



# PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE MACRODRENAGEM

## Etapa 4 – Prognóstico Produto 4 - Prognóstico do Sistema Existente

ENDEREÇO	RUA PRUDENTE DE MORAES, Nº 100 - CENTRO, QUELUZ/SP		EXECUÇÃO:	
DATA	11/11/2022	FOLHA	1-29 FOLHAS	
RESP. TÉCNICO	JOSÉ AUGUSTO PINELLI			
ART	28027230220229595	CREA	06018153-07	CLIENTE:  <b>PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ/SP</b>
GESTÃO PROJETO	GIMENA PICOLO	E-mail	gpicolo@valenge.com.br	
N. PROJ VALLENGE	VLG1934-PLN-P4			

REV.	DATA	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
00				
01				
02				
03				
04				

## ■ LISTA DE QUADROS

---

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS.....	7
QUADRO 2 – VERIFICAÇÃO DA VAZÃO ENTRE AS INTERFERÊNCIAS EXISTENTES E AS VAZÕES DE PICO DAS BACIAS .....	8
QUADRO 52 – COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING .....	9
QUADRO 3 – RESULTADO DOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA AS NOVAS ESTRUTURAS.....	13
QUADRO 4 – VERIFICAÇÃO DA VAZÃO ENTRE AS INTERFERÊNCIAS PROPOSTAS E AS VAZÕES DE PICO DAS BACIAS.....	14
QUADRO 5 – INTERFERÊNCIAS EXISTENTES QUE NECESSITAM DE AÇÕES ESTRUTURAIS .....	17
QUADRO 6 – INTERFERÊNCIAS EXISTENTES QUE NECESSITAM DE AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS.....	22
QUADRO 7 – HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES .....	25

---

**■ LISTA DE FIGURAS**

---

FIGURA 1 – PONTOS DE INTERFERÊNCIA SUBDIMENSIONADOS.....	8
FIGURA 2 – PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM NECESSIDADE DE MEDIDAS ESTRUTURAIS .....	15
FIGURA 3 – INTERFERÊNCIA 05 .....	16
FIGURA 4 – INTERFERÊNCIA 09 .....	16
FIGURA 5 – INTERFERÊNCIA 12 .....	17
FIGURA 6 – INTERFERÊNCIA 13 .....	17
FIGURA 7 – INTERFERÊNCIA 15 .....	17
FIGURA 8 – INTERFERÊNCIA 02 .....	19
FIGURA 9 – INTERFERÊNCIA 03 .....	19
FIGURA 10 – INTERFERÊNCIA 05 .....	19
FIGURA 11 – INTERFERÊNCIA 06 .....	20
FIGURA 12 – INTERFERÊNCIA 09 .....	20
FIGURA 13 – INTERFERÊNCIA 12 .....	20
FIGURA 14 – INTERFERÊNCIA 13 .....	21
FIGURA 15 – INTERFERÊNCIA 15 .....	21
FIGURA 16 – INTERFERÊNCIA 18 .....	21
FIGURA 17 – INTERFERÊNCIA 19 .....	21
FIGURA 18 – INTERFERÊNCIA 25 .....	22
FIGURA 19 – INTERFERÊNCIA 09 .....	22
FIGURA 20 – PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM NECESSIDADE DE AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS.....	22

**■ ÍNDICE**

1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	5
2.	AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS PARA O SISTEMA DE MACRODRENAGEM EXISTENTE .....	6
2.1	Ações Estruturais .....	6
2.1.1	AÇÃO PROPOSTA 01 – SUBSTITUIÇÃO DA ESTRUTURAS DE MACRODRENAGEM SUBDIMENSIONADAS .....	7
	A. Metodologia de Cálculo .....	9
	B. Resultados .....	13
2.1.2	AÇÃO PROPOSTA 02 – READEQUAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE DRENAGEM EXISTENTE .....	14
2.2	Ações Não Estruturais .....	18
3.	HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES .....	25
4.	AVALIAÇÃO ECONÔMICA, FINANCEIRA E SOCIAL .....	26
4.1	Avaliação Econômica e Financeira .....	26
4.1.1	CUSTOS DE INVESTIMENTO .....	26
4.1.2	CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO .....	26
4.1.3	CUSTO DE RISCO.....	26
4.2	Avaliação Social .....	27
4.3	Análises Econômicas Comparativas .....	27
5.	REFERÊNCIAS .....	29

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Lei Estadual 7.663 de 1991 prevê a elaboração de estudos para o manejo de águas pluviais que auxiliarão na gestão dos recursos hídricos. Nesse contexto, o Plano Diretor Municipal de Macrodrenagem abordará as recomendações para o disciplinamento de uso e ocupação do solo, a drenagem natural das águas pluviais, a educação ambiental e os projetos de obras necessárias para universalizar os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, sendo um instrumento de gestão importante para a tomada de decisões na execução de obras hidráulicas.

O presente relatório é o quarto produto (Produto 4 – Prognóstico do Sistema Existente) do contrato estabelecido entre a Prefeitura Municipal de Queluz e a empresa Vallenge Consultoria, Projetos e Obras Ltda, que tem como objetivo a elaboração do Plano Diretor Municipal de Macrodrenagem

O Prognóstico do Sistema Existente apresentará ações estruturais e não estruturais específicas para o sistema de macrodrenagem existente, contemplando soluções práticas de gestão, com o objetivo de alcançar as metas estabelecidas e compatibilizar o crescimento econômico, a sustentabilidade ambiental e a equidade social no município.

## 2. AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS PARA O SISTEMA DE MACRODRENAGEM EXISTENTE

Toda e qualquer intervenção no meio urbano, que altere a condição natural existente e promova o aumento de superfície impermeabilizada, cria condições favoráveis à ampliação das áreas de inundação. Em áreas ribeirinhas e/ou estruturas de drenagem subdimensionadas os impactos gerados poderão ser sentidos ao longo de toda a bacia envolvida.

Para a mitigação desses impactos, faz-se necessário o uso de ações ou de medidas de controle que irão atenuar as consequências da impermeabilização do espaço urbano no âmbito da drenagem, com a eliminação/redução do risco de enchentes ou ao menos disparar mecanismos de alerta e prevenção de enchentes e danos ao meio físico, ao patrimônio público e privado, à sociedade, ao meio ambiente.

As ações ou medidas de controle de inundação podem ser classificadas em estruturais e não estruturais. As medidas estruturais de controle são obras de engenharia implementadas nos sistemas de macrodrenagem urbana, cujo objetivo principal é reduzir os riscos de ocorrência de inundação em áreas onde este fenômeno pode causar danos. Já as medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos podem ser reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes, utilizando-se medidas preventivas, como o alerta de inundação, o zoneamento das áreas de risco, o seguro contra inundações e medidas de proteção individual

Nessa seção serão apresentadas medidas estruturais e não estruturais passíveis de implementação para o sistema de macrodrenagem existente, conforme apresentado a seguir.

### 2.1 Ações Estruturais

Conforme já mencionado anteriormente, as medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. Essas medidas podem ser classificadas em:

- 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 enchente e controla a erosão da bacia.
- Medidas intensivas: são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos (Simons et al., 1977): (a) aceleram o escoamento: construção de diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rios (canais) e corte de meandros; b) retardam o escoamento: reservatórios e bacias de amortecimento; c) facilitam o desvio do escoamento: são obras como canais de desvios.

O quadro a seguir apresenta um resumo das principais características das medidas estruturais.

Medida	Principal vantagem	Principal desvantagem	Aplicação
<b>1. Medidas extensivas</b>			
Alteração da cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda do solo	Reduz assoreamento	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
<b>2. Medidas intensivas</b>			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios e na planície
<b>2.1 Melhoria do Canal</b>			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar
<b>2.2 Reservatório</b>			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil devido a desapropriação	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com mínimo de pedras	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
<b>2.3 Mudança de Canal</b>			
Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Depende da topografia	Bacias médias e grandes

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIIS  
 FONTE: SIMONS ET AL., 1977

### 2.1.1 Ação Proposta 01 – Substituição da estruturas de macrodrenagem subdimensionadas

As etapas anteriores ao presente relatório, compreendidas por levantamentos em campo e vistas técnicas, bem como as análises hidrológicas e hidráulicas, forneceram os elementos necessários para diagnosticar os principais problemas relacionados ao sistema de macrodrenagem existente no município de Queluz.

Após o diagnóstico do funcionamento das diversas estruturas hidráulicas existentes, foram levantadas as estruturas que apresentam capacidade insuficiente para transportar as vazões das bacias nos pontos exutórios definidos. Desse modo, essa seção tem como objetivo descrever e justificar a proposição de novas estruturas nesses pontos.

A Figura e o Quadro a seguir apresentam os pontos com dispositivos de macrodrenagem subdimensionados, identificados na etapa anterior que necessitam de ações estruturais.

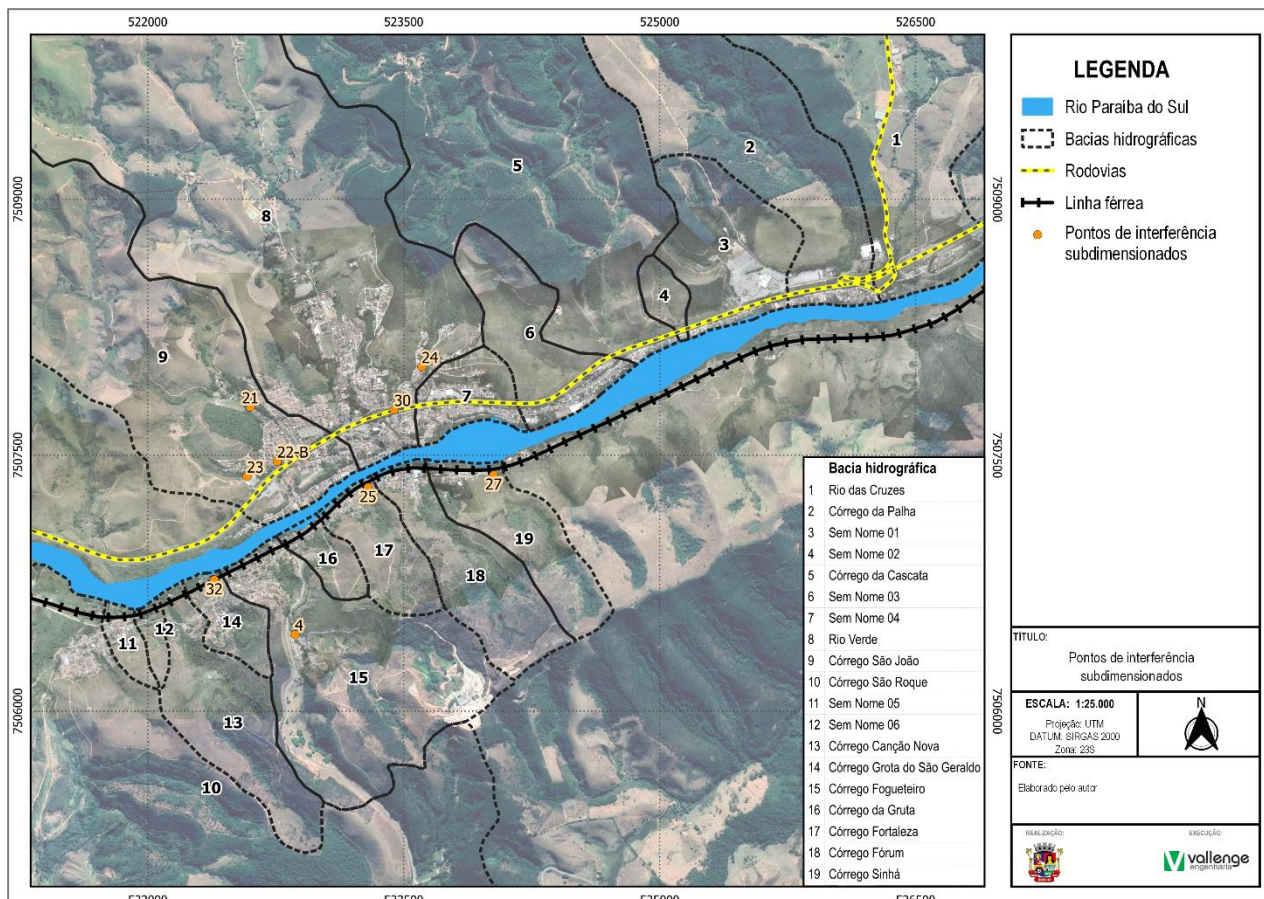


FIGURA 1 – PONTOS DE INTERFERÊNCIA SUBDIMENSIONADOS  
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

Bacia Hidrográfica	Ponto de Interferência	Vazão no Ponto de Interferência (m³/s)	Vazão da interferência existente (m³/s)	Verificação	Resultado
08 - Rio Verde	24	5,18	0,41	$5,18 > 0,41$	Insuficiente
	30	10,71	0,41	$10,71 > 0,41$	Insuficiente
09 - Córrego São João	21	24,57	5,64	$24,57 > 5,64$	Insuficiente
	22- B	26,78	5,64	$26,78 > 5,64$	Insuficiente
	23	5,18	0,42	$5,18 > 0,42$	Insuficiente
14 – Córrego Grotta do São Geraldo	32	3,69	0,40	$3,69 > 0,40$	Insuficiente
15 - Córrego do Fogueteiro	4	28,07	9,34	$28,07 > 9,34$	Insuficiente
17 - Córrego da Fortaleza	25	8,75	2,24	$8,75 > 2,24$	Insuficiente
19 - Córrego Sinhá	27	9,88	2,66	$9,88 > 2,66$	Insuficiente

QUADRO 2 – VERIFICAÇÃO DA VAZÃO ENTRE AS INTERFERÊNCIAS EXISTENTES E AS VAZÕES DE PICO DAS BACIAS  
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

As proposições das novas estruturas ocorreram apenas para os dispositivos em que se verificou um resultado insuficiente, entre as vazões da capacidade de escoamento das estruturas existentes e as vazões de pico identificadas nos pontos exutórios das bacias hidrográficas em estudo, conforme apresentado no Quadro acima.



Para isso, realizou-se um novo estudo hidráulico, com o objetivo de propor uma estrutura capaz de suportar a vazão de pico, conforme apresentado a seguir.

## A. Metodologia de Cálculo

### ■ Declividade Média

A declividade média (i) do trecho/travessia refere-se ao quociente entre o desnível do fundo do canal (diferença de cotas de montante e jusante -  $\Delta h$ ) e o seu comprimento (L), medido no plano horizontal. O cálculo utilizado é o mesmo tanto para o método racional, quanto para o método I-pai-wu.

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Com:

i = declividade média (m/m);

$\Delta h$  = diferença de cotas de montante e jusante (m);

L = comprimento (m).

### ■ Coeficiente de Rugosidade de Manning

O coeficiente de rugosidade refere-se ao atrito da passagem do fluido pela tubulação, os valores são tabelados e encontram-se apresentados no Quadro a seguir.

Revestimento	Coeficiente de Rugosidade de Manning (n)
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra Argamassada	0,025
Aço Corrugado	0,024
Concreto	0,018

QUADRO 3 – COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING  
FONTE: DAEE, 2005

### ■ Borda Livre

Segundo o Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas do DAEE, é recomendado para canais de contorno fechado uma borda livre de 20%, não menor do que 0,40 m, sendo o cálculo apresentado a seguir. O cálculo utilizado é o mesmo tanto para o método racional, quanto para o método I-pai-wu.

$$bl = 0,2 * h$$

Com:

bl = borda livre (m);

h = altura (m).

#### ■ Área Molhada

Para seção retangular deve-se calcular a área molhada, conforme apresentado a seguir.

$$Am = (h - bl) * b$$

Com:

Am = área molhada (m<sup>2</sup>);

h = altura (m);

bl = borda livre (m);

b = base (m).

Já para seção do tipo circular deve-se calcular a área molhada conforme especificado na equação abaixo.

$$Am = 2,69 x r^2$$

Com:

Am = área molhada (m<sup>2</sup>);

r = raio (m).

#### ■ Perímetro Molhado

O perímetro molhado para seção retangular é calculado utilizando-se a equação a seguir.

$$Pm = b + 2 * (h - bl)$$

Com:

Pm = perímetro molhado (m);

b = base (m);

h = altura (m);

bl = borda livre (m).

Já o perímetro molhado para seção do tipo circular é calculado utilizando-se a equação apresentada abaixo.

$$Am = 4,43 \times r$$

Com:

$Am$  = área molhada ( $m^2$ );

$r$  = raio (m).

#### ■ Raio Hidráulico

Logo após calcular os valores da área molhada e perímetro molhado, pode-se calcular o raio hidráulico para seções retangulares, conforme a fórmula apresentada a seguir.

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

Com:

$Rh$  = raio hidráulico (m);

$Am$  = área molhada (m);

$Pm$  = perímetro molhado (m).

O cálculo do raio hidráulico para seções circulares pode ser calculado, conforme a fórmula apresentada a abaixo.

$$Rh = 0,2895 \times D$$

Com:

$Rh$  = raio hidráulico (m);

$r$  = raio (m).

#### ■ Vazão Admissível

Nesta subseção será apresentado o cálculo para obtenção da vazão admissível, conforme apresentado na equação a seguir.

$$Qadm = \frac{1}{n} \times (Rh)^{2/3} \times Am \times \sqrt{i}$$

Com:

$Q_{adm}$  = vazão admissível ( $m^3/s$ );

$n$  = coeficiente de rugosidade;

$R_h$  = raio hidráulico (m);

$A_m$  = Área Molhada;

$i$  = declividade média (m/m).

## B. Resultados

Bacia	Ponto de Interferência	Tipo	Revestimento	Coefficiente de Manning (n)	Quantidade seção	Declividade (m/m)	Base (m)	Altura (m)	Área molhada (m <sup>2</sup> )	Perímetro molhado (m)	Raio hidráulico (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)
08 - Rio Verde	24	Aduela	Concreto	0,018	1	0,0072	2,00	2,00	3,20	5,20	0,62	10,93	3,41
	30	Aduela	Concreto	0,018	1	0,0072	2,00	2,00	3,20	5,20	0,62	10,93	3,41
09 - Córrego São João	21	Aduela	Concreto	0,018	2	0,0071	2,50	2,00	4,00	5,70	0,70	29,57	3,70
	22-B	Aduela	Concreto	0,018	2	0,0071	2,50	2,00	4,00	5,70	0,70	29,57	3,70
	23	Aduela	Concreto	0,018	1	0,0077	2	2,00	3,2	5,2	0,62	11,32	3,54
14 – Córrego Grota do São Geraldo	32	Aduela	Concreto	0,018	1	0,0008	2	2,00	3,2	5,2	0,62	3,71	1,16
15 - Córrego do Fogueteiro	4	Aduela	Concreto	0,018	1	0,0279	2	2,50	4,00	5,70	0,70	29,33	7,33
17 - Córrego da Fortaleza	25	Aduela	Concreto	0,018	1	0,0039	2	2,50	4,00	5,70	0,70	10,98	2,74
19 - Córrego Sinhá	27	Aduela	Concreto	0,018	1	0,067	1,5	1,50	1,80	3,90	0,46	15,46	8,59

QUADRO 4 – RESULTADO DOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA AS NOVAS ESTRUTURAS  
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

Por fim, no quadro a seguir será apresentado uma verificação entre a capacidade de escoamento das interferências propostas e as vazões de pico identificadas nas bacias hidrográficas em estudo.

Bacia Hidrográfica	Ponto de Interferência	Vazão no Ponto de Interferência (m <sup>3</sup> /s)	Vazão das interferências Propostas (m <sup>3</sup> /s)	Verificação	Resultado
08 - Rio Verde	24	5,18	10,93	5,18 < 10,93	Suficiente
	30	10,71	10,93	10,71 < 10,93	Suficiente
09 - Córrego São João	21	24,57	29,57	24,57 < 29,57	Suficiente
	22- B	26,78	29,57	26,78 < 29,57	Suficiente
	23	5,18	11,32	5,18 < 11,32	Suficiente
14 – Córrego Grota do São Geraldo	32	3,69	3,71	3,69 < 3,71	Suficiente
15 - Córrego do Fogueteiro	4	28,07	29,33	28,07 < 29,33	Suficiente
17 - Córrego da Fortaleza	25	8,75	10,98	8,75 < 10,98	Suficiente
19 - Córrego Sinhá	27	9,88	15,46	9,88 < 15,46	Suficiente

QUADRO 5 – VERIFICAÇÃO DA VAZÃO ENTRE AS INTERFERÊNCIAS PROPOSTAS E AS VAZÕES DE PICO DAS BACIAS  
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

Para as estruturas em concreto recomenda-se que velocidade máxima permitida seja de 4,0m/s. Desse modo, para os pontos de interferências 04 e 27, que apresentaram respectivamente uma velocidade de 7,33m/s e 8,59m/s, serão previstas em projeto estruturas para dissipação de energia e se necessário proteção dos taludes.

Salienta-se que nas próximas etapas será realizado um novo levantamento de campo e se necessário novos estudos, a fim de verificar se as estruturas propostas poderão ser implantadas no local. Além disso, será analisado se os trechos a jusantes dos pontos possuem capacidade de absorver as vazões de enchentes projetadas, podendo ser previsto como solução a implantação de bacias de retenção/detecção de cheias (piscinões).

### 2.1.2 Ação Proposta 02 – Readequação das estruturas de drenagem existente

Na etapa de diagnóstico verificou-se que os pontos 5, 09, 12, 13 e 15 apresentam estruturas danificadas e que necessitam da realização inspeção, projeto e obra, conforme apresentado na Figura e Quadro a seguir.

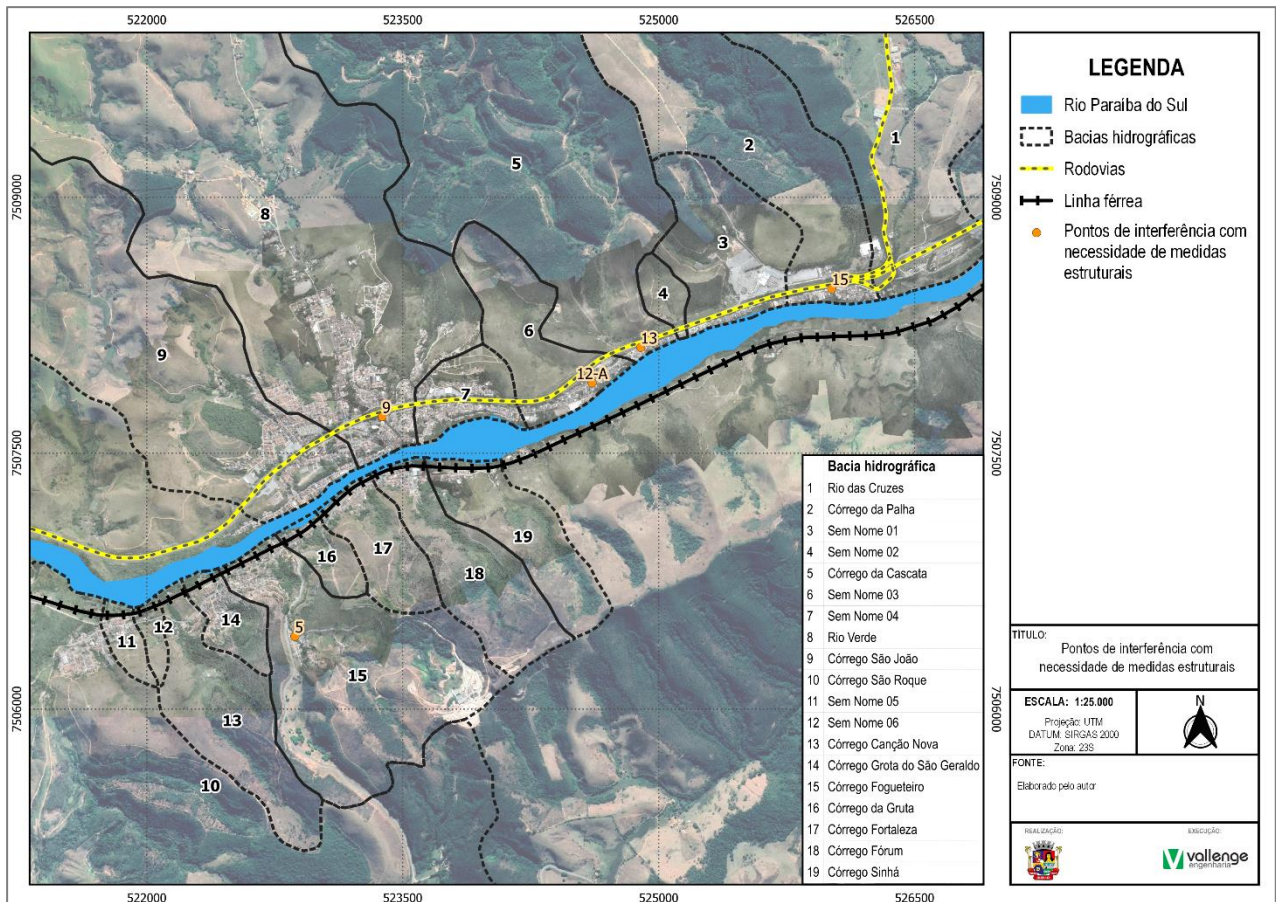


FIGURA 2 – PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM NECESSIDADE DE MEDIDAS ESTRUTURAIS  
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022



Ponto	Coordenadas	Localização	Descrição	Registro Fotográfico	Ações
05	506.425,809m N e 522.868,184m E	Rua das Palmeiras	Ponte em concreto, onde verificou-se a falta de manutenção e a instalação de guarda-corpo. Além disso, deve ser realizado uma inspeção para verificação dos parâmetros estruturais da ponte.	 <p>FIGURA 3 – INTERFERÊNCIA 05          FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	- Elaboração de projeto e execução de obra para readequação da estrutura de drenagem.
09	7.507.713,559m N e 523.379,955m E	Avenida Virgílio Camargo da Silva	Ponte em concreto, onde verificou-se rachaduras em sua estrutura, sendo necessário a realização de uma inspeção para verificação dos parâmetros estruturais da ponte.	 <p>FIGURA 4 – INTERFERÊNCIA 09          FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	- Elaboração de projeto e execução de obra para readequação da estrutura de drenagem.
12	7.507.912,002m N e 524.609,633m E	Rua Pedro Novaes	Ponte estruturada em laje de concreto apoiada em viga metálica. No local verificou-se a rede de drenagem que chega na ponte encontra-se estruturada sob as residências, assim como a ponte em questão. Também é possível observar rachaduras na estrutura da ponte, sendo necessário a realização de uma inspeção para verificação dos parâmetros estruturais da ponte.		- Elaboração de projeto e execução de obra para readequação da estrutura de drenagem.



				<p>FIGURA 5 – INTERFERÊNCIA 12 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p> 	
13	7.508.119,396m N e 524.895,186m E	Rua Pedro Novaes	<p>Ponte estruturada em laje de concreto que serve como travessia sobre o Rio Regata próximo a sua foz no Rio Paraíba do Sul. Verificou-se que as condições dos elementos que compõem a estrutura encontram-se muito degradados, além disso ocorre a ausência de guarda-corpo em um dos lados da ponte. Necessitando assim de manutenção em sua estrutura.</p>	<p>FIGURA 6 – INTERFERÊNCIA 13 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p> 	<p>- Elaboração de projeto e execução de obra para readequação da estrutura de drenagem.</p>
15	7.508.463,720m N e 526.014,706m E	Rua Pedro Novaes	<p>Ponte estruturada em laje de concreto, que serve como travessia sobre o Córrego da Palha e está localizada próximo a sua foz no Rio Paraíba do Sul. No local observou-se a existência de um antigo guarda-corpo localizado a jusante, onde segundo informações do servidor público municipal, a estrutura pertence a antiga ponte. Desse modo, foi possível identificar irregularidade na construção sobre o guarda corpo e antigo pavimento, necessitando de intervenção por parte do poder público, uma vez que este tipo de situação expõe a risco os pedestres que transadam pelo local.</p>	<p>FIGURA 7 – INTERFERÊNCIA 15 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p> 	<p>- Elaboração de projeto e execução de obra para readequação da estrutura de drenagem.</p>

QUADRO 6 – INTERFERÊNCIAS EXISTENTES QUE NECESSITAM DE AÇÕES ESTRUTURAIS  
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

## 2.2 Ações Não Estruturais

---

De maneira mais ampla, as medidas não estruturais de controle de cheias existem para conter os efeitos das precipitações mais intensas e buscam reduzir os impactos negativos das inundações. Em alguns casos, estipulam princípios a fim de reverter os riscos de inundação causados por ações antrópicas no meio natural.

As medidas ou ações não estruturais referem-se às intervenções propostas para uma bacia ou sub-bacia que de modo geral não envolvem diretamente obras. Possuem também um forte componente embasado na legislação municipal e na consciência ambiental da comunidade.

As ações das medidas não estruturais buscam minimizar a influência das condições de escoamento a jusante da rede, bem como nas obras de compensação a construir, permitindo dessa forma:

- Manter uma capacidade ótima de evacuação e condução das águas;
- Minimizar os riscos de saturação da rede a jusante;
- Não esgotar a capacidade das obras de armazenamento a jusante, reduzindo assim sua eficácia,
- Retardar o escoamento superficial;
- Maximizar a infiltração da água da chuva.

Desse modo, as principais medidas ou ações não estruturais que deverão ser realizadas no sistema de macrodrenagem existente serão apresentadas no Quadro a seguir:

Pontos de Interferência	Registro Fotográfico	Ações
02	 <p data-bbox="501 685 810 741">FIGURA 8 – INTERFERÊNCIA 02 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> <li>- Manutenção da via.</li> <li>- Manutenção no guarda-corpo.</li> </ul>
03	 <p data-bbox="501 1261 810 1317">FIGURA 9 – INTERFERÊNCIA 03 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> </ul>
05	 <p data-bbox="501 1836 810 1892">FIGURA 10 – INTERFERÊNCIA 05 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> <li>- Inspeção por empresa especializada para verificação estrutural do dispositivo de drenagem.</li> <li>- Manutenção de passeios/calçadas.</li> </ul>

<p>06</p>	 <p>FIGURA 11 – INTERFERÊNCIA 06 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza e manutenção da rede de drenagem.</li> </ul>
<p>09</p>	 <p>FIGURA 12 – INTERFERÊNCIA 09 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeção por empresa especializada para verificação estrutural do dispositivo de drenagem.</li> <li>- Desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> </ul>
<p>12</p>	 <p>FIGURA 13 – INTERFERÊNCIA 12 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza e manutenção da rede de drenagem.</li> <li>- Inspeção por empresa especializada para verificação estrutural do dispositivo de drenagem.</li> <li>- Erradicação de ligações clandestinas de esgoto existentes</li> </ul>
<p>13</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realização de desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> <li>- Inspeção por empresa especializada para verificação estrutural do dispositivo de drenagem.</li> </ul>



	 <p>FIGURA 14 – INTERFERÊNCIA 13 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manutenção da via.</li> <li>- Realização de manutenção no guarda-corpo.</li> <li>- Manutenção de passeios/calçadas.</li> <li>- Erradicação de ligações clandestinas de esgoto existentes</li> </ul>
<p>15</p>	 <p>FIGURA 15 – INTERFERÊNCIA 15 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspeção por empresa especializada para verificação estrutural do dispositivo de drenagem</li> <li>- Realização de desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> <li>- Manutenção da via.</li> <li>- Erradicação de ligações clandestinas de esgoto existentes.</li> </ul>
<p>18</p>	 <p>FIGURA 16 – INTERFERÊNCIA 18 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza e manutenção da rede de drenagem.</li> </ul>
<p>19</p>	 <p>FIGURA 17 – INTERFERÊNCIA 19 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realização de desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> </ul>

<p>25</p>	 <p>FIGURA 18 – INTERFERÊNCIA 25 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> <li>- Erradicação de ligações clandestinas de esgoto existentes.</li> </ul>
<p>26</p>	 <p>FIGURA 19 – INTERFERÊNCIA 09 FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desassoreamento, bem como remoção de vegetação e outros elementos que causam obstrução do escoamento.</li> <li>- Erradicação de ligações clandestinas de esgoto existentes.</li> </ul>

QUADRO 7 – INTERFERÊNCIAS EXISTENTES QUE NECESSITAM DE AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS  
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

A Figura a seguir mostra a localização dos pontos de interferência descritos no Quadro acima, que necessitam da realização de ações não estruturais.

FIGURA 20 – PONTOS DE INTERFERÊNCIA COM NECESSIDADE DE AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS  
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

#### ■ Inspeção para verificação estrutural

A inspeção em estruturas de drenagem consiste em avaliar as manifestações patológicas existentes e definir diagnóstico, prognóstico e recomendações de intervenção.

#### ■ Desassoreamento dos Cursos D'água

Desassoreamento são procedimentos de escavação para remoção de areia, lodo, resíduos e outros sedimentos acumulados no fundo dos rios e córregos, causados por ações humanas ou pelo desbarrancamento de terra decorrentes de fenômenos naturais. Para evitar ou minimizar possíveis

inundações em épocas de chuvas intensas, devido a redução da capacidade de vazão dos rios e córregos proporcionados pelo assoreamento.

As operações de desassoreamento, no entanto, devem ser planejadas de forma a cumprir com os dispositivos legais relativos à sua finalidade, desde a constituição do projeto até o transporte e destinação do material dragado e, também, devem considerar a jurisdição do recurso hídrico a receber a intervenção.

#### ■ **Limpeza e Manutenção da Rede de Drenagem**

Englobam a limpeza das vias, da rede de drenagem e dos dispositivos de retenção de resíduos sólidos e de sedimentos existentes como forma de redução da carga de resíduos sólidos e de sedimentos nos deflúvios.

O uso de equipamentos de varrição é uma ferramenta eficiente na remoção das partículas finas que retêm uma parcela importante da carga poluidora, além da frequência de varrição, que pode ser de sete a quinze dias.

Os sedimentos e a matéria orgânica que ficam retidos nos trechos de pequena declividade da rede de galerias tendem a se acumular, reduzindo a área de fluxo. A retirada desse material pode ser feita mediante processo de lavagem a vácuo, com a desagregação do material consolidado. A manutenção periódica dos canais abertos envolve a desobstrução e a limpeza da calha nos pontos críticos.

Os dispositivos de retenção de resíduos sólidos e de sedimentos se localizam na entrada das bocas de lobo, situados abaixo da cota inferior do tubo de entrada. O material sólido retido no interior da boca-de-lobo pode ser recolhido manualmente com a retirada da grelha. A retenção dos resíduos e do sedimento impede a transferência desses materiais para o corpo receptor situado a jusante; assim recomenda-se a limpeza dessas estruturas juntamente com a limpeza das vias.

#### ■ **Manutenção das Vias**

O revestimento nas vias urbanas está sujeito à ação abrasiva dos pneus e das cargas dinâmicas dos veículos. Em locais de tráfego mais intenso, falhas nos serviços de manutenção da via propiciam o aparecimento de trincas que, com o tempo, vão, progressivamente, deteriorando a qualidade do pavimento. Dessa forma, os materiais que compõem a base ficam sujeitos à ação erosiva da chuva e do escoamento, sendo levados pelo fluxo, com a transferência de matérias sólidas e carga de poluentes ao corpo receptor. As ações de manutenção das vias contribuem para preservar os corpos d'água, protegendo-os da degradação.

#### ■ **Manutenção de passeios/calçadas.**

Com o objetivo de proporcionar segurança aos pedestres, deve ser realizado a manutenção e readequação dos passeios públicos e calçadas localizadas nas travessias e pontes existentes.

#### ■ **Manutenção de guarda-corpo**

Recuperação ou substituição dos pontos danificados da estrutura existente nos passeios da ponte, a fim de tornar o local mais seguro e melhorar a acessibilidade dos munícipes.

#### ■ **Erradicação de ligações clandestinas de esgoto existentes**

Um dos principais fatores de degradação da qualidade da água nos corpos d'água urbanos está relacionado com o lançamento de efluentes de origem doméstica na rede de drenagem. Os deflúvios lançados na rede de

drenagem podem ser classificados em três tipos, de acordo com os efeitos produzidos: substâncias tóxicas e patogênicas; substâncias degradadoras da vida aquática; e água limpa. Dentre estes, os mais importantes são as substâncias tóxicas e patogênicas, onde as fontes mais prováveis desses poluentes são os efluentes residenciais e industriais. Assim, a principal fonte de conexão ilegal tem origem na rede sanitária residencial.

Com isso, é importante que a prefeitura municipal realize a fiscalização e remoção das conexões ilegais existentes, originárias principalmente de fossas sépticas, sistemas de lavagem, entre outros. As medidas preventivas envolvem o estabelecimento de normas de controle, fiscalização periódica, sanções e multas, educação e conscientização da população.



### 3. HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES

A programação das ações do Plano foi desenvolvida em etapas, considerando os seguintes prazos: imediato (2024), curto prazo (2025 a 2027), médio prazo (2028 a 2034) e longo prazo (2035 a 2043).

De maneira geral as ações de caráter imediato estão focadas na tomada de decisão sobre a forma de gestão do serviço e na realização de estudos e projetos que subsidiarão a organização dos serviços e a implantação das estruturas necessárias nos pontos subdimensionados.

Ações	Prazo			
	Imediato (2024)	Curto (2025 a 2027)	Médio (2028 a 2034)	Longo (2035 a 2043)
<b>1. Ações Estruturais</b>				
1.1 Substituição das estruturas de macrodrenagem subdimensionadas				
1.2 Readequação das estruturas de drenagem existente				
<b>2. Não Estruturais</b>				
2.1 Inspeção para verificação estrutural				
2.2 Desassoreamento dos Cursos D'água				
2.3 Limpeza e Manutenção da Rede de Drenagem				
2.4 Manutenção das Vias				
2.5 Manutenção de passeios/calçadas.				
2.6 Manutenção de guarda-corpo				
2.7 Erradicação de ligações clandestinas de esgoto existentes				

QUADRO 8 – HIERARQUIZAÇÃO DAS AÇÕES  
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2022

## 4. AVALIAÇÃO ECONÔMICA, FINANCEIRA E SOCIAL

Nesse produto foram apresentadas as ações não estruturais e estruturais como soluções para os dispositivos de drenagem levantados na etapa de diagnóstico. Já os próximos produtos apresentarão ações não estruturais para todo o sistema de drenagem e bacias inseridas no município, bem como ações estruturais que irão trazer medidas a serem implementadas para reduzir o risco de enchentes.

Desse modo, após a definição de todas as medidas não estruturais e estruturais será apresentado no produto 6 toda estimativa de custo para as ações propostas, considerando:

- A alternativa de menor custo de implantação;
- A alternativa de menor custo de amortização;
- A alternativa de melhor relação de benefício/custo.

### 4.1 Avaliação Econômica e Financeira

Após a definição dos dispositivos a serem utilizados como medidas estruturais necessárias para o controle de enchentes de cada bacia hidrográfica, serão estimados os custos associados a cada alternativa.

De um modo geral, o custo de um sistema de drenagem urbana compreende três parcelas: investimento, operação e manutenção, e riscos.

#### 4.1.1 Custos de Investimento

Os custos de investimento incluem os desembolsos necessários para os estudos, projetos, levantamentos, construção, desapropriações e indenizações. Referem-se, portanto, à implantação da obra.

Para a estimativa dos custos de investimentos, serão utilizadas tabelas de custos unitários de obras e serviços especializados de engenharia, e para os itens inexistentes serão utilizados como dados complementares e cotações locais.

#### 4.1.2 Custos de Operação e Manutenção

Os custos de operação e manutenção abrangem as despesas de mão de obra, equipamentos, combustíveis e outras, relativas à execução dos reparos, limpezas, inspeções e revisões necessárias durante a vida útil da estrutura.

Os custos de operação e manutenção serão estimados para cada uma das alternativas de projeto em cada bacia, considerando-se o tempo de análise de 20 anos. Os custos de operação e manutenção são estimados a partir do ano 2 dos projetos. O prazo de avaliação é de 20 anos para todas as alternativas avaliadas.

#### 4.1.3 Custo de Risco

O custo de risco é um conceito útil para comparar soluções com diferentes graus de atendimento. No caso de drenagem urbana, as soluções atendem a diferentes períodos de retorno da precipitação de projeto. Os valores correspondem aos danos evitados, ou seja, aos danos residuais relativos a cada período de retorno atendido. Pode ser medido tanto pela estimativa dos danos (prejuízos), como pelos custos de recuperação da área afetada.

## 4.2 Avaliação Social

---

A quantificação dos benefícios decorrentes da implantação de uma obra de macrodrenagem urbana talvez seja a atividade mais complexa do seu planejamento, porque a tangibilidade dos benefícios é restrita.

Um dos enfoques mais adotados é a quantificação dos danos evitados a bens e propriedades, atraso nas viagens, prejuízos no comércio e serviços, e outros. Os benefícios decorrentes da redução nos índices de doenças e mortalidade, melhoria nas condições de vida e impactos na paisagem são de quantificação bem mais difícil, porém não menos importantes.

Os danos decorrentes das inundações podem ser classificados em (1) diretos: são as perdas de bens e serviços que podem ocorrer como consequência do contato direto com a inundação. Sua avaliação é feita pelo custo de reposição, reparo e recuperação da área atingida. São estimados a partir de dados históricos levantados na área inundada em estudo ou, mais expeditamente, por meio de formas empíricas definidas para situações de inundação similares; e (2) indiretos: ocorrem na área inundada ou por ela influenciada, sem o contato direto com a inundação, como, por exemplo, na paralisação de atividades econômicas e de serviços públicos, na perda de horas de trabalho daqueles que residem na área, no custo adicional de transporte para circundar área inundadas, nos gastos com atendimento de emergência e desabrigados etc. São quase sempre estimados como uma fração do dano direto de mesma natureza, pelos percentuais definidos em levantamentos realizados em vários episódios de inundação pesquisados.

Só a desconfiança da ocorrência de uma inundação catastrófica pode causar danos à população, na medida em que muitos investimentos podem deixar de ser feitos por conta dos riscos envolvidos. Essa incerteza faz com que as atividades econômicas na área se desenvolvam em todo o seu potencial e, portanto, os recursos disponíveis sejam subutilizados. Em outras consequências econômicas, a área assolada por inundações é empregada para atividades menos nobres, cuja rentabilidade é inferior à das outras que venham a se estabelecer em áreas de menor risco.

## 4.3 Análises Econômicas Comparativas

---

Com a implantação de medidas de controle de enchentes é possível realizar uma análise comparativa entre os aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. Com relação aos aspectos econômicos, pode-se obter uma redução de custo nos seguintes aspectos sociais e econômicos:

- Redução dos custos associados às doenças de veiculação hídrica;
- Redução de prejuízos às propriedades residenciais;
- Redução prejuízos aos bens de consumo;
- Redução da limpeza de propriedades;
- Redução de danos materiais aos veículos;
- Redução custos relacionados ao tráfego.

Quando a solução proposta para um determinado problema de inundação for a combinação de dois tipos de estruturas, como, por exemplo, bacia de retenção mais melhorias na canalização de jusante, a escolha da melhor aplicação conjunta das duas intervenções pode ser atingida.

As incertezas associadas aos eventos hidrológicos, presentes nos projetos de drenagem urbana, podem ser quantificados em termos das distribuições do tempo de recorrência das inundações e dos custos associados.

A quantificação econômica dessas incertezas pode ser realizada a partir da determinação do valor monetário esperado de uma dada alternativa de solução, ou, definindo-se o tipo de intervenção, da avaliação econômica para cada nível de proteção possível.

A análise econômica do tipo benefício-custo nos projetos de macrodrenagem em áreas urbanas tem por objetivo definir em bases racionais os riscos de projeto a assumir, considerando as características específicas (tempos de recorrência) de cada problema; comparar soluções alternativas, possibilitar a quantificação econômica dos custos e benefícios esperados, sempre necessários para verificação da viabilidade e também como subsídio à solicitação de financiamentos, e fornecer elementos aos órgãos decisórios para permitir o estabelecimento de prioridades de investimento.

Do ponto de vista econômico, os custos do projeto não devem exceder os benefícios tangíveis.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Projeto PROSAB – Antônio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009.

FILHO, A. G. A.; SZÉLIGA, M. R.; ENOMOTO, C. F. Estudo de Medidas Não-Estruturais para Controle de Inundações Urbanas. Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias, 2000.

MINAS GERAIS. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (FEAM). Orientações básicas para drenagem urbana. Projeto

Estruturador Revitalização e Desenvolvimento Sustentável da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

COMPANHIA PAULISTA DE OBRAS E SERVIÇOS. Boletim Referencial de Custos – Tabela de Serviços. Versão 176 sem desoneração.

MANUAL DE SINALIZAÇÃO DE OBRAS E EMERGÊNCIAS EM RODOVIAS. 2.ed. Rio de Janeiro, 2010. 218p. (IPR. Publ. 738).

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Saneamento para todos. Brasília, outubro de 2005.