante a passagem dessa cheia. Vê-se, portanto que há uma redução nas vazões máximas efluentes. Sem a presença da bacia de retenção, ter-se-ia a propagação para jusante de uma vazão de módulo máximo “ Q_{max} ”. Com a bacia de retenção operando, tem-se a redução para uma vazão amortecida de módulo máximo “ Q_s ”

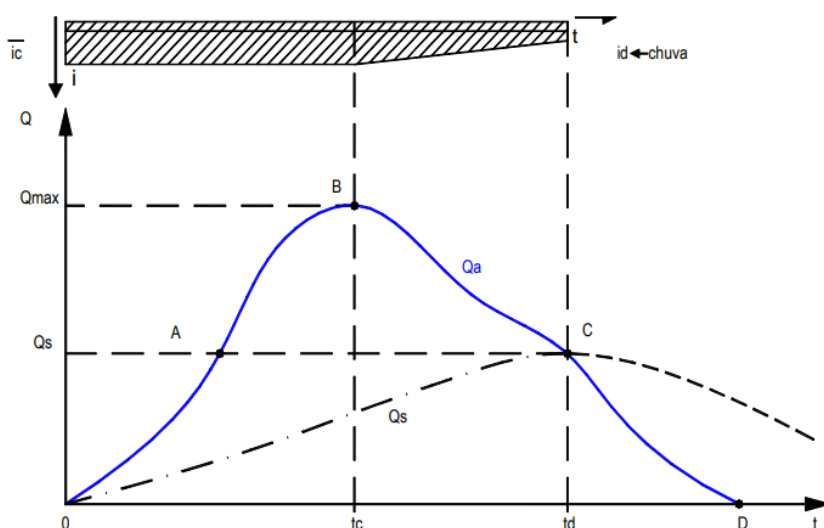


Figura 20 - Hidrogramas demonstrando o amortecimento de vazão em uma bacia de retenção (VM Engenharia)

Tendo em vista o anteriormente exposto, infere-se que a operação das bacias de retenção no Córrego Turi, está atualmente beneficiando consideravelmente a região situada a jusante.

A nomeada bacia, mormente no trecho abordado, ainda continua com os problemas de baixa declividade do talvegue, adensamento acentuado, canais, travessias e galerias

subdimensionadas. No entanto, com certeza diminuirá a frequência com que os episódios de alagamento ocorrerão.

Assim sendo, tendo em vista a drástica mudança no comportamento hidráulico dessa bacia após a operação das bacias de detenção, é imprescindível que seja executado um “ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO” que contemple toda a bacia, mas que verifique, principalmente, quais são as novas vazões máximas e qual será o comportamento das interferências situadas a jusante dessas obras na passagem dessas cheias.

5.3. PROGRAMAS PROPOSTOS

Propõe-se o seguimento dos programas pontuais e de duração continuada, indicados pelo PMEDMAP para implantação em Jacaréi, a saber:

5.3.1. PROGRAMA 1 – DRENAGEM URBANA PARA TODOS

| | |
|------------|---|
| 1 | PROGRAMA 1 - DRENAGEM URBANA PARA TODOS |
| 1.1 | Projeto 1 - Resolver a microdrenagem |
| 1.1.1 | Ação 1 - Realizar cadastro técnico e mapeamento cartográfico em banco de dados georreferenciado do sistema de microdrenagem |
| 1.1.2 | Ação 2 - Obter/renovar as licenças ambientais das canalizações e dos barramentos |
| 1.1.3 | Ação 3 - Identificar unidades de sistema antigas ou danificadas, trechos desprovidos de rede ou trechos de rede |
| 1.1.4 | Ação 4 - Verificar normas e padronização de unidades de drenagem (sarjeta, sarjetão, poços de visita, bocas de |
| 1.1.5 | Ação 5 - Verificar aspectos hidráulicos e hidrológicos de travessias e de microdrenagem |
| 1.1.6 | Ação 6 - Elaborar projeto para a implantação de microdrenagem |
| 1.1.7 | Ação 7 - Executar obras e implantar infraestrutura após a conclusão do projeto |
| 1.1.8 | Ação 8 - Elaborar estudo para a cobrança relativa à prestação do serviço público de manejo de águas pluviais |
| 1.1.9 | Ação 9 - Elaborar plano de manutenção corretiva e preventiva de manejo das águas pluviais urbanas |
| 1.1.10 | Ação 10 - Implantar estrutura especializada em manutenção e vistoria permanente no sistema de microdrenagem |
| 1.1.11 | Ação 11 - Elaborar plano para a limpeza e desobstrução periódicas |
| 1.1.12 | Ação 12 - Acompanhar e monitorar o crescimento vegetativo |
| 1.2 | Projeto 2 - Solução da macrodrenagem |
| 1.2.1 | Ação 1 - Realizar cadastro técnico e mapeamento cartográfico em banco de dados georreferenciado do sistema |
| 1.2.2 | Ação 2 - Obter/renovar outorgas para travessias, canais e outras obras hidráulicas |
| 1.2.3 | Ação 3 - Elaborar sistema de identificação de pontos de inundação na área urbana |
| 1.2.4 | Ação 4 - Elaborar projetos, visando à minimização de inundações nas áreas delimitadas de alto risco de inundação |
| 1.2.5 | Ação 5 - Implantar sistema de alerta contra enchentes, de forma articulada com a Defesa Civil |
| 1.2.6 | Ação 6 - Elaborar plano para a realização de limpeza e ou desassoreamento nos rios |
| 1.2.7 | Ação 7 - Executar obras e implantar infraestrutura após a conclusão do projeto |
| 1.2.8 | Ação 8 - Reflorestar margens dos rios, quando necessário, em parceria com os órgãos ambientais competentes |
| 1.2.9 | Ação 9 - Propor medidas de recuperação ambiental para a proteção das áreas de mananciais |
| 1.2.10 | Ação 10 - Elaborar projeto e implantar sistema de retenção e aproveitamento de águas pluviais, para fins potáveis |
| 1.2.11 | Ação 11 - Realizar acompanhamento, controle e monitoramento do sistema |
| 1.3 | Projeto 3 - Minimizar as situações críticas |
| 1.3.1 | Ação 1 - Mapear e cadastrar as áreas de risco de escorregamento |
| 1.3.2 | Ação 2 - Instalar sensor volumétrico em bueiros |
| 1.3.3 | Ação 3 - Elaborar projetos para a erradicação/estabilização de risco de escorregamento |
| 1.3.4 | Ação 4 - Executar obras e implantar infraestrutura após a conclusão do projeto |
| 1.3.5 | Ação 5 - Executar melhorias e atualizações no sistema |
| 1.3.6 | Ação 6 - Realizar acompanhamento, controle e monitoramento do sistema |

5.3.2. PROGRAMA 2 – PLANO DE CONTINGÊNCIA

Os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos direta ou indiretamente na prevenção, preparação e na resposta às emergências e desastres provocados por naturais estão previstos no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil para deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos de Jacareí.

O citado Plano de Contingência proposto pelo PMEDMAP, aborda as ações pontuais e de duração continuada, conforme tabela colocada a seguir:

| PROGRAMA 2 - PLANO DE CONTINGÊNCIA | 2 | AÇÕES DE CONTINGÊNCIA E MOBILIZAÇÃO |
|--|--------------|--|
| 2.1 - Situações de alagamento, problemas relacionados à microdrenagem | 2.1.1 | Mobilização dos órgãos competentes para a realização da manutenção da microdrenagem. |
| | 2.1.2 | Acionamento da autoridade de trânsito para que sejam traçadas rotas alternativas a fim de evitar o agravamento do problema. |
| | 2.1.3 | Acionamento do técnico responsável designado para verificar a existência de risco à população; danos a edificações, vias; risco de propagação de doenças, entre outros. |
| | 2.1.4 | Proposição de soluções para a resolução do problema, com a participação da população; e informação à população sobre a importância de se preservar o sistema de drenagem. |
| 2.2 - Inundações, enchentes provocadas pelo transbordamento de rios, córregos ou canais de drenagem. | 2.2.1 | Criação de sistema de monitoramento que possa identificar a priori a intensidade da enchente e acionar o sistema de alerta respectivo, bem como dar partida às ações preventivas, inclusive a remoção da população potencialmente atingível. |
| | 2.2.2 | Comunicação ao setor responsável, à prefeitura ou à defesa civil, para verificação de danos e riscos a população. |
| | 2.2.3 | Comunicação ao setor de assistência social para que sejam mobilizadas as equipes necessárias, informação dos abrigos. |
| | 2.2.4 | Estudo para controle das cheias nas bacias. |
| | 2.2.5 | Medidas para proteger pessoas e bens situados nas zonas críticas de |
| 2.3 - Inexistência ou ineficiência da rede de drenagem urbana. | 2.3.1 | Verificação do uso do solo previsto para a região. |
| | 2.3.2 | Comunicação ao setor de planejamento da necessidade de ampliação ou correção da rede de drenagem. |
| | 3.3.3 | Comunicação ao setor de fiscalização para detecção do ponto de lançamento e regularização da ocorrência. |
| 2.4 - Presença de materiais de grande porte, como carcaças de eletrodomésticos, móveis ou pedras. | 2.4.1 | Aumento do trabalho de conscientização da população sobre a utilização dos canais de drenagem. |
| | 2.4.2 | Comunicação ao setor de manutenção sobre a ocorrência |
| | 2.4.3 | Aumento da eficiência e cobertura da limpeza pública |
| 2.5 - Assoreamento de bocas de lobo, bueiros e canais. | 2.5.1 | Comunicação ao setor de manutenção sobre a ocorrência |
| | 2.5.2 | Verificação dos intervalos entre as manutenções periódicas - se se encontram satisfatórios |
| | 2.5.3 | Aumento da eficiência e cobertura da limpeza pública |
| | 2.5.4 | Limpeza de boca de lobo |
| 2.6 - Falta de abrigo para a população afetada por inundações e/ou morando em áreas com risco de deslizamento | 2.6.1 | Cadastro das famílias atingidas, transporte, manutenção e organização de abrigos e provisão de alimentos e serviços básicos de saúde. |

A seguir, colocam-se os pontos críticos indicados pelo Plano de Contingência de Jacareí - 2022, de responsabilidade da Secretaria de Segurança e Defesa do Cidadão – Defesa Civil:

5.3.2.1. LOCAIS DE ALAGAMENTO E INUNDAÇÃO

- ❖ Balneário Paraíba - Rua Helgoland (fundo das ruas do bairro) – Alagamento;
- ❖ Jardim Paulistano– fundo do bairro;
- ❖ Vila Pinheiro – Rua Santa Catarina, Rua Ceará;
- ❖ Jardim Esper – Rua Regina, Rua Mariana, Rua Minas Gerais, Rua Santa Cecília;
- ❖ Parque Califórnia - Avenida Dr. João Lamana (próximo a EMEI), RUA Sebastião C. da Silva;
- ❖ Jardim Pitoresco – Rua Expedicionário José dos Santos, Rua Expedicionário José Maria Ferreira;
- ❖ Jardim Primavera – Rua das Prímulas, Rua das Eulálias;
- ❖ Centro - Rua João Américo da Silva, Rua Dr. Lúcio Malta com Rua Carlos Porto, Avenida Nove de Julho, Avenida Siqueira Campos com Rua Santa Catarina, Rua Alan Kardec, Rua José de Barros, Rua Gal. Carneiro, Rua Carlos Porto com Rua Ramira Cabral;
- ❖ Rio Comprido - Rua Bahia, Rua São Pedro, Viela Volta Redonda, Viela Nova Iguaçu (parte baixa do bairro), Rua Rio Grande do Sul;
- ❖ Vila Zezé – Rua Francisca Júlia – ao lado do piscinão;
- ❖ Jardim das Indústrias – Rua Atenas Paulista com Rua Emídio Pereira Mesquita;
- ❖ Rodovia Nilo Máximo entre os bairros Jardim Paraíso e Santo Antônio Boa Vista;
- ❖ Jardim do Vale – Rua Suzana de Castro Ramos;
- ❖ Rua Salvador Preto próximo Padaria Dois Irmãos;
- ❖ Jardim Emília - Ruas próximas ao SENAI;

- ❖ Jardim Flórida - Avenida Mississipi (área de APP);
- ❖ Jardim São José - Rua São Mateus, Avenida Amazonas, Avenida Mj Acácio Ferreira;
- ❖ Vila Formosa – Rua Vitória;
- ❖ Jardim São Luís - atrás da UBS do bairro Santa Cruz dos Lázarus;
- ❖ Avenida Getúlio Vargas - próximo ao 41º BPM-I (Polícia Militar);
- ❖ Jardim Guarani - Rua Francisco de Lima Sobrinho, Rua Minas Gerais e entorno Vila Ita - praticamente todas as ruas;
- ❖ Jardim Jacinto - Rua Rodrigues Alves, Rua Hermes da Fonseca, Rua Auro de Moura Andrade (parte baixa) Rua João Américo – Centro da cidade;
- ❖ Jardim Luiza – Rua Guaporé, Rua Irajá, Rua Iracema, Avenida Nove de Julho próximo biblioteca;
- ❖ Jardim Paraíba Parque Meia Lua – Rua Arthur Casarino;
- ❖ Jardim Olímpia – Rua Amâncio Dias;
- ❖ Veraneio Ijal – Rua Silvio Romeiro, Rua Augusto dos Anjos, Rua Osvaldo de Andrade;
- ❖ Igarapés – Rua Engº Flavio de Freitas;
- ❖ Nova Jacareí – Rua Diogo Fontes;

5.3.2.2. LOCAIS DE DESLIZAMENTO DE TERRA - RISCO MUITO ALTO:

Bela Vista 2: Rua Carajás, Rua Seis, Rua Quatro, Rua 7, Rua Tupari, Rua 5;

Jardim Pitoresco: Rua Expedicionário Leoni Fortunato;

Jardim do Portal: Rua João Pereira de Freitas, Rua Santo Onofre, Rua Dom João Bosco, Rua Santa Mônica Jardim São Gabriel: Av. São Gabriel e Rua Delfim Sacadura F. Cabral (no Subdistrito de São Silvestre);

Jardim Vista Verde: Rua Ignácio Pinheiro;

Vila Zezé: Rua Raimundo Corrêa, Rua Alvares de Azevedo, Rua Manoel de Souza, Rua Francisca Júlia;

5.3.2.3. LOCAIS DE DESLIZAMENTO DE TERRA - RISCO ALTO

Bela Vista 1: Rua Quatro, Rua Urupá, Rua Dois;

Jardim Maria Amélia: Rua Julião Steur Brison, Av. Adelaide da Silva Bissoli, Rua Alfredo Blóis, Av. Ciro de Siqueira Armani;

Jardim Boa Vista: Rua Salvador Preto;

Nova Jacareí: Rua Manoel Fernandes Agostinho, Rua Gaspar Gomes da Costa, Rua Manoel Chaves Pereira, Av. Lucas Nogueira Garcez, Rua Antonio de Oliveira Filho, Rua Francisco Maciel, Rua Arthur Verdelli;

Parque dos Príncipes: Rua Príncipe Gaston D'Eu, Rua Dona Maria I, Rua Dom João V, Rua Dom Felipe I, Rua Dom Antonio;

Jardim Esperança: Av. Geraldo Vicente Rosa;

Parque Imperial: Rua José Alves de Miranda, Rua João Batista dos Santos, Rua Adão Vitorino dos Santos, Rua João A. de Oliveira, Rua Antonio Carlos B. Ramos, Rua Darcy José de Faria, Rua Waldomiro de Paula, Rua Milton Alves de Souza, Rua Nove, Rua Dez, Rua Onze, Rua Doze, Rua Treze, Avenida Quatro;

Jardim Pitoresco: Rua Exp. Manoel Vitorino, Rua Exp. Leoni Fortunato, Rua Exp. Nazareno de Xavier;

Parque Santo Antônio: Rua dos Hibiscos, Avenida Vale do Paraíba, Rua das Dálias;

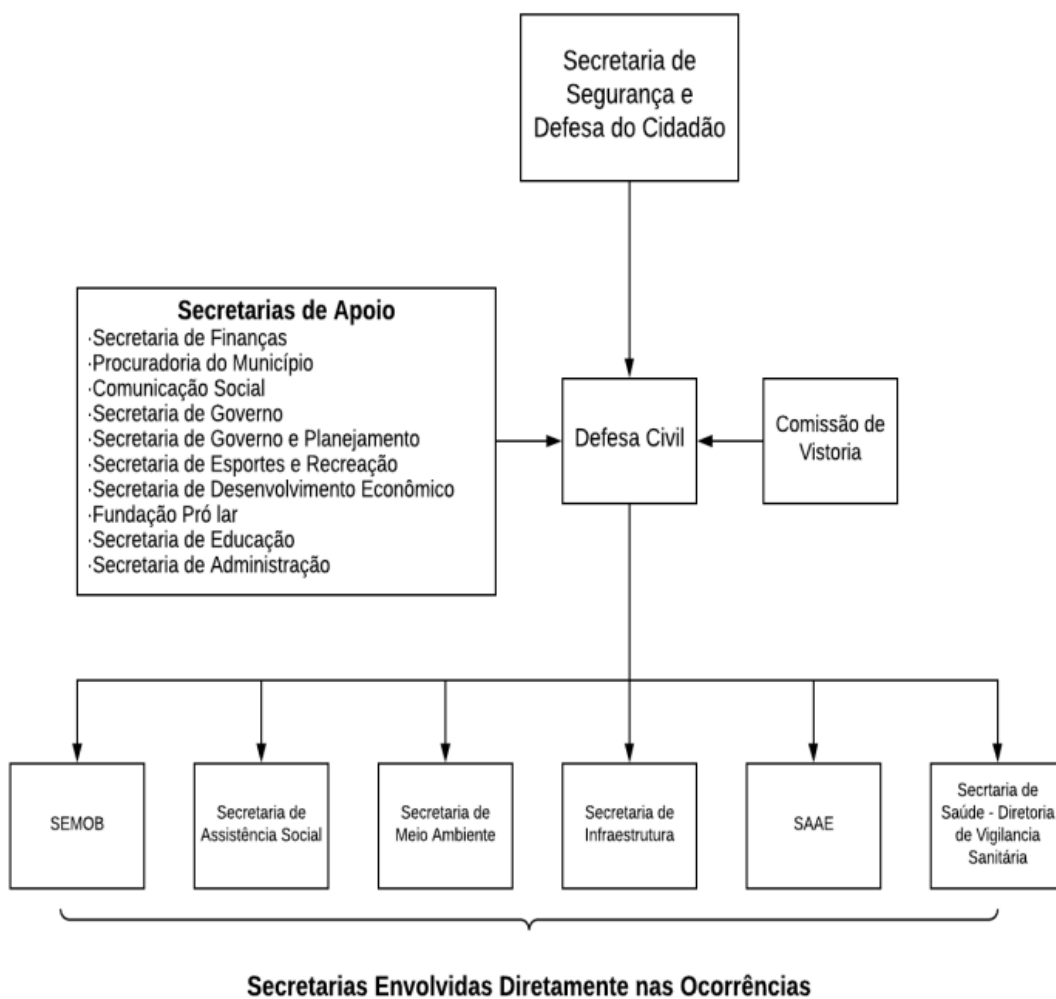
Jardim Vista Verde: Rua Bela Vista, Estrada do Porto Velho;

Veraneio Ijal – Rua José Martiniano de Alencar.

5.3.2.4. ESTRUTURA PROPOSTA PELO PLANO DE CONTINGÊNCIA PARA AÇÕES ESPECÍFICAS

COMDEC – JACAREÍ

Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - Jacareí



5.4. OUTROS PROGRAMAS SUGERIDOS

A bibliografia consagrada aponta outros programas que podem ser interessantes no manejo das águas pluviais do município, a saber:

5.4.1. MONITORAMENTO DE BACIAS REPRESENTATIVAS DA CIDADE

Avaliar a rede hidrológica estabelecida. As informações existentes geralmente são esparsas e limitadas e não obedecem necessariamente aos interesses do planejamento da drenagem urbana na cidade.

Justificativa: para determinação das vazões nas bacias urbanas, são utilizados modelos hidrológicos, que possuem parâmetros, que são estimados com base em dados observados de precipitação e vazão, ou estimados com o auxílio de informações da literatura. Os estudos realizados utilizaram algumas das informações preexistentes na cidade; no entanto, observou-se a necessidade de uma amostra mais representativa e com um período de observação mais prolongado. Em todas as cidades brasileiras, não existem dados de qualidade da água dos pluviais. Essas informações são importantes para conhecer o nível de poluição resultante desse escoamento, as cargas dos diferentes componentes, para poder estabelecer medidas de controle adequadas.

Objetivos: os objetivos do programa são aumentar a informação de precipitação, vazão, parâmetros de qualidade da água de algumas bacias representativas do desenvolvimento urbano da cidade, e acompanhar qualquer alteração do seu comportamento em relação ao planejamento previsto.

Metodologia: para o desenvolvimento desse programa, recomenda-se o seguinte:

- ❖ proceder ao levantamento e revisar as informações existentes sobre variáveis hidrológicas e de parâmetros de qualidade da água;
- ❖ identificar, para os mesmos locais, os principais indicadores de ocupação urbana para os mesmos períodos dos dados coletados;
- ❖ preparar um plano de complementação da rede existente;
- ❖ criar um banco de dados para receber as informações existentes e coletadas;
- ❖ implementar a rede prevista e torná-la operacional.

5.4.2. MONITORAMENTO DE ÁREAS IMPERMEÁVEIS

O desenvolvimento urbano da cidade é dinâmico e o monitoramento da densificação urbana visa à avaliação desse processo sobre o impacto na infraestrutura da cidade. Em estudos hidrológicos desenvolvidos nos últimos anos, com dados de cidades brasileiras, Campana e Tucci (1994) apresentaram uma relação bem definida entre a densificação urbana e as áreas impermeáveis. Portanto, o aumento da densificação tem relação direta com o aumento da impermeabilização do solo, que é a causa principal do aumento das vazões da drenagem pluvial.

Justificativa: Há a necessidade, face ao cenário de futuro desenvolvimento, aperfeiçoar a previsão de densificação prevista no Plano Diretor Urbano, e, assim, obter-se as áreas impermeáveis previstas para esses cenários. Considerando que tais cenários podem se afastar da previsão, é necessário acompanhar a alteração efetiva da impermeabilização nas bacias planejadas.

Objetivo: acompanhar a variação das áreas impermeáveis das bacias hidrográficas da cidade, verificando alterações das condições de planejamento.

Metodologia: esse programa pode ser estabelecido com base no seguinte:

- ❖ obter anualmente imagem de satélite da cidade;
- ❖ proceder, para cada uma das bacias da cidade, a determinação sistemática das áreas impermeáveis;
- ❖ verificar se estão conformes aos cenários previstos no Plano Diretor Urbano;
- ❖ sempre que houver novos levantamentos populacionais, atualizar a relação densidade x área impermeável. Ajustar essa relação para áreas comerciais e industriais.

5.4.3. MONITORAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM

Existem grandes incertezas quanto à quantidade de material sólido que chega ao sistema de drenagem. A avaliação dessas informações é muito limitada no Brasil. Geralmente, é conhecida a quantidade de material sólido coletado em cada área de coleta, mas não se conhece quanto efetivamente chega à drenagem. Os números podem chegar a diferenças de magnitude significativas.

Justificativa: os estudos de drenagem urbana partem dos princípios de que um conduto tem capacidade de transportar a vazão que chega no seu trecho de montante, mas não é possível estimar quanto deste conduto será entupido pela produção de material sólido. Dessa forma, muitos alagamentos que ocorrem são devidos, não à falta de capacidade projetada do conduto hidráulico, mas às obstruções provocadas pelo material sólido. Para que seja possível atuar sobre esse problema, é necessário conhecer melhor como os componentes de produção e de transporte desse material ocorrem em bacias urbanas.

Objetivos: quantificar o material sólido que chega à drenagem pluvial, como base para a implantação de medidas mitigadoras.

Metodologia: para quantificar os componentes que envolvem a produção e o transporte do material sólido, é necessário definir uma ou mais áreas de amostra. A metodologia prevista é a seguinte:

- ❖ definir as metas de um programa de estimativa dos componentes do processo de geração e transporte de material sólido para a drenagem;
- ❖ escolher uma ou mais áreas representativas para amostragem;
- ❖ definir os componentes;
- ❖ quantificar os componentes para as áreas amostradas por um período suficientemente representativo;
- ❖ propor medidas mitigadoras para a redução dos entupimentos.

5.4.4. REVISÃO DO CADASTRO DO SISTEMA DE DRENAGEM:

O sistema de drenagem deve ser cadastrado baseado na determinação da profundidade do conduto e em seu diâmetro. A cota deve ser obtida com base na topografia disponível do local cadastrado em plantas existentes na cidade. Por conta da variabilidade de levantamentos existentes na cidade, pode haver incompatibilidades no uso conjunto das informações.

Justificativa: o erro existente pode comprometer o dimensionamento das obras e o estudo de alternativas. Na fase de projeto, é essencial que o cadastro esteja adequadamente determinado.

Objetivo: Revisar o cadastro de condutos pluviais da cidade.

Metodologia: o levantamento deve estabelecer a topografia por meio de um mesmo referencial, fazendo uso de GPS, comparando a cota atual com a cota obtida em campo. A base de análise deve ser os locais identificados com problemas nos estudos de simulação realizados.

5.5. DEMANDAS NA MACRODRENAGEM – MANUTENÇÃO DE CANAIS NATURAIS E REVESTIDOS

A transposição eficaz das enchentes pelas áreas urbanas, depende da situação da seção os canais de macrodrenagem. Assim sendo, é necessário evitar que se acumulem assoreamentos ao longo dos canais e evitar obstruções nas travessias existentes. Esse procedimento deve ser feito periodicamente retirando-se o material assoreado e os entulhos por meio de equipamentos apropriados.

A PORTARIA DAEE nº 1.630, de 30 de maio de 2017, que dispõe sobre procedimentos de natureza técnica e administrativa para obtenção de manifestação e outorga de direito de uso e de interferência em recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo.

Com relação à manutenção de canais de curso d'água, aponta:

“ ...

Artigo 21

. ...

§ 5º - Ficam dispensados de outorga e de cadastro:

a) os usos e as interferências em recursos hídricos realizados em cursos d'água efêmeros;

b) os serviços de desassoreamento em reservatórios e de limpeza de álveos de cursos d'água e lagos;

...”

Não raramente, esses procedimentos podem perturbar os sistemas ecológicos ribeirinhos. Assim sendo, previamente, deve-se consultar os Órgãos Ambientais para a mitigação dos seus efeitos.

6. REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DOS ARRANJOS INSTITUCIONAIS PARA GESTÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA.

6.1. LEVANTAMENTO DO QUADRO INSTITUCIONAL

O arranjo funcional para o manejo da Águas Pluviais em Jacareí é constituído atualmente pelos seguintes órgãos públicos municipais:

1.1.1. SEPLAN

Coordena as atividades relacionadas à gestão da infraestrutura nas regiões urbana e rural de Jacareí, por meio de iniciativas como o Plano Diretor, projetos de reformas e ampliações e atualização da legislação urbanística. É também responsável pelo parcelamento, uso e ocupação do solo, emissão de certidões de cadastro, licenciamento e fiscalização de projetos de edificações e emplacements de Ruas e logradouros públicos. (Site da PM)

Deverão ser suas atribuições quanto à macrodrenagem urbana:

- ❖ Elaborar, propor, fiscalizar estabelecer diretrizes quanto ao uso e ocupação do solo de maneira que as águas pluviais geradas pela impermeabilização não alterem as condições pré-existentes;
- ❖ Estabelecer e fiscalizar a obrigatoriedade da microdrenagem para projetos de implantação de loteamentos ou abertura de Ruas;
- ❖ Exigir dos loteadores de glebas situadas às margens do rio Paraíba do Sul, que seja providenciado um estudo técnico detalhado para que se estabeleçam as cotas do nível máximo de cheias com tempo de retorno de 500 anos nas divisas situadas às margens do curso d'água;
- ❖ Estabelecer e fiscalizar a aplicação da política municipal de Áreas de Proteção Permanente (APPs), de maneira que as áreas a serem protegidas estejam mantidas como “non aedificandi” na revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento.

1.1.2. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

Tem como finalidade prover, de forma direta ou por meio de terceirização, o município de obras públicas e demais serviços necessários à manutenção e melhoria de todo o equipamento urbano e rural. Desenvolve, executa e fiscaliza projetos técnicos de obras públicas para toda a administração, como serviços de pavimentação e correlatos de vias e de logradouros

públicos; abertura de estradas e Ruas municipais; canalização e drenagem de canais, córregos e galerias; serviços de pontes municipais.

Deverão ser suas atribuições quanto à macrodrenagem urbana:

- ❖ Executar e atualizar o cadastro das redes de microdrenagem urbana;
- ❖ Executar a manutenção de todos os elementos da rede de microdrenagem;
- ❖ Fiscalizar a execução dos elementos de microdrenagem dos novos loteamentos quando da sua implantação;
- ❖ Executar a manutenção preventiva dos elementos de microdrenagem existentes;
- ❖ Contratar e fiscalizar as obras de micro e macrodrenagem urbana.

1.1.3. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E ZELADORIA URBANA

Responsável por elaborar programas e campanhas intersetoriais que visem a melhoria da qualidade de vida, bem como ações voltadas à proteção, conservação e recuperação da fauna, flora e recursos naturais. Controla a poluição das águas, do ar e do solo.

Desenvolve ações de preservação ambiental, faz mapeamentos, diagnósticos, monitoramento, fiscalização, vistorias e laudos técnicos. E ainda realiza serviços de jardinagens e arborização, coordena o viveiro municipal e promove ações voltadas à educação ambiental. Orientando e fazendo cumprir as atividades de coleta e remoção de resíduos sólidos, varrição e aterro sanitário. (Site PM)

Deverão ser suas atribuições quanto à macrodrenagem urbana:

- ❖ Propor, fiscalizar e executar projetos e ações com vistas a evitar, reparar e mitigar a pressão antrópica sobre a rede de drenagem urbana, mormente quanto às questões relativas à proteção da fauna, flora, matas ciliares no âmbito municipal urbano.

Propor medidas não estruturais no sentido de impedir a excessiva impermeabilização dos terrenos urbanos.

6.2. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS – HIERARQUIZAÇÃO

| AÇÃO | PRIORIDADE |
|--|------------|
| Controle do uso do solo urbano; | 5 |
| Regulamentação desse plano Diretor de Macrodrenagem Urbana | 1 |
| Regulamentação para áreas em construção | 2 |
| Áreas verdes | 8 |
| Controle de ligações clandestinas | 7 |
| Varrição de Ruas | 6 |
| Educação da população | 3 |
| Controle da coleta e disposição final do lixo | 4 |

6.3. AÇÕES SISTEMÁTICAS

Ações Sistemáticas abrangerá a elaboração do Manual de Diretrizes Básicas, que visará a uniformização dos critérios de planejamento e projeto de obras de drenagem urbana e da planificação e arquitetura do Sistema de Suporte a Decisão, composto por um Sistema de Informações, pelo Programa de Monitoramento Hidráulico-Hidrológico e pelo Modelo de Operação do Sistema. Também nesta Etapa está prevista a elaboração do Programa de Controle de Poluição Difusa, já que a questão do controle da qualidade das águas drenadas é de extrema importância para a recuperação dos nossos rios e córregos. Programa de Medidas de Fiscalização e Controle e do Sistema de Acompanhamento e Revisão do Plano permitirão a conclusão dos trabalhos que integram o Plano.

6.4. MANUAL DE DIRETRIZES BÁSICAS

Em anexo, apresenta-se um manual para as diretrizes de macrodrenagem urbana, elaborado de acordo com as melhores técnicas de engenharia.

6.5. SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO

Os princípios a seguir caracterizados visam orientar as decisões a serem tomadas quanto aos problemas de macrodrenagem do município. Esses princípios são essenciais para o bom desenvolvimento de um programa consistente de drenagem urbana, a saber:

- ❖ O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Jacareí deve fazer parte do Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) da cidade. A drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto, deve ser planejada em conjunto com os outros sistemas, principalmente os planos de controle ambiental, esgotamento sanitário, disposição de material sólido e tráfego;
- ❖ O escoamento durante os eventos chuvosos não pode ser ampliado pela ocupação da bacia, tanto num simples loteamento, como nas obras de macrodrenagem existentes no ambiente urbano. Isto se aplica desde a um simples aterro urbano, à construção de pontes, rodovias e ao adensamento da ocupação urbana. O princípio é de que cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural.
- ❖ O Plano de controle da drenagem urbana deve contemplar todas as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos. Caso isso ocorra, deve-se prever uma medida mitigadora.

Os princípios a seguir caracterizados visam evitar os problemas descritos no item anterior. Estes princípios são essenciais para o bom desenvolvimento de um programa consistente de drenagem urbana, a saber:

- ❖ O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Jacareí deve fazer parte do Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) da cidade. A drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto, deve ser planejada em conjunto com os outros sistemas, principalmente os planos de controle ambiental, esgotamento sanitário, disposição de material sólido e tráfego;
- ❖ As medidas não estruturais são as que:
- ❖ Não implicam na execução de obras;
- ❖ Promovem adaptação ao fenômeno das inundações;
- ❖ Privilegiam medidas preventivas;
- ❖ Têm aplicação difusa (na várzea especialmente);

- ❖ Apoiam-se em aspectos de caráter sociopolíticos;
- ❖ Investem em educação, participação pública, legislação, etc.; e
- ❖ Resultam em custos baixos, mas de difícil aplicação.
- ❖ As medidas estruturais são obras de engenharia implantadas para reduzir o risco das enchentes. Essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos:
 - ❖ As que aceleram o escoamento: construção de diques e “polders”, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros;
 - ❖ As que retardam o escoamento: reservatórios e as bacias de amortecimento; e
 - ❖ As que resultam em desvio do escoamento: são obras como canais e desvios.
- ❖ As medidas estruturais envolvem grande quantidade de recursos e resolvem somente problemas específicos e localizados. Isso não significa que esse tipo de medida seja totalmente descartável.
- ❖ A política de controle de inundações, certamente, poderá chegar às soluções estruturais para alguns locais, mas dentro da visão de conjunto de toda a bacia, em que estas sejam racionalmente integradas com outras medidas preventivas (não estruturais) e compatibilizadas com o esperado desenvolvimento urbano.
- ❖ O controle deve ser realizado considerando a bacia como um todo e não em trechos isolados;
- ❖ Os meios de implantação do controle de enchentes deverão ser o PDDUS e as Legislações Municipal/Estadual. O primeiro estabelecerá as linhas principais e as legislações controlarão o manejo.
- ❖ O controle permanente: o controle de enchentes é um processo permanente; não basta que sejam estabelecidos regulamentos e que sejam construídas obras de proteção; é necessário estar atento às potenciais violações da legislação e na expansão da ocupação do solo de áreas de risco. Portanto, recomenda-se que:
- ❖ Nenhum espaço de risco seja desapropriado se não houver uma imediata ocupação pública que evite a sua invasão; e

- ❖ A comunidade tenha uma participação nos anseios, nos planos, na sua execução e na contínua obediência das medidas de controle de enchentes.
- ❖ A educação: a educação de engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros profissionais, da população e de administradores públicos é essencial para que as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos;
- ❖ O custo da implantação das medidas estruturais e da operação e manutenção da drenagem urbana deve ser transferido aos proprietários dos lotes proporcionalmente à sua área impermeável, que é a geradora de volume adicional, com relação às condições naturais;
- ❖ O conjunto desses princípios trata o controle do escoamento urbano na fonte, distribuindo as medidas de controle para aqueles que produzem o aumento do escoamento e a contaminação das águas pluviais; e
- ❖ É essencial uma gestão eficiente na manutenção de drenagem e na fiscalização da regulamentação.
- ❖ O escoamento durante os eventos chuvosos não pode ser ampliado pela ocupação da bacia, tanto num simples loteamento, como nas obras de macrodrenagem existentes no ambiente urbano. Isto se aplica desde a um simples aterro urbano, à construção de pontes, rodovias e ao adensamento da ocupação urbana. O princípio é de que cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural.
- ❖ O Plano de controle da drenagem urbana deve contemplar todas as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos. Caso isso ocorra, deve-se prever uma medida mitigadora. O Plano deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial através da compatibilização com o planejamento do saneamento ambiental, controle do material sólido e a redução da carga poluente nas águas pluviais.
- ❖ O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Jacareí, na sua regulamentação, deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e o adensamento das áreas atualmente loteadas. Depois que a bacia, ou parte dela estiver ocupada, dificilmente o poder público terá condições de responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia. Portanto, se a ação pública não for realizada

preventivamente, através do gerenciamento, as consequências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município.

- ❖ Nas áreas ribeirinhas, o controle de inundações é realizado através de medidas estruturais e não estruturais, que dificilmente estão dissociadas.

1.1. PROGRAMA DE MEDIDAS DE FISCALIZAÇÃO E CONTROLE E DO SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO E REVISÃO DO PLANO

O programa de fiscalização e controle deverá ser composto por um conjunto de atividades que visem à preservação do desempenho, da segurança e da confiabilidade dos componentes do sistema de drenagem, de forma a prolongar a sua vida útil e reduzir os custos de manutenção;

- ❖ O plano de manutenção será configurado pelos seguintes pontos essenciais: organização da área de manutenção, arquivo técnico e cadastro dos componentes do sistema de drenagem e programa de manutenção;
- ❖ A forma de organização do programa de manutenção será compatível com o porte e complexidade do sistema de drenagem de cada região;
- ❖ A gestão do sistema de manutenção deverá compreender a manutenção do arquivo técnico e cadastro dos componentes do sistema de águas pluviais e elaboração do programa de manutenção;
- ❖ O arquivo técnico do sistema de drenagem deverá ser composto por todos os documentos de projeto e construção, incluindo memoriais descritivos, memoriais de cálculo, desenhos e especificações técnicas;
- ❖ O cadastro dos componentes do sistema de águas pluviais deverá conter o registro de todos os componentes e sistemas abrangidos pelo programa de manutenção, incluindo identificação, descrição e localização;
- ❖ O arquivo técnico e o cadastro dos componentes do sistema de águas pluviais serão mantidos permanentemente atualizados, refletindo fielmente todas as modificações e complementações realizadas ao longo da vida útil do sistema de drenagem;
- ❖ Os procedimentos e rotinas de manutenção deverão ser continuamente avaliados e ajustados, de modo a permanecerem sempre atualizados e consistentes com as necessidades e experiência adquirida na gestão do Sistema de Manutenção.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de Hidráulica**. 8ª Edição. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda., 1998.

BAPTISTA, M. Nascimento, N. Barraud, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**, Porto Alegre, ABRH, 2005.

CAMPANA, N.; TUCCI, C.E.M. **Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas**, Caderno de Recursos Hídricos V12 nº2. 1994.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

Drenagem Urbana, Manual de Projeto, 3ª Edição, São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, 1986.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Cálculo de Vazões Máximas, Médias e Mínimas para as Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994.

Instruções Técnicas da DPO/DAEE 08 a 015, São Paulo, DAEE, 30 de julho de 2007 a 19/10/2018.

FERNANDES, C. - **MICRODRENAGEM - Um Estudo Inicial**, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande, 2002.

FENDICH, RUA [et al] – **Drenagem e Controle de Erosão Urbana**

MARTINEZ & MAGNI, **Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo**, São Paulo, Secretaria De Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos, Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

PORTO, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**, 1º Edição, São Carlos. Projeto Reenge - EESC/USP, 1998.

Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas, 2ª Edição SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS SANEAMENTO, DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 2006.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**, 1ª edição, São Paulo, Editora Navegar, 2002.

TUCCI, C.E.M., Porto, RUAL.L., Barros, M.T. **Drenagem Urbana**, Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995

TUCCI, C.E.M., **Gestão de Águas Pluviais Urbanas** Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

IPH, **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas DEP Departamento de Esgotos Pluviais Prefeitura Municipal de Porto Alegre. 2001