

Plano Diretor de Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira

Formulação de Cenários, Diagnóstico e Prognóstico

Volume 4 | Prognóstico

Tomo III • Sub-bacia 3 • Rio Bom Retiro



BID



JOINVILLE
CIDADE
SAUDÁVEL



Fevereiro / 2011

951-PMJ-PDC-RT-P134 | REV.1

REV.	DATA	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
1	01/11	Emissão Final	ASM / FG / LDFL	



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE

SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLi

**PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA – PDDU
BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICIPIO DE JOINVILLE - SC**

R3 - FORMULAÇÃO DE CENÁRIOS, DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO

VOLUME 4 - PROGNÓSTICO

TOMO III – SUB-BACIA 3 - RIO BOM RETIRO

ELABORADO:	Anaximandro Steckling Müller / Fernando Garcia		APROVADO:	Alberto Lang Filho	
VERIFICADO	Alberto Lang Filho		COORDENADOR GERAL:	Danny Dalberson Oliveira	
Nº PMJ:			DATA:	jan/11	FOLHA:
Nº ENGECORPS:	951-PMJ-PDC-RT-P134				Rev. 1

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

**Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU – da Bacia Hidrográfica do Rio
Cachoeira no Município de Joinville**

***R3 – FORMULAÇÃO DE CENÁRIOS,
DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO***

VOLUME 4 – PROGNÓSTICO

TOMO III – SUB-BACIA 3 – RIO BOM RETIRO

CONSÓRCIO ENGECORPS♦HIDROSTUDIO♦BRLi

951-PMJ-PDC-RT-P134

Rev. 1

Janeiro / 2011

APRESENTAÇÃO

Este relatório técnico apresenta o diagnóstico e o prognóstico desenvolvidos para a Bacia Hidrográfica do rio Cachoeira e suas Sub-Bacias, considerando os aspectos hidrológicos e hidráulicos pertinentes às mesmas.

O diagnóstico do comportamento e resposta da bacia hidrográfica do rio cachoeira e suas sub-bacias perante a ocorrência de precipitações significativas para a condição atual e tendo em considerações os dispositivos de drenagem existentes foi realizado através da análise para distintos períodos de retorno, das manchas de inundação e correspondentes alturas de lâmina d'água associadas.

O diagnóstico considera os aspectos de impermeabilização atual para o escoamento superficial, sendo apresentadas, através de manchas de inundação, as interferências que esses dispositivos causam no escoamento do rio.

O prognóstico retrata através de manchas de inundação, o comportamento da bacia hidrográfica do rio Cachoeira e de suas sub-bacias, considerando o adensamento da cidade e o aumento das áreas impermeáveis do município. Os resultados obtidos nas atividades de diagnósticos e prognósticos fornecerão importantes subsídios para proposição de alternativas de obras associadas a distintos cenários para o controle e a eliminação/minimização dos problemas de cheias na cidade.

Para os estudos de prognósticos e para avaliação do crescimento populacional foi estabelecido um horizonte de projeto de 25 anos. Para a situação resultante foi avaliado o comportamento da rede de drenagem atual e as inundações decorrentes deste cenário de crescimento. Para este cenário foram igualmente incorporadas e avaliadas as áreas impermeáveis para a situação, a qual considerou os vazios urbanos e espaços sem restrição legal ocupados com índices de impermeabilização semelhantes aos padrões atuais e áreas consolidadas e densamente ocupadas na bacia de interesse.

Este relatório possibilita identificar os principais aspectos envolvidos nos eventos de inundação no município de Joinville, tendo sido utilizada modelagem matemática para a obtenção das informações necessárias.

Para a simulação hidrológica utilizou-se o software HEC-HMS e para a simulação hidráulica o HEC-RAS, além de planilhas eletrônicas e softwares de geoprocessamento e ferramentas CAD.

SUMÁRIO GERAL

Volume 1 – Conceção de Cenários, Diagnóstico e Prognóstico – Relatório Final

Volume 2 – Metodologia, Estudos Básicos e Conceção dos Cenários

Volume 3 – Diagnóstico

- ✧ Tomo I – Sub-Bacia 1 – Nascente do Rio Cachoeira;
- ✧ Tomo II – Sub-Bacia 2 – Rio Cachoeira Leito Antigo;
- ✧ Tomo III – Sub-Bacia 3 – Rio Bom Retiro;
- ✧ Tomo IV – Sub-Bacia 4 – Rio Luiz Tonnemann;
- ✧ Tomo V – Sub-Bacia 5 – Rio Walter Brandt;
- ✧ Tomo VI – Sub-Bacia 6 – Rio Alvino Vöhl;
- ✧ Tomo VII – Sub-Bacia 7 – Vertente do Morro do Boa Vista – Canal Aracajú;
- ✧ Tomo VIII – Sub-Bacia 8 – Vertente da Rua Salvador – Canal Salvador;
- ✧ Tomo IX – Sub-Bacia 9 – Rio Mirandinha;
- ✧ Tomo X – Sub-Bacia 10 – Rio Morro Alto;
- ✧ Tomo XI – Sub-Bacia 11 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Água Marinha;
- ✧ Tomo XII – Sub-Bacia 12 – Vertente do Morro do Boa Vista – Parque de France;
- ✧ Tomo XIII – Sub-Bacia 13 – Vertente do Morro do Boa Vista – Lagoa Saguacú;
- ✧ Tomo XIV – Sub-Bacia 14 – Rio Mathias;
- ✧ Tomo XV – Sub-Bacia 15 – Vertente do Morro do Boa Vista – Buschle & Lepper;
- ✧ Tomo XVI – Sub-Bacia 16 – Vertente do Morro do Boa Vista – Unidade de Obras;
- ✧ Tomo XVII – Sub-Bacia 17 – Vertente do Morro do Boa Vista – Vick;
- ✧ Tomo XVIII – Sub-Bacia 18 – Vertente do Morro do Boa Vista – Ponta Grossa;
- ✧ Tomo XIX – Sub-Bacia 19 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Pedro Álvares Cabral;
- ✧ Tomo XX – Sub-Bacia 20 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Matilde Amim;
- ✧ Tomo XXI – Sub-Bacia 21 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Noruega;
- ✧ Tomo XXII – Sub-Bacia 22 – Rio Jaguarão;
- ✧ Tomo XXIII – Sub-Bacia 23 – Rio Bupeva;
- ✧ Tomo XXIV – Sub-Bacia 24 – Rio Bucarein;
- ✧ Tomo XXV – Sub-Bacia 25 – Rio Itaum-Açú;
- ✧ Tomo XXVI – Rio Cachoeira.

Volume 4 – Prognóstico

- ✧ Tomo I – Sub-Bacia 1 – Nascente do Rio Cachoeira;
- ✧ Tomo II – Sub-Bacia 2 – Rio Cachoeira Leito Antigo;
- ✧ Tomo III – Sub-Bacia 3 – Rio Bom Retiro;
- ✧ Tomo IV – Sub-Bacia 4 – Rio Luiz Tonnemann;
- ✧ Tomo V – Sub-Bacia 5 – Rio Walter Brandt;
- ✧ Tomo VI – Sub-Bacia 6 – Rio Alvino Vöhl;
- ✧ Tomo VII – Sub-Bacia 7 – Vertente do Morro do Boa Vista – Canal Aracajú;
- ✧ Tomo VIII – Sub-Bacia 8 – Vertente da Rua Salvador – Canal Salvador;
- ✧ Tomo IX – Sub-Bacia 9 – Rio Mirandinha;
- ✧ Tomo X – Sub-Bacia 10 – Rio Morro Alto;
- ✧ Tomo XI – Sub-Bacia 11 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Água Marinha;
- ✧ Tomo XII – Sub-Bacia 12 – Vertente do Morro do Boa Vista – Parque de France;
- ✧ Tomo XIII – Sub-Bacia 13 – Vertente do Morro do Boa Vista – Lagoa Saguacú;
- ✧ Tomo XIV – Sub-Bacia 14 – Rio Mathias;
- ✧ Tomo XV – Sub-Bacia 15 – Vertente do Morro do Boa Vista – Buschle & Lepper;
- ✧ Tomo XVI – Sub-Bacia 16 – Vertente do Morro do Boa Vista – Unidade de Obras;
- ✧ Tomo XVII – Sub-Bacia 17 – Vertente do Morro do Boa Vista – Vick;
- ✧ Tomo XVIII – Sub-Bacia 18 – Vertente do Morro do Boa Vista – Ponta Grossa;
- ✧ Tomo XIX – Sub-Bacia 19 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Pedro Álvares Cabral;
- ✧ Tomo XX – Sub-Bacia 20 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Matilde Amim;
- ✧ Tomo XXI – Sub-Bacia 21 – Vertente do Morro do Boa Vista – Rua Noruega;
- ✧ Tomo XXII – Sub-Bacia 22 – Rio Jaguarão;
- ✧ Tomo XXIII – Sub-Bacia 23 – Rio Bupeva;
- ✧ Tomo XXIV – Sub-Bacia 24 – Rio Bucarein;
- ✧ Tomo XXV – Sub-Bacia 25 – Rio Itaum-Açú;
- ✧ Tomo XXVI – Rio Cachoeira.

ÍNDICE

PÁG.

APRESENTAÇÃO.....	II
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIO BOM RETIRO	2
2.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA E SUB-BACIAS	2
2.2 CLASSIFICAÇÃO HIDROLÓGICA DOS SOLOS.....	2
2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	3
2.4 ÁREAS IMPERMEÁVEIS E PERMEÁVEIS.....	3
2.5 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	4
2.6 PROPAGAÇÃO DE HIDROGRAMAS	5
3. HIDROLOGIA	6
3.1 PRECIPITAÇÃO	6
3.2 SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS	6
3.2.1 Modelagem Computacional.....	6
3.3.2 Resultados Obtidos	8
4. CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA.....	13
5. SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS	16
5.1 MODELAGEM COMPUTACIONAL	16
5.2 RESULTADOS OBTIDOS.....	17
5.3 SIMULAÇÃO DO CANAL	20
6. PROGNÓSTICO	22

ANEXO I - DESENHOS DE PROJETO

ANEXO II - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA – HEC-RAS

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

Figura 3.1 – Precipitação de Projeto	7
Figura 3.2 – Diagrama Topológico da Bacia no Programa HEC-HMS	8
Figura 3.3 – Hidrograma Sub-Bacia SB-01	9
Figura 3.4 – Hidrograma Sub-Bacia SB-02	9
Figura 3.5 – Hidrograma Sub-Bacia SB-03	10
Figura 3.6 – Hidrograma Sub-Bacia SB-04	10
Figura 3.7 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 5 Anos	11
Figura 3.8 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 10 Anos	11
Figura 3.9 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 25 Anos	12
Figura 3.10 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 50 Anos	12
Figura 5.1 – Diagrama Topológico do Rio Bom Retiro no Programa HEC-RAS	17
Figura 5.2 – Níveis d'Água no rio Bom Retiro na Condição Futura – Programa HEC-RAS	19
Figura 5.3 – Comparativo dos Níveis d'Água no rio Bom Retiro com e sem Dispositivos de Drenagem ...	21
Figura 6.1 – Comparativo entre Vazões para Situação Atual e Futura de Urbanização	22
Figura 6.2 – Comparativo entre o Período de Retorno Atendido pelos Dispositivos de Drenagem para Situação atual e Futura de Urbanização	22

ÍNDICE DE QUADROS

	PÁG.
Quadro 2.1 - Áreas de Drenagem	2
Quadro 2.2 - Número de Curva dos Solos das Sub-bacias – Parcela Permeável.....	3
Quadro 2.3 - Rio Bom Retiro – Amostragem de Áreas com Ocupação Consolidada	4
Quadro 2.4 - Rio Bom Retiro – Áreas Impermeáveis e Permeáveis – Situação Futura	4
Quadro 2.5 - Características Fisiográficas da Bacia e Sub-bacias do rio Bom Retiro – Situação Futura	5
Quadro 2.6 - Definição das Propagações	5
Quadro 2.7 - Características da Rede de Drenagem – Propagação de Hidrogramas	5
Quadro 3.1 - Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Precipitação de Projeto	6
Quadro 3.2 - Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Localização dos Pontos de Junção	7
Quadro 3.3 - Vazões de Projeto em Cada Trecho	13
Quadro 4.1 - Caracterização Hidráulica dos Dispositivos de Drenagem	14
Quadro 5.1 - Rio Bom Retiro – Níveis de Inundação – Condição Futura	18
Quadro 5.2 - Rio Bom Retiro – Níveis de Inundação – Condição Futura sem Dispositivos de Drenagem	20
Quadro 6.1 - Diagnóstico dos Dispositivos de Drenagem	23
Quadro 6.2 - Características das Manchas de Inundação.....	24

1. INTRODUÇÃO

O presente Tomo III do Volume 4 visa apresentar o prognóstico da bacia hidrográfica do rio Bom Retiro, elaborado tendo por base a metodologia proposta e descrita em detalhes no Volume 2 deste relatório.

Este tomo está estruturado de forma a apresentar as informações necessárias para o prognóstico da bacia hidrográfica do rio Bom Retiro, afluente pela margem esquerda do rio Cachoeira, estando dividido nos seguintes tópicos:

✓ Caracterização Hidrológica da Bacia

- ✧ Bacia Hidrográfica;
- ✧ Áreas Impermeáveis e Permeáveis;
- ✧ Tempo de Concentração;
- ✧ Uso do Solo;
- ✧ Solo (CN);
- ✧ Propagações de Hidrogramas;

✓ Hidrologia

- ✧ Precipitação de Projeto;
- ✧ Simulações Hidrológicas;
- ✧ Hidrogramas das Sub-Bacias;
- ✧ Vazões Efluentes de Nós;

✓ Caracterização Hidráulica do Rio

✓ Hidráulica

- ✧ Simulações Hidráulicas;
- ✧ Níveis de Água;

✓ Prognóstico

2. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIO BOM RETIRO

2.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA E SUB-BACIAS

A bacia hidrográfica do rio Bom Retiro localiza-se na porção nordeste (NE) da bacia do rio Cachoeira. Seu escoamento inicia no sentido de leste para oeste (E-W), depois predominando no sentido norte para sul (N-S), até se encontrar com o rio Cachoeira.

A delimitação da bacia hidrográfica do rio Cachoeira e suas sub-bacias foi realizada utilizando base cartográfica gerada por restituição aerofotogramétrica efetuada em 2007 com curvas de nível com equidistância de 1,0 m, além de bases de projetos/cadastros de drenagem da PMJ.

A bacia do rio Bom Retiro possui uma área de drenagem de aproximadamente 2,09 km² correspondendo a aproximadamente 2% da bacia do rio Cachoeira. A bacia hidrográfica do rio Bom Retiro foi subdividida em 4 sub-bacias com áreas entre 0,24 km² e 0,71 km². Essa divisão está apresentada no desenho 951-PMJ-PDC-A1-P036 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Delimitação da Bacia e Sub-Bacias (vide Anexo I). O Quadro 2.1 apresenta as áreas de drenagem de cada sub-bacia e da bacia do rio Bom Retiro.

QUADRO 2.1
ÁREAS DE DRENAGEM

<i>Nome da Sub-Bacia</i>	<i>Sub-Bacia</i>	<i>Área Sub-Bacia (km²)</i>
03-CA-BR-001	SB-01	0,57
03-CA-BR-002	SB-02	0,71
03-CA-BR-003	SB-03	0,57
03-CA-BR-004	SB-04	0,24
03-CA-BR	Rio Bom Retiro	2,09

2.2 CLASSIFICAÇÃO HIDROLÓGICA DOS SOLOS

Utilizando o mapa pedológico do município de Joinville foi desenvolvida uma análise do solo da bacia do rio Bom Retiro. Esta análise indicou que, com base no critério do “Soil Conservation Service”, a bacia do rio Bom Retiro tem distribuição desigual entre solos mais impermeáveis, que geram escoamento acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média dos tipos C (79%) e solos mais permeáveis que podem ser classificados como tipo B (21%). O desenho 951-PMJ-PDC-A1-P038 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Pedologia (vide Anexo I) apresenta a distribuição de solos na bacia do rio Bom Retiro e a classificação hidrológica de cada unidade, resultado da análise efetuada sobre o tema. É interessante perceber que os solos tipo B, mais permeáveis, estão localizados nas porções altas das sub-bacias, predominando os solos tipo C nas porções média e baixa da bacia.

Outro aspecto que deve ser considerado na avaliação do número de curva (CN) diz respeito à condição de umidade antecedente do solo. No presente estudo foi considerada a condição II – situação média na época das chuvas.

Utilizando programa GIS foram obtidas as áreas associadas a cada tipologia de solo, calculando-se a parcela porcentual ocupada por cada uma. O CN (número de curva) médio permeável de cada sub-bacia encontra-se indicado no Quadro 2.2, tendo sido determinado através da média ponderada das áreas e CNs correspondentes a cada tipologia de solos.

QUADRO 2.2
NÚMERO DE CURVA DOS SOLOS DAS SUB-BACIAS – PARCELA PERMEÁVEL

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Solo Tipo B (%) (CN=61)</i>	<i>Solo Tipo C (%) (CN=74)</i>	<i>Solo Tipo D (%) (CN=80)</i>	<i>CN</i>
SB-01	33,4%	66,6%	0,0%	70
SB-02	16,8%	83,2%	0,0%	72
SB-03	19,7%	80,3%	0,0%	71
SB-04	5,8%	94,2%	0,0%	73
Bom Retiro	20,86%	79,14%	0,00%	71

Obs: Os valores apresentados nos quadros são resultados de arredondamentos. Os cálculos foram efetuados em planilhas eletrônicas sem arredondamento.

2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Os desenhos 951-PMJ-PDC-A1-P037 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Uso e Ocupação – Delimitação dos Bairros e 951-PMJ-PDC-A1-P039 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Áreas Urbanizadas (vide Anexo I) apresentam, respectivamente, o padrão de ocupação dos bairros situados na bacia e ilustrados sobre foto aérea da região de interesse, permitindo caracterizar o uso e ocupação da bacia do rio Bom Retiro na situação atual.

A análise desses desenhos mostra que há um predomínio de áreas residenciais, ocupando aproximadamente 60% da bacia. A área comercial ocupa aproximadamente 25% da bacia enquanto as áreas de preservação ocupam 15%.

2.4 ÁREAS IMPERMEÁVEIS E PERMEÁVEIS

O desenho 951-PMJ-PDC-A1-P090 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Áreas Permeáveis e Impermeáveis (vide Anexo I) apresenta a identificação de áreas permeáveis e impermeáveis na situação atual da bacia do rio Bom Retiro. Nesse desenho as áreas permeáveis são identificadas por hachuras, utilizando código de cores: a cor magenta para uso restrito e azul para uso irrestrito. As áreas impermeáveis são apresentadas sem hachuras.

Conforme apresentado no Volume 2 do Relatório 3, utilizando as fotos aéreas foi realizada análise visual da ocupação de cada sub-bacia a partir da qual foram identificadas regiões na bacia do rio Bom Retiro nas quais são observadas áreas com ocupação integral devido a urbanização, tanto para zoneamentos residenciais quanto para comerciais. Para estas regiões

foram calculados os índices de áreas permeáveis na situação atual. A hipótese adotada para o cenário de ocupação futura da sub-bacia é de que esta configuração ou distribuição percentual de áreas permeáveis e impermeáveis ocorra em toda a sub-bacia conforme cada zoneamento. Em outras palavras, toda a área da sub-bacia que não seja de ocupação restrita, no cenário futuro, terá uma porcentagem de áreas impermeáveis iguais as das amostras identificadas. O Quadro 2.3 apresenta as características de ocupação obtidas para as amostras.

QUADRO 2.3
RIO BOM RETIRO – AMOSTRAS DE ÁREAS COM OCUPAÇÃO CONSOLIDADA

<i>Zoneamento</i>	<i>Área da Amostra (m²)</i>	<i>Área Impermeável (%)</i>	<i>Área Permeável (%)</i>
Residencial	70.146	74,00%	26,00%
Comercial	35.850	89,21%	10,79%

No desenho 951-PMJ-PDC-A1-P039 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Áreas Urbanizadas estão identificadas as áreas selecionadas para amostragem deste valor.

A partir da metodologia apresentada foram calculados os percentuais de área permeável e impermeável na situação futura para cada sub-bacia. O Quadro 2.4 apresenta o resumo das informações obtidas no cálculo de áreas permeáveis e impermeáveis para bacia do rio Bom Retiro.

QUADRO 2.4
RIO BOM RETIRO – ÁREAS IMPERMEÁVEIS E PERMEÁVEIS – SITUAÇÃO FUTURA

<i>Sub-Bacia</i>	<i>Área Sub-Bacia (km²)</i>	<i>Área Impermeável (km²)</i>	<i>Área Permeável (km²)</i>	<i>Área Impermeável (%)</i>	<i>Área Permeável (%)</i>
SB-01	0,57	0,29	0,28	50,33%	49,67%
SB-02	0,71	0,50	0,21	69,99%	30,01%
SB-03	0,57	0,44	0,13	77,38%	22,62%
SB-04	0,24	0,19	0,05	80,03%	19,97%
Bom Retiro	2,09	1,42	0,67	67,94%	32,06%

2.5 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Com base nos dados da restituição aerofotogramétrica de 2007 foram determinadas as cotas das extremidades de montante e jusante de cada contribuição (rio). O Quadro 2.5 apresenta as características fisiográficas das sub-bacias para a situação de ocupação da bacia, incluindo a área de drenagem, área impermeável, cota das extremidades de montante e jusante, comprimento e declividade média do rio principal.

Utilizando as fórmulas de Schaake, Desbordes e Kirpich, conforme apresentado no Volume 2 – Metodologia, foram calculados os tempos de concentração das sub-bacias e da bacia do rio Bom Retiro. Foi também adotado um tempo de acesso à rede de drenagem (“inlet time”) de 5 minutos para considerar o tempo de percurso desde o telhado e áreas internas dos imóveis até

o ingresso na rede de drenagem. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 2.5, o qual apresenta também as demais características fisiográficas das bacias, necessárias ao cálculo do tempo de concentração, conforme já mencionado.

Os tempos de concentração das sub-bacias do rio Bom Retiro variam entre 13,87 e 26,22 minutos, ou seja, entre um quarto de hora e meia hora aproximadamente. A bacia do rio Bom Retiro tem um tempo de concentração de 36 minutos (pouco mais de 0,5 hora).

QUADRO 2.5
CARACTERÍSTICAS FISIográfICAS DA BACIA E SUB-BACIAS DO RIO BOM RETIRO –
SITUAÇÃO FUTURA

Sub-Bacia	Área Drenagem (km²)	% Área Impermeável	Extensão (km)	Cotas (m)		Declividade (m/m)	TC (min)	TC+5min (min)	Lag Time (min)	Fórmula Utilizada
				Montante	Jusante					
SB-01	0,57	50,33%	0,854	64,01	9,23	0,0641	8,87	13,87	8,32	Schaake
SB-02	0,71	69,99%	1,130	40,00	6,17	0,0299	21,22	26,22	15,73	Desbordes
SB-03	0,57	77,38%	1,162	25,00	5,00	0,0172	10,55	15,55	9,33	Schaake
SB-04	0,24	80,03%	0,887	7,55	5,00	0,0029	13,05	18,05	10,83	Schaake
Bom Retiro	2,09	67,81%	2,207	64,01	5,00	0,0267	31,15	36,15	21,69	Desbordes

2.6 PROPAGAÇÃO DE HIDROGRAMAS

Conforme metodologia descrita no Volume 2 do presente relatório para representar a propagação dos hidrogramas de cheia na rede de drenagem da bacia do rio Bom Retiro foi selecionado o método de Muskingum-Cunge. O Quadro 2.6 indica os trechos definidos para representação da propagação dos hidrogramas. Utilizando a base topográfica, o cadastro e levantamentos realizados (Relatório R7) foram definidos os elementos característicos de cada trecho da rede de drenagem, os quais estão apresentados nos Quadros 2.6 e 2.7.

QUADRO 2.6
DEFINIÇÃO DAS PROPAGAÇÕES

Propagação	Localização
P-01	Trecho entre J-01 e J-02
P-02	Trecho entre J-02 e J-03
P-03	Trecho entre J-03 e J-04

J – pontos de junção definidos no Quadro 3.2 e apresentados na Figura 3.2

QUADRO 2.7
CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM – PROPAGAÇÃO DE HIDROGRAMAS

Propagação	Comprimento (m)	Declividade (m/m)	n de Manning	Geometria	Seção (b ou D) (m)	z Talude	Revestimento
P-01	398	0,008608	0,025	Trapezoidal	2,20	0,136	Pedra/Terra
P-02	379	0,001715	0,025	Trapezoidal	2,88	0,0333	Pedra/Terra
P-03	514	0,005311	0,025	Trapezoidal	3,00	0,03125	Pedra/Terra

Obs.: b – base do canal ou galeria; D – diâmetro da tubulação; z - Inclinação dos taludes das seções

3. **HIDROLOGIA**

3.1 **PRECIPITAÇÃO**

O tempo de concentração da bacia do rio Bom Retiro é de aproximadamente 36 minutos. Foi adotada uma duração de 1,0 hora para a chuva de projeto garantindo que toda a bacia hidrográfica estará contribuindo para a formação dos hidrogramas de cheia.

O fator de redução de área, que permite avaliar a chuva média na bacia em relação à chuva no posto, considerando a área de drenagem da bacia hidrográfica de 2,09 km² e a duração da chuva de 1,0 hora resultou em 0,95.

Assim, as precipitações de projeto na bacia do rio Bom Retiro foram obtidas pela aplicação do coeficiente de 0,95 às precipitações máximas de 1,0 hora. O Quadro 3.1 apresenta as precipitações de projeto com duração de 1,0 hora da bacia do rio Bom Retiro.

QUADRO 3.1
RIO BOM RETIRO – PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

<i>Período de Recorrência</i>	<i>5 anos</i>	<i>10 anos</i>	<i>25 anos</i>	<i>50 anos</i>
<i>P(mm)</i>	49,8	59,2	70,5	78,7

Para a distribuição temporal da precipitação foi adotada a distribuição de Huff 1º quartil, a qual considera a chuva concentrada nos primeiros minutos da tormenta e, sendo usualmente, a mais crítica.

3.2 **SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS**

3.2.1 **Modelagem Computacional**

O processo de transformação da chuva em escoamento superficial foi feito através do modelo computacional HEC-HMS, utilizando o hidrograma unitário sintético sugerido pelo SCS.

A precipitação de projeto utilizada é apresentada na Figura 3.1, correspondente aos períodos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos com duração de 1,0 hora. A precipitação excedente foi calculada através do método do número da curva do SCS, utilizando o valor de CN apresentado no Quadro 2.2 e os percentuais de área impermeável apresentados no Quadro 2.4.

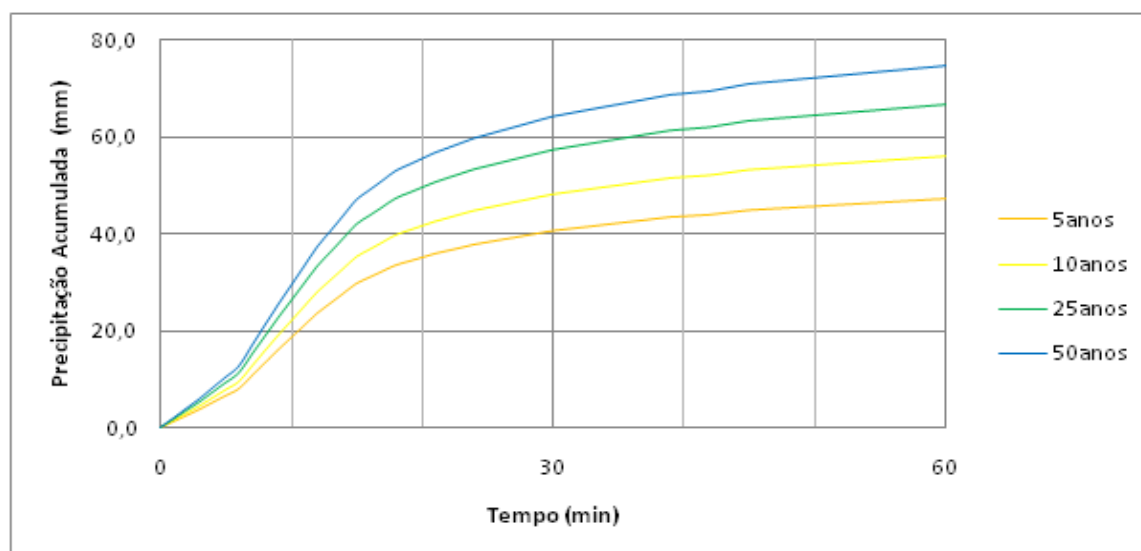


Figura 3.1 – Precipitação de Projeto.

As áreas de drenagem das sub-bacias do rio Bom Retiro e os tempos de concentração foram avaliados e apresentados nos Quadros 2.1 e 2.5 respectivamente. A Figura 3.2 apresenta o diagrama topológico da bacia do rio Bom Retiro incluindo as sub-bacias, propagações e os pontos de junção utilizados para a simulação hidrológica. O Quadro 3.2 apresenta a localização na cidade de Joinville dos pontos de junção, para possibilitar uma melhor visualização espacial da modelagem.

QUADRO 3.2
RIO BOM RETIRO – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE JUNÇÃO

Ponto de Junção	Localização Hidrológica	Localização Geográfica
J-01	Exutório da sub-bacia 03-CA-BR-001	Rua Tenente Antônio João, próximo a Rua Avaí.
J-02	Exutório da sub-bacia 03-CA-BR-002	Rua Dom Bosco.
J-03	Exutório da sub-bacia 03-CA-BR-003	Rua Pastor Schliper.
J-04	Exutório da sub-bacia 03-CA-BR-004	Exutório da sub-bacia Bom Retiro confluência com o rio Cachoeira.

O passo de simulação adotado para a simulação hidrológica foi de 1 minuto.

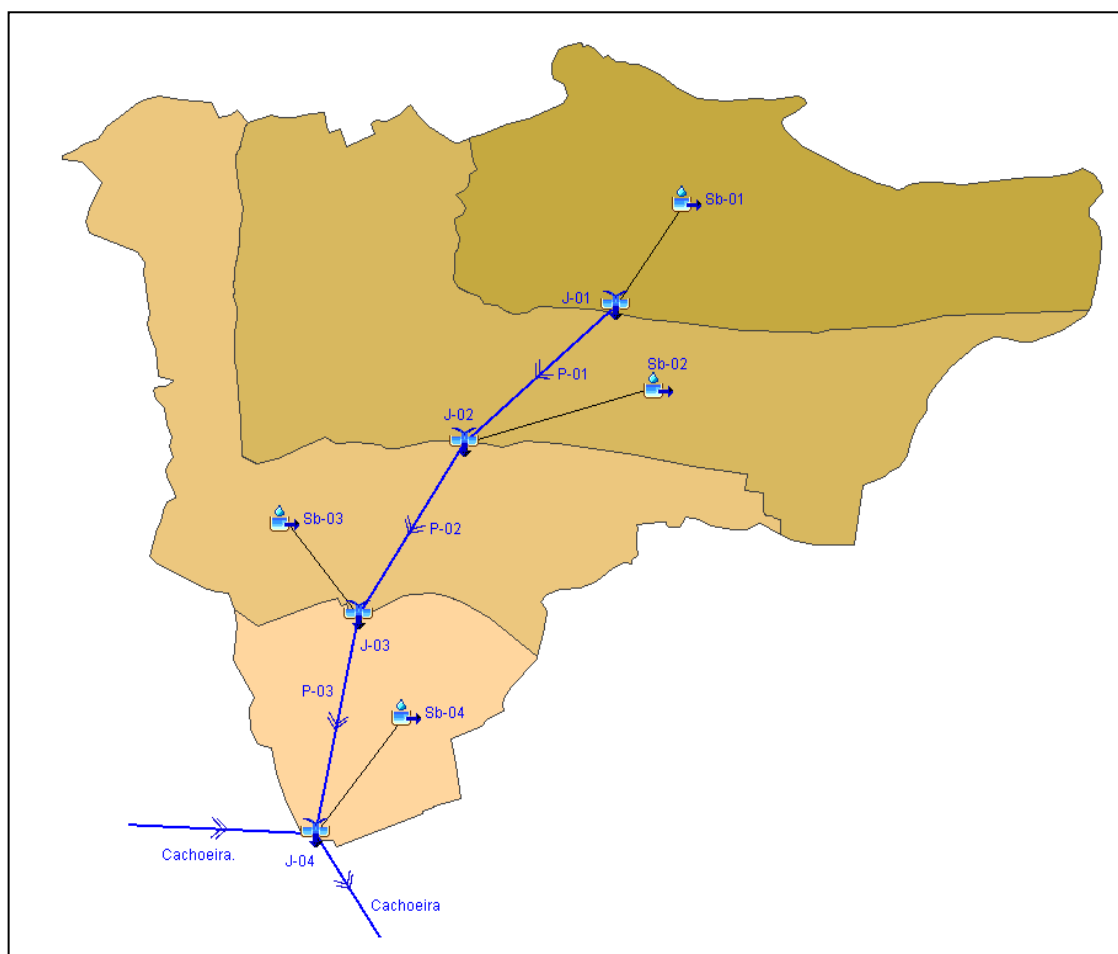


Figura 3.2 – Diagrama Topológico da Bacia no Programa HEC-HMS.

3.3.2 Resultados Obtidos

3.3.2.1 Hidrogramas das Sub-Bacias

Utilizando os elementos e a modelagem apresentados foram obtidos os hidrogramas de cada sub-bacia que compõe a bacia do rio Bom Retiro. As Figuras 3.3 a 3.6 apresentam os hidrogramas de vazões geradas para as sub-bacias do rio Bom Retiro com as precipitações correspondentes aos períodos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos de recorrência.

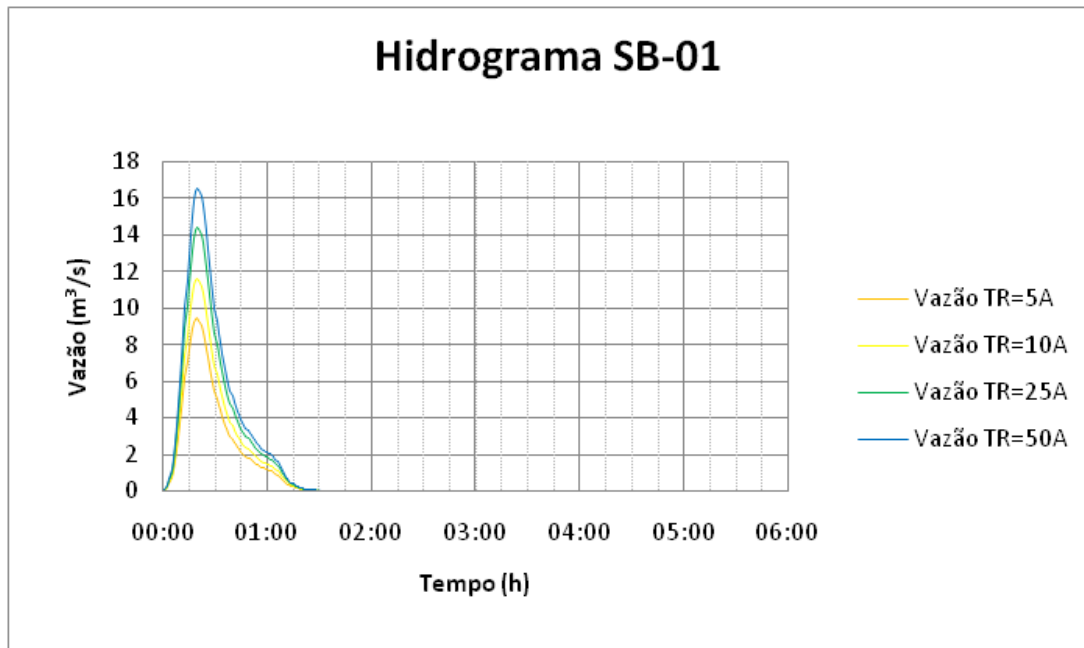


Figura 3.3 – Hidrograma Sub-Bacia SB-01.

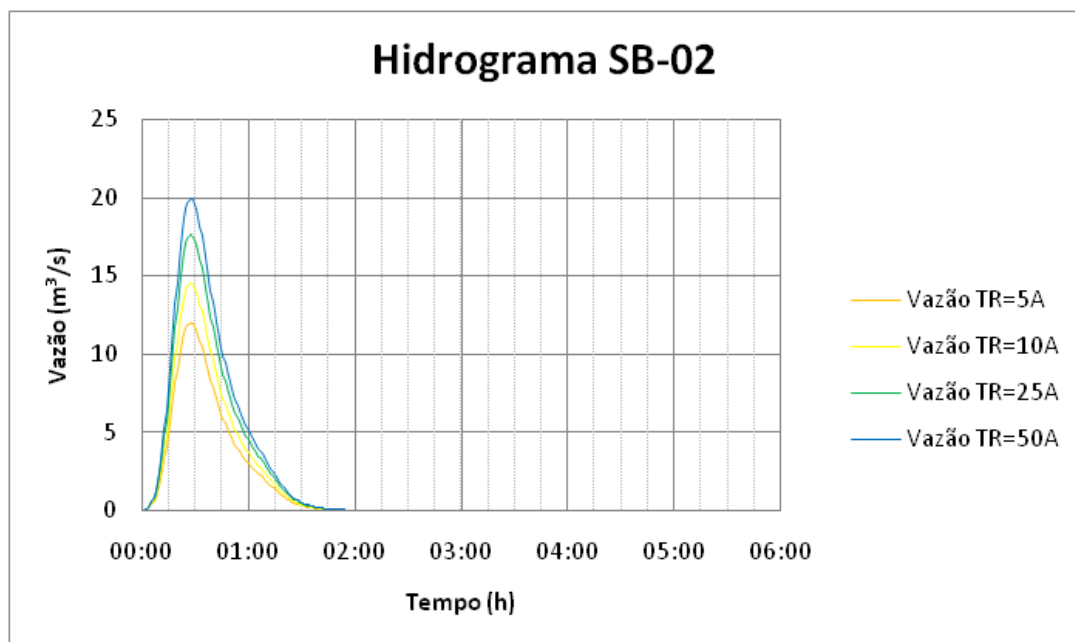


Figura 3.4 – Hidrograma Sub-Bacia SB-02.

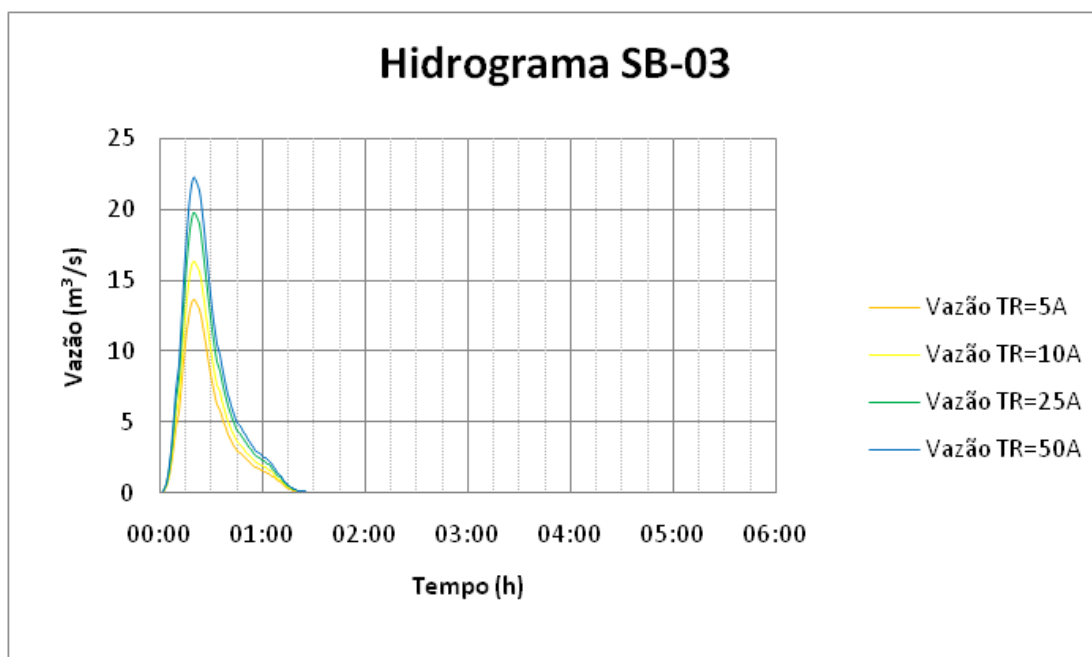


Figura 3.5 – Hidrograma Sub-Bacia SB-03.

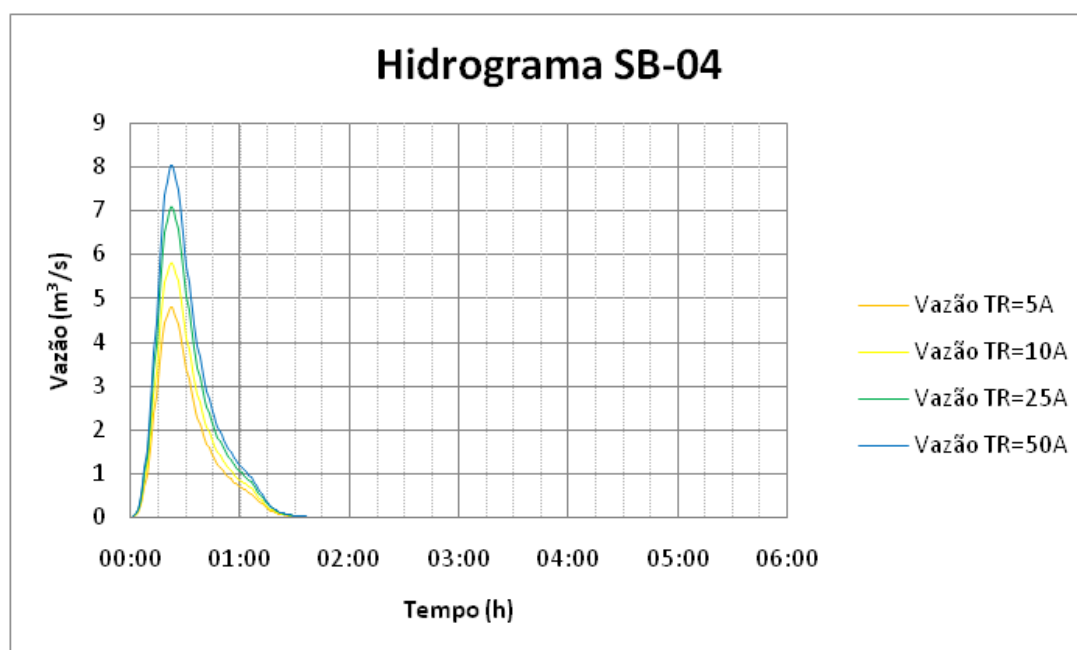


Figura 3.6 – Hidrograma Sub-Bacia SB-04.

3.3.2.2 Vazão de Projeto

As vazões máximas efluentes das junções correspondem às vazões de projeto em cada trecho da rede de macrodrenagem da sub-bacia do rio Bom Retiro.

As Figuras 3.7 a 3.10 apresentam os hidrogramas efluentes das junções definidas no modelo hidrológico para os períodos de retorno de 5 anos, 10 anos, 25 anos e 50 anos respectivamente. Os valores máximos dos hidrogramas em cada uma das junções estão apresentados no Quadro 3.3.

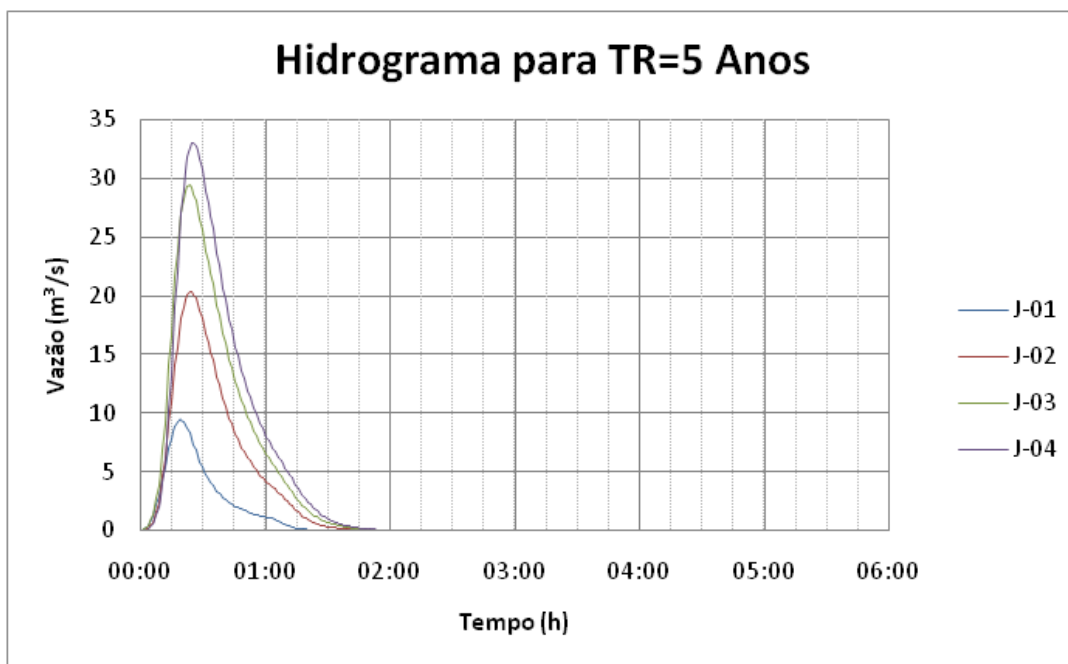


Figura 3.7 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 5 Anos.

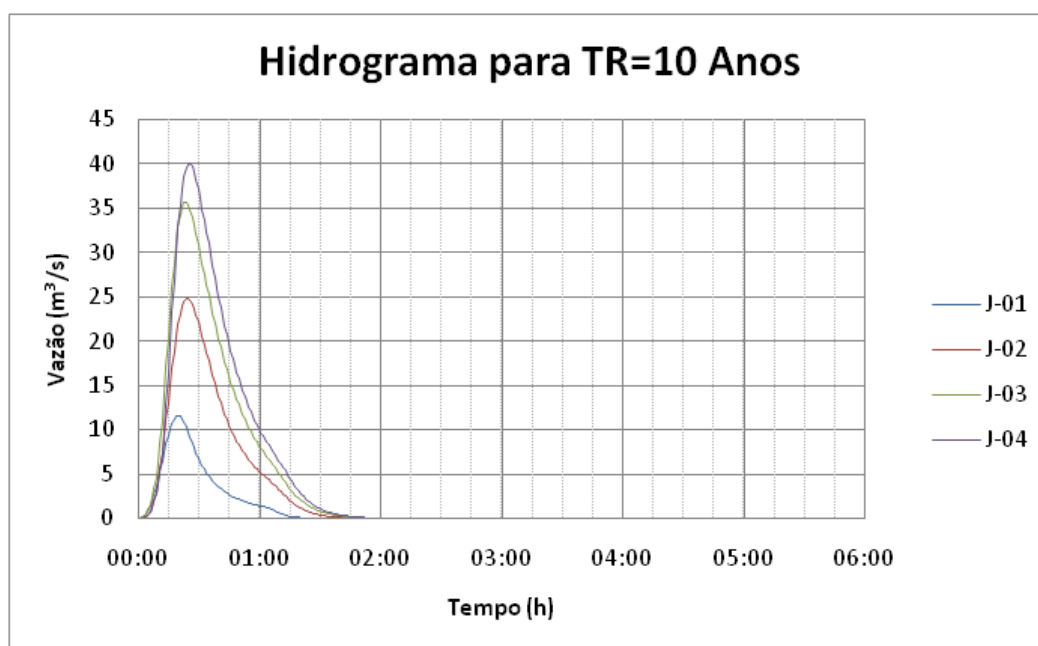


Figura 3.8 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 10 Anos.

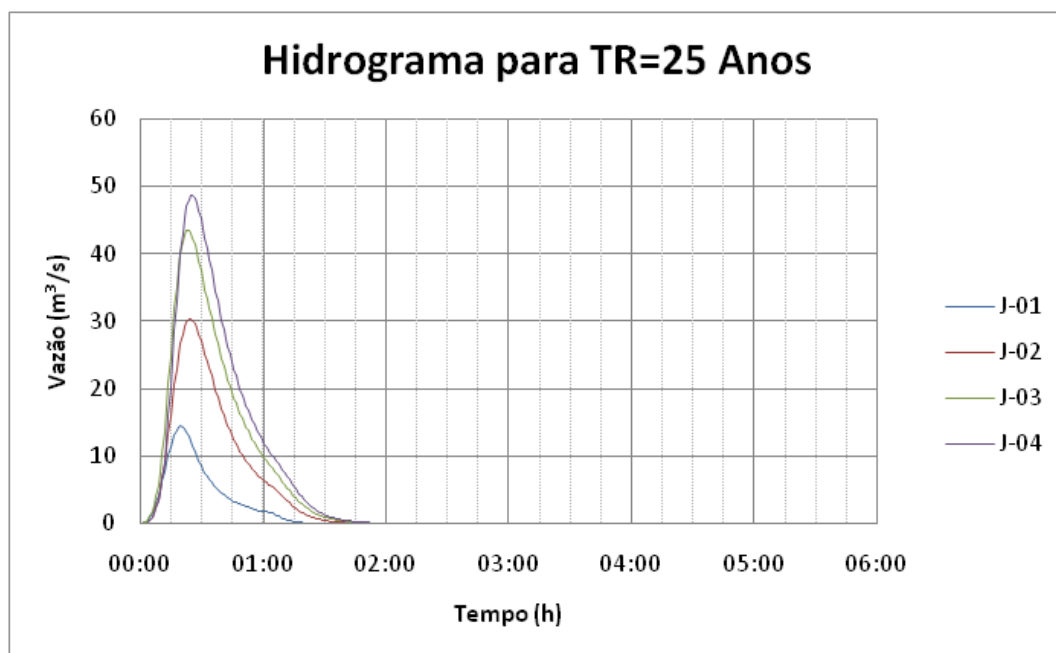


Figura 3.9 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 25 Anos.

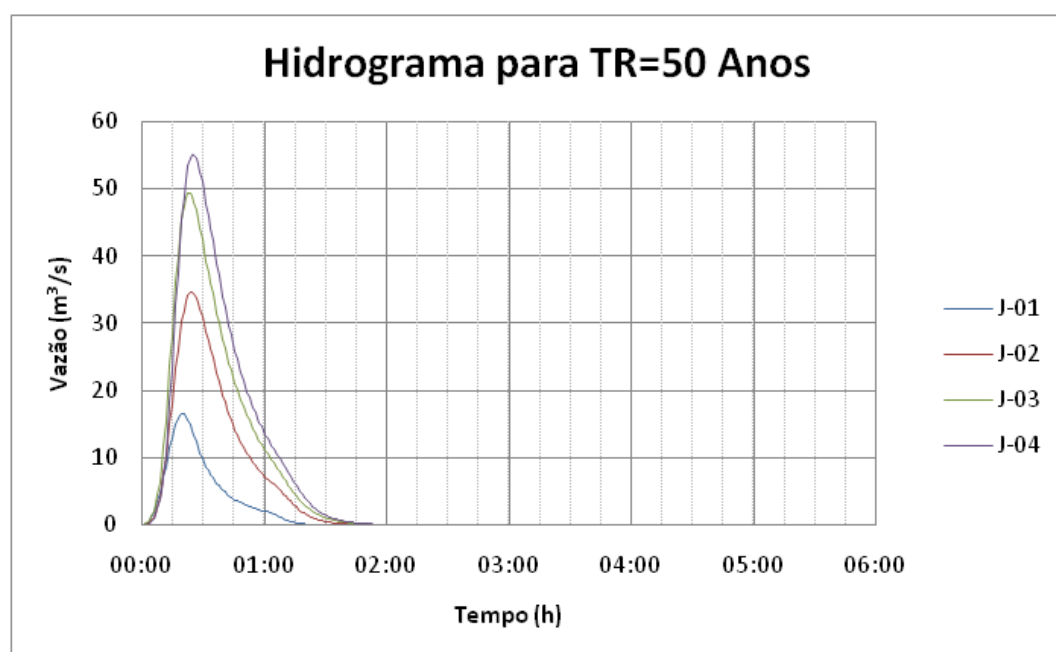


Figura 3.10 – Hidrograma das Junções para Tempo de Retorno de 50 Anos.

QUADRO 3.3
VAZÕES DE PROJETO EM CADA TRECHO

<i>Propagação/ Trecho</i>	<i>Junção</i>	<i>Área de Drenagem (km²)</i>	<i>TR=5 Anos</i>	<i>TR=10 Anos</i>	<i>TR=25 Anos</i>	<i>TR=50 Anos</i>
			<i>Vazão (m³/s)</i>	<i>Vazão (m³/s)</i>	<i>Vazão (m³/s)</i>	<i>Vazão (m³/s)</i>
P-01	J-01	0,57	9,43	11,59	14,41	16,57
P-02	J-02	1,28	20,27	24,72	30,36	34,00
P-03	J-03	1,85	29,35	35,59	43,43	49,33
Rio Cachoeira	J-04	2,09	33,00	39,95	48,59	55,04

4. CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA

O rio Bom Retiro, afluente pela margem esquerda do curso superior do rio Cachoeira possui um canal principal com extensão de aproximadamente 2,2 km desenvolvendo-se desde o entorno da cota 64 m, no morro do Finder, até sua foz no rio Cachoeira.

O levantamento topográfico e cadastral da rede de macrodrenagem da bacia do rio Cachoeira Bom Retiro foi realizado pela AZIMUTE Consultoria e Projetos de Engenharia e visou fundamentalmente a obtenção da seção geométrica atual do canal, bem como a caracterização dos leitos dos rios. O levantamento do Rio Bom Retiro foi disponibilizado ao Consórcio pela PMJ em meio digital. Junto às estruturas de transposição dos cursos d'água, foi efetuado, além do levantamento da seção do canal, o cadastro das estruturas (dispositivos de drenagem) existentes, de forma a possibilitar a demarcação da seção de escoamento atualmente existente.

Durante os estudos e levantamentos realizados com o objetivo de verificar as condições da rede de drenagem foram observados aspectos restritivos sob o ponto de vista de drenagem.

Esses pontos se encontram distribuídos ao longo do rio principal e de seus afluentes. Além de restrições na capacidade da calha e dos dispositivos de drenagem existentes nas estruturas de transposição constata-se que problemas relacionados à má conservação das margens, vegetação ribeirinha avançando sobre o canal, assoreamento e obstruções causadas por lançamentos de entulhos e materiais inservíveis restringem o escoamento das águas durante eventos chuvosos de maior intensidade. Alguns destes aspectos estão ilustrados nas Fotos 4.1 a 4.3, apresentadas na sequência.

Durante as inspeções realizadas verificou-se que muitas travessias encontravam-se obstruídas por detritos e/ou sedimentos devendo ser efetuados serviços de manutenção periódica. Na modelagem hidráulica foram representadas as seções transversais do terreno obtidas no levantamento topográfico. Assoreamentos e obstruções nos dispositivos de drenagem, como por exemplo, apresentadas na Foto 4.1 e na Foto 4.3, bem como a obstrução do canal causada pela vegetação (por exemplo Foto 4.2) não foram consideradas na modelagem.

O desenho 951-PMJ-PDC-A1-P161 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Caracterização Hidráulica (vide Anexo I) apresenta o canal de drenagem do rio Bom Retiro e a identificação dos dispositivos de drenagem existentes.

O Quadro 4.1 apresenta relação dos dispositivos de drenagem com uma descrição das dimensões utilizadas para a caracterização hidráulica.

QUADRO 4.1
CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

<i>Identificação do dispositivo no HEC-RAS</i>	<i>Descrição</i>
735	O dispositivo 735, localizado na Rua Dona Francisca, é caracterizado por uma galeria com muro de pedra cuja seção de montante possui dimensões de 3,63 x 2,25 m e a seção de jusante possui dimensões de 3,50 x 2,55m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de jusante.
755	O dispositivo 755, localizado na Rua General Câmara, é caracterizado por uma galeria com muro de pedra cuja seção de montante possui dimensões de 3,13 x 1,60 m e a seção de jusante possui dimensões de 3,05 x 1,60 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de jusante.
775	O dispositivo 775, localizado na Rua Nova Trento, é caracterizado por uma galeria com muro de pedra cuja seção de montante possui dimensões de 3,50 x 1,90 m e a seção de jusante possui dimensões de 3,75 x 1,85m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de jusante.
825	O dispositivo 825, localizado na Rua Pastor Sclicer, é caracterizado por uma ponte de madeira cujas seções de montante e jusante possuem dimensões de 5,45 x 2,25 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria com essas dimensões.
845	O dispositivo 845, localizado na Rua dos Ciclistas, é caracterizado por uma galeria com muro de pedra cuja seção de montante possui dimensões de 2,94 x 1,80 m e a seção de jusante possui dimensões de 2,94 x 1,95 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de montante.
875	O dispositivo 875, localizado entre as Ruas Dom Bosco e dos Ciclistas, é caracterizado por uma galeria pré-moldada cujas seções de montante e jusante possuem dimensões de 2,60 x 1,90 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria com essas dimensões.
905	O dispositivo 905, localizado na Rua Dom Bosco, é caracterizado por uma galeria com muro de concreto cuja seção de montante possui dimensões de 2,90 x 1,25 m e a seção de jusante possui dimensões de 2,90 x 1,76 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de montante.
925	O dispositivo 925, localizado entre as Ruas Otto Benack e Dom Bosco, é caracterizado por uma galeria cuja seção de montante possui dimensões de 2,30 x 1,80 m e a seção de jusante possui dimensões de 2,60 x 1,50 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de montante.
945	O dispositivo 945, localizado na Rua Otto Benack, é caracterizado por uma galeria com muro de pedra cuja seção de montante possui dimensões de 3,18 x 1,25 m e a seção de jusante possui dimensões de 2,08 x 1,43 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de jusante.
965	O dispositivo 965, localizado entre as Ruas Tenente Antônio João e Otto Benack, é caracterizado por uma galeria cuja seção de montante possui dimensões de 2,75 x 1,55 m e a seção de jusante possui dimensões de 2,85 x 1,21 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de jusante.
985	O dispositivo 985, localizado na Rua Tenente Antônio João, é caracterizado por uma galeria com muro de pedra cuja seção de montante possui dimensões de 2,58 x 1,50 m e a seção de jusante possui dimensões de 2,37 x 1,25 m. Para a simulação hidráulica, o dispositivo foi representado como galeria, sendo adotadas as dimensões da seção de jusante.



Foto 4.1 – Assoreamento no rio Bom Retiro – Galeria da garagem da Transtusa.



Foto 4.2 – Vegetação Ribeirinha obstruindo o rio Bom Retiro – Jusante da Rua Dom Bosco.



Foto 4.3 – Obstrução da travessia da Rua Tenente Antonio João – Rio Bom Retiro.

5. SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS

5.1 MODELAGEM COMPUTACIONAL

Para o prognóstico hidráulico foi utilizado o modelo computacional HEC-RAS, simulando o escoamento em regime permanente gradualmente variado.

O rio Bom Retiro foi caracterizado através de 35 seções transversais e 11 dispositivos de drenagem dentre eles pontes, galerias e tubulações, conforme metodologia apresentada no Volume 2 deste relatório.

O levantamento topográfico da sub-bacia do rio Bom Retiro foi realizado pela AZIMUTE Consultoria e Projetos de Engenharia e disponibilizado ao Consórcio pela PMJ. Os dispositivos de drenagem existentes no rio Bom Retiro foram caracterizados e apresentados no relatório R7 – Levantamentos Complementares de Campo. No mesmo relatório estão apresentadas as seções transversais obtidas a partir da junção do levantamento topográfico com a restituição aerofotogramétrica de 2007. O desenho 951-PMJ-PDC-A1-P161 – Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Caracterização Hidráulica (vide Anexo I) apresenta o canal do rio Bom Retiro e os dispositivos de drenagem existentes. A Figura 5.1 apresenta o diagrama topológico da bacia do rio Bom Retiro implantado no modelo hidráulico HEC-RAS.

Para avaliar o comportamento do rio Bom Retiro foi simulado o escoamento para quatro períodos de retorno (5, 10, 25 e 50 anos), utilizando as vazões de pico apresentadas no Quadro 3.3.

Conforme apresentado no Volume 2, todas as simulações foram realizadas estabelecendo na foz do rio Bom Retiro no rio Cachoeira o nível de 3,71 m, correspondente ao nível máximo sem influência das cheias do Rio Cachoeira.

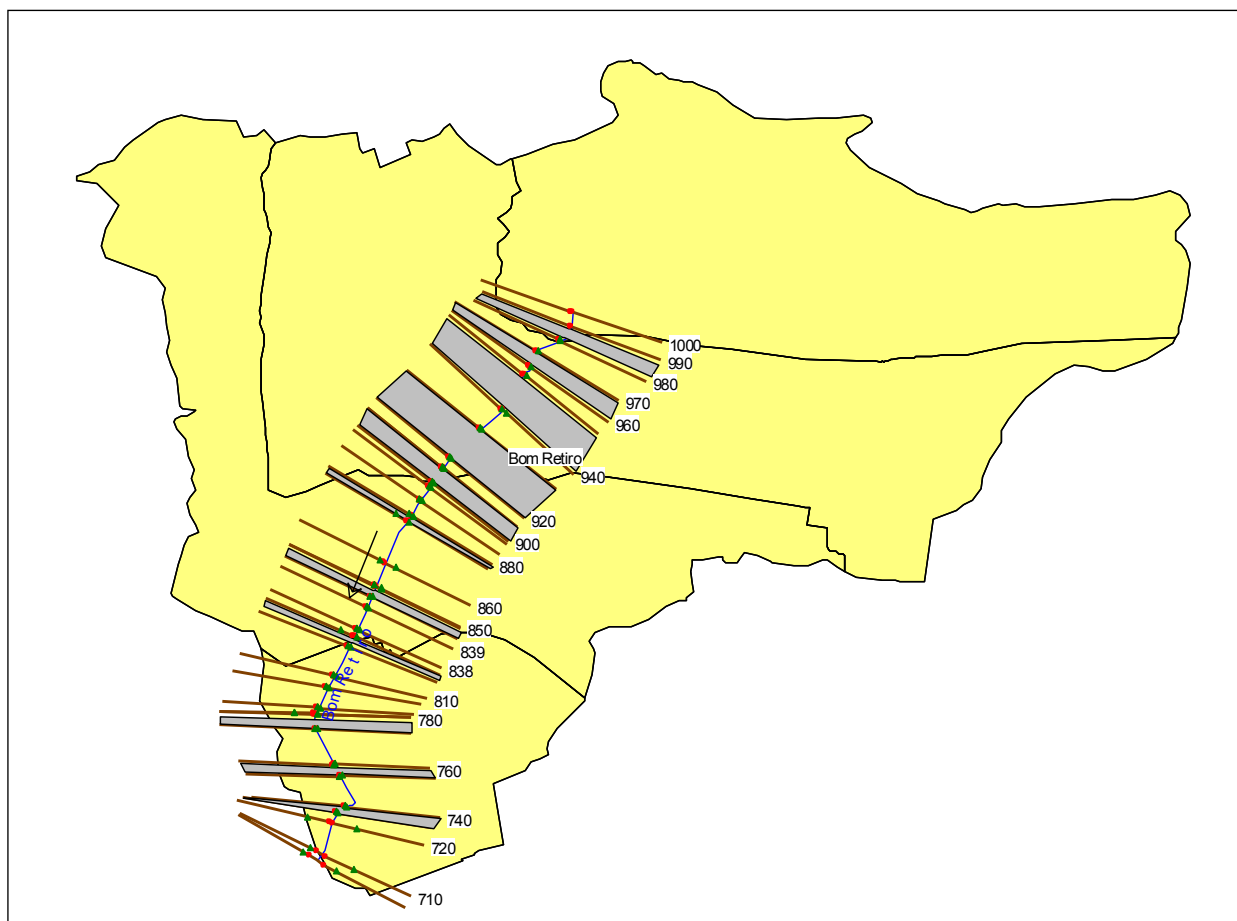


Figura 5.1 – Diagrama Topológico do Rio Bom Retiro no Programa HEC-RAS.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS

O Quadro 5.1 apresenta os níveis máximos em que não ocorre inundação por transbordamento do sistema de macrodrenagem no entorno de cada ponto referenciado, assim como os níveis obtidos para as simulações com períodos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos. Os níveis que geram inundação estão sombreados em amarelo. Os níveis de água indicados no Quadro 5.1 referem-se aos níveis resultantes a montante dos locais e/ou dispositivos de drenagem listados no quadro.

QUADRO 5.1
RIO BOM RETIRO – NÍVEIS DE INUNDAÇÃO – CONDIÇÃO FUTURA

Local/ Dispositivos de Drenagem	Nível d'Água (m)				
	Sem Inundação	TR=05 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=50 anos
Rua Tenente Antônio João	8,61	10,13	10,31	10,58	10,69
Galeria em Meio de Quadra	8,19	10,03	10,19	10,44	10,52
Rua Otto Benack	7,37	9,53	9,64	10,07	10,09
Galeria em Meio de Quadra	7,06	9,16	9,56	10,03	10,04
Rua Dom Bosco	6,82	8,90	9,27	9,70	9,70
Galeria Transtusa	5,58	8,18	8,62	9,24	9,71
Rua dos Ciclistas	5,11	7,96	8,53	9,19	9,66
Rua Pastor Schliper	5,43	7,64	8,22	8,88	9,34
Rua Nova Trento	5,18	7,49	8,07	8,73	9,19
Rua General Camara Neto	4,98	6,97	7,52	8,12	8,53
Rua Dona Francisca	4,82	5,24	5,82	6,42	6,82

A Figura 5.2 apresenta os perfis da linha d'água ao longo do canal do rio Bom Retiro para os períodos de retornos de 5, 10, 25 e 50 anos.

O Anexo II apresenta as planilhas com os resultados da simulação incluindo as informações de vazão, níveis de água, cota de fundo da seção, velocidade do escoamento, cota da linha de energia, declividade da linha de energia, número de Froude, altura crítica, seção molhada e largura máxima da lâmina d'água nas seções transversais. Os resultados estão apresentados para os quatro períodos de retorno simulados: 5, 10, 25 e 50 anos.

O escoamento na galeria da Rua General Camara e na Rua Dona Francisca apresentam velocidades na ordem de 3,5 e 5,0 m/s para escoamentos com período de retorno de 5 a 50 anos. Essas velocidades elevadas ocorrem devido à falta de capacidade hidráulica do dispositivo o que gera um represamento do escoamento a montante fazendo com que o dispositivo trabalhe em regime sob pressão, observa-se a jusante do dispositivo de drenagem da rua Dona Francisca que o escoamento atingi um nível critico tendendo a formar um ressalto hidráulico nessa região, esse comportamento deve-se em especial a condição de jusante utilizada para o cálculo. O escoamento na galeria da dos Ciclistas apresenta velocidades na ordem de 3,3 a 3,6 m/s para escoamentos com período de retorno de 5 a 50 anos. Essas velocidades elevadas ocorrem devido à falta de capacidade hidráulica do dispositivo o que gera um represamento do escoamento a montante fazendo com que o dispositivo trabalhe em regime sob pressão.

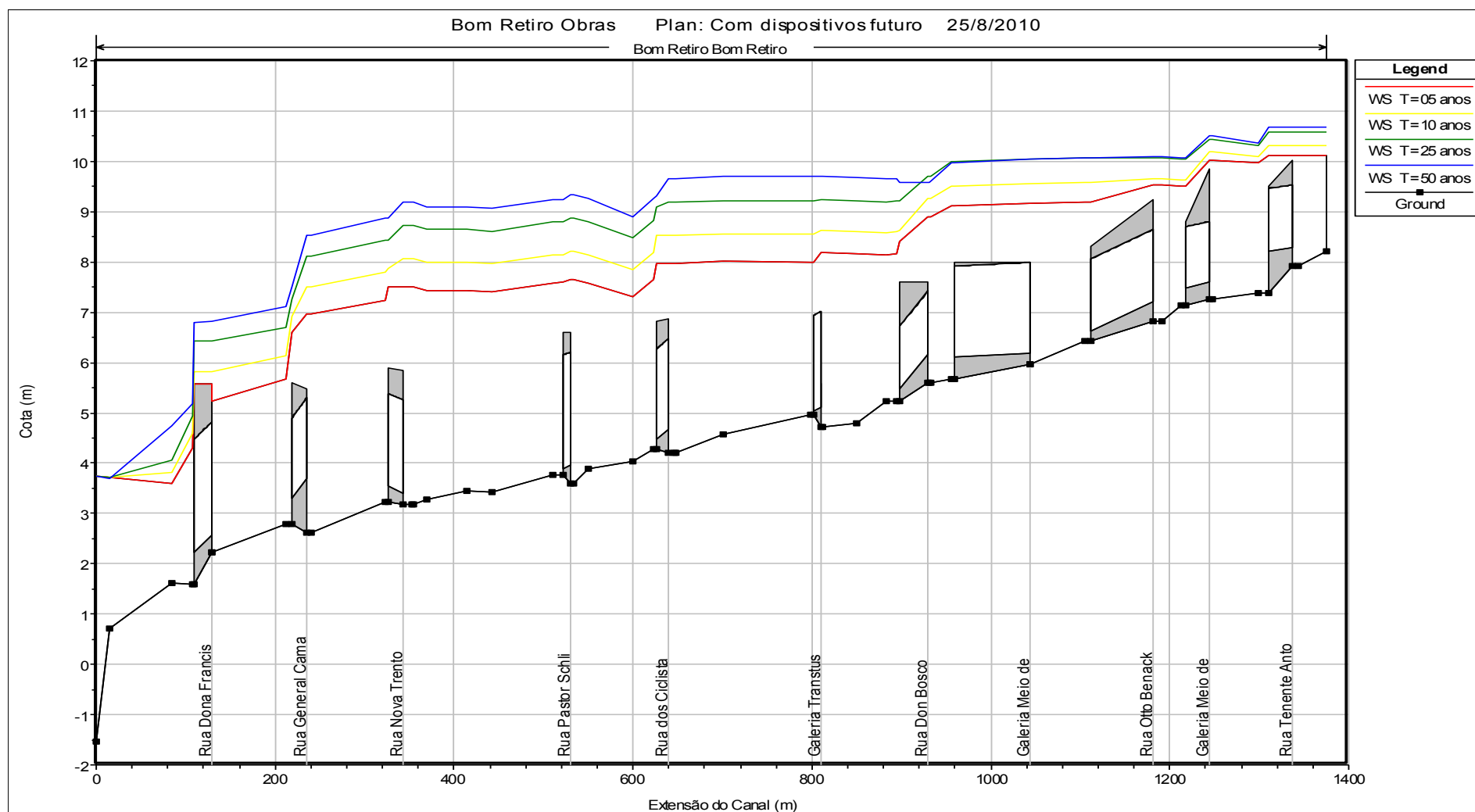


Figura 5.2 – Níveis d'Água no rio Bom Retiro na Condição Futura – Programa HEC-RAS.

5.3 SIMULAÇÃO DO CANAL

O remanso ocasionado pelo estrangulamento ou insuficiência na capacidade hidráulica de um dispositivo de drenagem, pode mascarar o comportamento do canal e de outras estruturas localizadas a montante.

Para verificar a capacidade hidráulica do canal foi realizada uma simulação do escoamento no canal, sem a inclusão dos dispositivos de drenagem (pontes, galerias, bueiros, etc.).

O Quadro 5.2 apresenta os níveis máximos em que não ocorre inundação do entorno de cada ponto referenciado e os níveis obtidos para as simulações com períodos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos. Os níveis que geram inundação estão sombreados em amarelo. Os níveis de água indicados no Quadro 5.2 referem-se aos níveis resultantes nos mesmos pontos apresentados no Quadro 5.1, sem a inclusão das estruturas de transposição. A Figura 5.3 apresenta os perfis da linha d'água ao longo do canal do rio Bom Retiro para distintos períodos de retorno comparando a condição atual (Figura 5.2) com a situação que admite a inexistência dos dispositivos de drenagem.

QUADRO 5.2
RIO BOM RETIRO – NÍVEIS DE INUNDAÇÃO – CONDIÇÃO FUTURA SEM DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

Local/ Dispositivos de Drenagem	Nível d'Água (m)				
	Sem Inundação	TR=05 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=50 anos
Rua Tenente Antônio João	8,61	9,67	9,91	10,23	10,43
Galeria em Meio de Quadra	8,19	8,74	8,95	9,29	9,63
Rua Otto Benack	7,37	8,67	8,99	9,38	9,71
Galeria em Meio de Quadra	7,06	8,63	8,93	9,32	9,65
Rua Dom Bosco	6,82	7,72	8,08	8,59	8,97
Galeria Transtusa	5,58	7,82	8,27	8,82	9,21
Rua dos Ciclistas	5,11	7,80	8,27	8,82	9,21
Rua Pastor Schliper	5,43	7,24	7,70	8,24	8,62
Rua Nova Trento	5,18	7,01	7,46	7,99	8,37
Rua General Camara Neto	4,98	5,79	6,07	6,39	6,59
Rua Dona Francisca	4,82	4,77	5,08	5,45	5,73

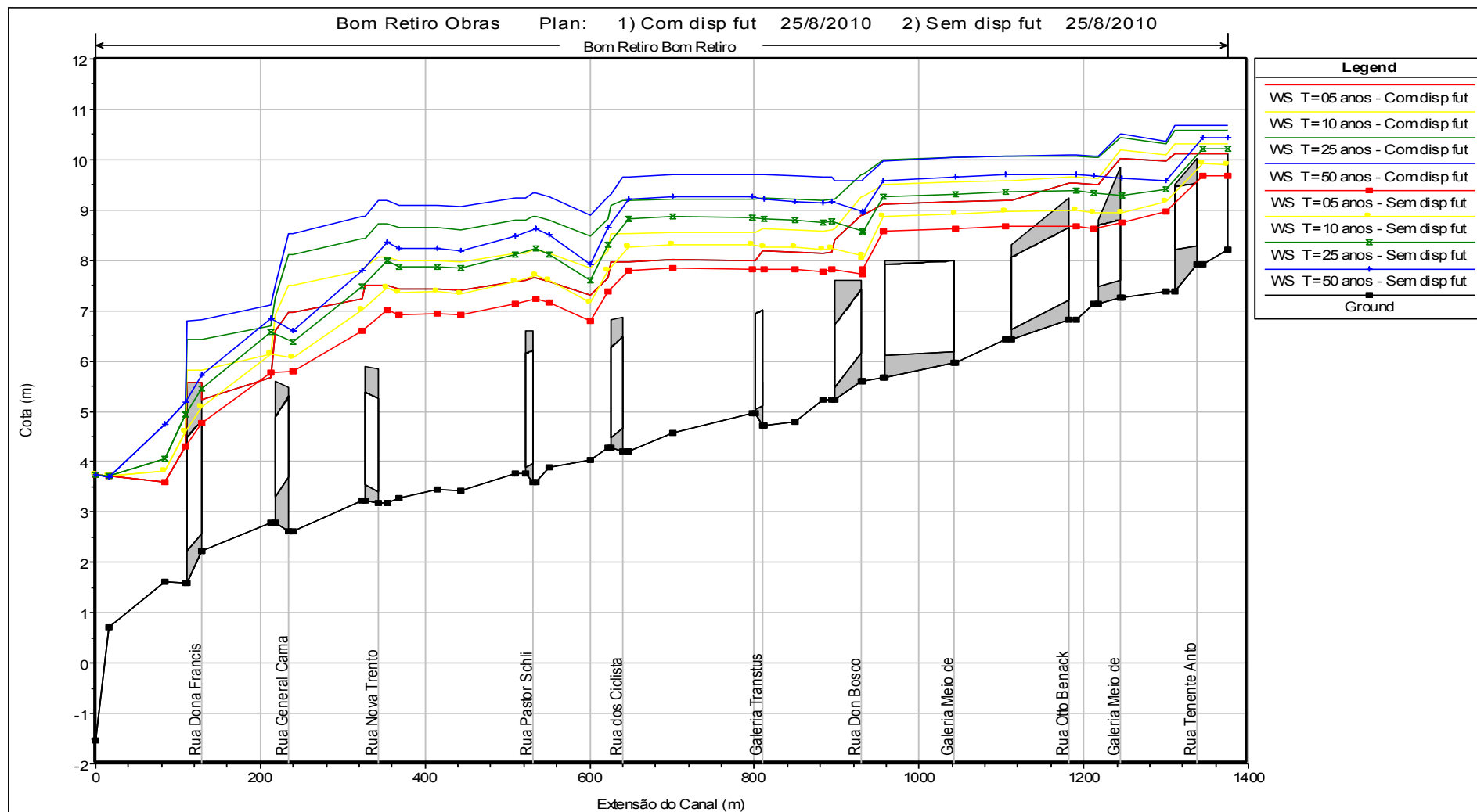


Figura 5.3 – Comparativo dos Níveis d'Água no rio Bom Retiro com e sem dispositivos de drenagem.

6. PROGNÓSTICO

Os estudos hidrológicos permitiram determinar os hidrogramas de cheia para os pontos característicos do rio Bom Retiro e foram apresentados nas Figuras 3.7 a 3.10. As vazões de cheia, que correspondem às vazões de pico dos hidrogramas, foram apresentadas no Quadro 3.3 em função do período de retorno. A Figura 6.1 apresenta um comparativo entre as vazões da bacia do rio Bom Retiro para a situação atual (diagnóstico) e a situação futura (prognóstico).

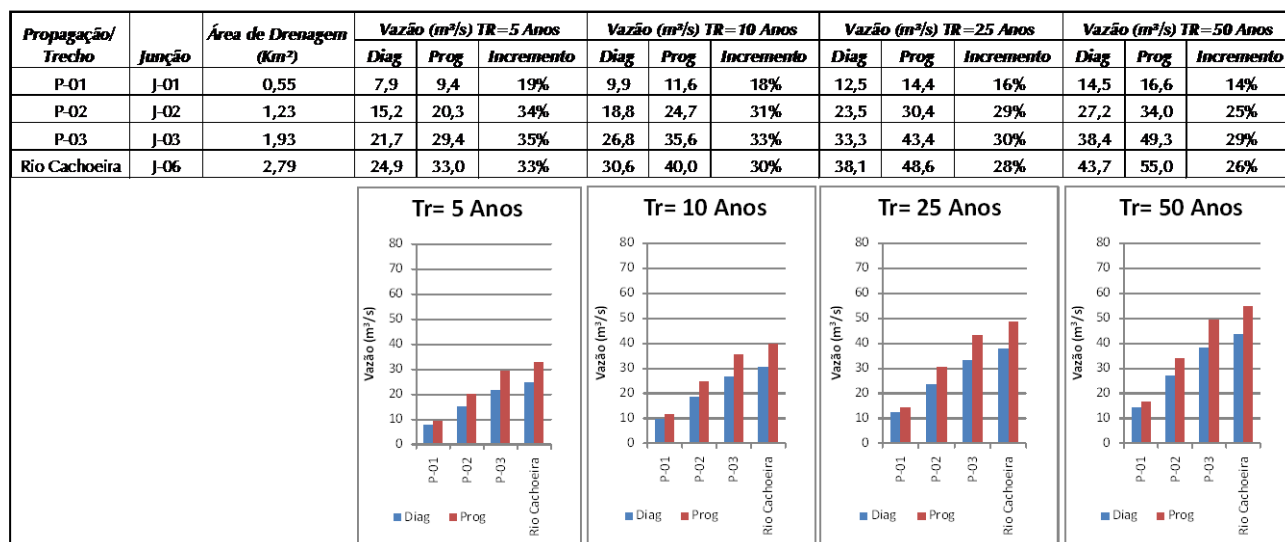


Figura 6.1 – Comparativo entre vazões para situação atual e futura de urbanização.

Os estudos hidráulicos permitiram determinar os níveis da água para o escoamento em regime permanente gradualmente variado das vazões de cheia determinadas através do estudo hidrológico, conforme apresentado na Figura 5.2. Os níveis da água a montante das estruturas de drenagem são apresentados no Quadro 5.1 em função do período de retorno. A Figura 6.2 apresenta um comparativo entre o período de retorno atendido pelos dispositivos de drenagem para a situação atual e futura. Os níveis que geram inundação estão sombreados em amarelo.

Local/Dispositivos de Drenagem	Diagnóstico					Prognóstico			
	TR=5 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=50 anos		TR=5 anos	TR=10 anos	TR=25 anos	TR=50 anos
Rua Tenente Antônio João									
Galeria em Meio de Quadra									
Rua Otto Benack									
Galeria em Meio de Quadra									
Rua Dom Bosco									
Galeria Transtusa									
Rua dos Ciclistas									
Rua Pastor Schliper									
Rua Nova Trento									
Rua General Camara Neto									
Rua Dona Francisca									

Figura 6.2 – Comparativo entre o período de retorno atendido pelos dispositivos de drenagem para situação atual e futura de urbanização.

Com base nos resultados obtidos pode-se observar que:

- ✓ para o cenário de urbanização futura adotado no prognóstico o evento de cheia com período de retorno de 5 anos provoca inundações no rio Bom Retiro em toda sua extensão, desde a região a montante da Rua Tenente Antonio João até a sua foz no Rio Cachoeira.
- ✓ mesmo com a eliminação dos dispositivos de drenagem a região entre a Rua Otto Benack até a foz no rio Cachoeira apresenta inundações para escoamentos com período de retorno de 5 anos.
- ✓ com aumento das áreas impermeáveis na bacia do rio Bom Retiro ocorre consequentemente um aumento nas vazões de pico, a Figura 6.1 apresenta a relação entre a vazão do diagnóstico e prognóstico. Na foz do rio Bom Retiro a vazão de pico aumenta em 33% a 26% para os períodos de retorno de 5 a 50 anos respectivamente.

O desenho 951-PMJ-PDC-A1-P628 Sub-Bacia 03-CA-BR - Rio Bom Retiro – Prognóstico da Capacidade Hidráulica (vide Anexo I) e o Quadro 6.1, elaborados a partir dos resultados apresentados, apresentam o diagnóstico hidráulico do rio Bom Retiro.

QUADRO 6.1
DIAGNÓSTICO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

<i>Local / Dispositivos de Drenagem</i>	<i>Período de Retorno Atendido</i>
Rua Tenente Antônio João	Tr<5 anos
Galeria em Meio de Quadra	Tr<5 anos
Rua Otto Benack	Tr<5 anos
Galeria em Meio de Quadra	Tr<5 anos
Rua Dom Bosco	Tr<5 anos
Galeria Transtusa	Tr<5 anos
Rua dos Ciclistas	Tr<5 anos
Rua Pastor Schliper	Tr<5 anos
Rua Nova Trento	Tr<5 anos
Rua General Camara Neto	Tr<5 anos
Rua Dona Francisca	Tr<5 anos

Conforme pode ser observado no desenho 951-PMJ-PDC-A1-P628 (vide Anexo I) e no Quadro 6.1, 100% dos dispositivos de drenagem do rio Bom Retiro não suportam a vazão resultante de uma precipitação de Tr=5 anos.

Utilizando os níveis da água apresentados no Anexo II e ilustrados na Figura 5.2 foram elaborados mapas com as manchas de inundação para os quatro períodos de retorno estudados.

As manchas de inundação do rio Bom Retiro para eventos com períodos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos estão apresentadas nos desenhos 951-PMJ-PDC-A1-P654, 951-PMJ-PDC-A1-P655, 951-PMJ-PDC-A1-P656 e 951-PMJ-PDC-A1-P657 (vide Anexo I) respectivamente. O

Quadro 6.2 apresenta a área de inundação e a profundidade média das mesmas em função do período de retorno.

QUADRO 6.2
CARACTERÍSTICAS DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO

	TR=5 Anos			TR=10 Anos			TR=25 Anos			TR=50 Anos		
	Diag	Prog	Incremento	Diag	Prog	Incremento	Diag	Prog	Incremento	Diag	Prog	Incremento
Área Total de Inundação (km²)	0,41	0,48	18%	0,46	0,53	16%	0,53	0,59	11%	0,57	0,61	7%
Profundidade Média (m)	0,88	1,18	34%	1,11	1,49	34%	1,42	1,87	32%	1,66	2,07	25%

As manchas de inundação prolongam-se por quase toda a extensão do rio Bom Retiro estendendo-se desde os entornos da Rua Avai até a foz no rio Cachoeira.

Os eventos de cheias para o cenário de ocupação futura estabelecido para bacia do rio Bom Retiro resultaram num aumento na magnitude das inundações. A mancha de inundação na bacia do rio Bom Retiro aumenta 18% para uma precipitação de Tr=5 anos, 16% para uma precipitação de Tr=10 anos, 11% para uma precipitação de Tr=25 anos e 7% para uma precipitação de Tr=50 anos.

Os estudos realizados possibilitaram avaliar o comportamento da rede de macrodrenagem da sub-bacia do rio Bom Retiro, indicando os locais onde ocorrem enchentes decorrentes da falta de capacidade desta rede. Alguns locais da sub-bacia podem apresentar também inundações decorrentes de outros fatores, como por exemplo, os terrenos baixos junto à foz que são inundados quando ocorre a elevação de nível no rio Cachoeira, ou por falta de capacidade da rede de microdrenagem. Consequentemente as manchas reais de inundação poderão ser maiores que as ilustradas no presente relatório.

Os levantamentos de campo identificaram características restritivas ao escoamento sob o ponto de vista de drenagem. Aspectos como avanço da vegetação ribeirinha no canal, obstrução devido a lixo e obstáculos nos dispositivos de drenagem não foram considerados nas simulações uma vez que estas características podem ser resolvidas com a realização de manutenção periódica do sistema de drenagem.

Mesmo considerando manutenção periódica e desprezando as restrições mencionadas acima, o rio Bom Retiro apresenta ao longo de seu leito estruturas com capacidade hidráulica insuficiente para vazões com período de retorno de 5 anos.

ANEXO I

DESENHOS DE PROJETO

Lista de Desenhos

- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P036 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Delimitação da Bacia e Sub-Bacias
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P037 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Uso e Ocupação - Delimitação de Bairros
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P038 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Pedologia
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P039 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Áreas Urbanizadas
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P090 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Áreas Permeáveis e Impermeáveis
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P161 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Caracterização Hidráulica
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P628 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico da Capacidade Hidráulica
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P654 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=5 anos
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P655 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=10 anos
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P656 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=25 anos
- ✓ 951-PMJ-PDC-A1-P657 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=50 anos

951-PMJ-PDC-A1-P036 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Delimitação da Bacia e Sub-Bacias

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR -RIO BOM RETIRO
DELIMITAÇÃO DA BACIA E SUB-BACIAS

ENGEORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	APROVADO	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	APROVADO	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
PROJETO	A.S.M.		 CREA 06003735/0		 CREA 06004856/22

Nº PMJ	DATA:	ESCALA:	FOLHA:
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P036	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P037 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Uso e Ocupação - Delimitação de Bairros

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - BOM RETIRO
USO E OCUPAÇÃO - DELIMITAÇÃO DOS BAIRROS

ENGECORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	APROVADO	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico  CREA 06003735/0	APROVADO	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU  CREA 06004856/22
PROJETO	A.S.M.				

Nº PMJ	DATA:	ESCALA:	FOLHA:
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P037	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P038 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro – Pedologia

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

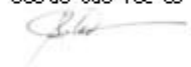
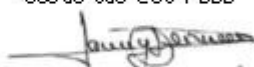
PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO
PEDOLOGIA

ENGECORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	APROVADO	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	APROVADO	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
PROJETO	A.S.M.		 CREA 06003735/0		 CREA 06004856/22

Nº PMJ	DATA:	ESCALA:	FOLHA:
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P038	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P039 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Áreas Urbanizadas

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO
ÁREAS URBANIZADAS

ENGECORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	APROVADO	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	APROVADO	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
PROJETO	A.S.M.		 CREA 06003735/0		 CREA 06004856/22

Nº PMJ	DATA:	ESCALA:	FOLHA:
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P039	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P090 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Áreas Permeáveis e Impermeáveis

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO
ÁREAS PERMEÁVEIS E IMPERMEÁVEIS

ENGECORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	APROVADO	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	APROVADO	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
PROJETO	A.S.M.		 CREA 06003735/0		 CREA 06004856/22

Nº PMJ	DATA:	ESCALA:	FOLHA:
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P090	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P161 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Caracterização Hidráulica

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

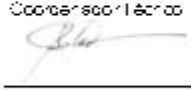
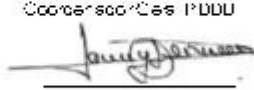
PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO
CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA

ENGECORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	APROVADO	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	APROVADO	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
PROJETO	A.S.M.		 CREA 06003735/0		 CREA 06004856/22

Nº PMJ	DATA:	ESCALA:	FOLHA:
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P161	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P628 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico da Capacidade Hidráulica

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

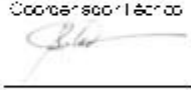
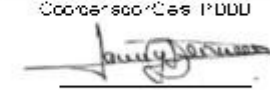
PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO
PROGNÓSTICO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA

ENGECORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	APROVADO	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	APROVADO	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
PROJETO	A.S.M.		 CREA 06003735/0		 CREA 06004856/22

Nº PMJ	DATA:	ESCALA:	FOLHA:
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P628	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P654 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=5 anos

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
 DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO - PROGNÓSTICO
 MANCHA DE INUNDAÇÃO - TR=5 ANOS

ENGEORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico		Danny Dalberson de Oliveira Coordenador de PDDU	
M.A.G.	APROVADO		APROVADO	
PROJETO				
A.S.M.	CHTA 060018070		CHTA 0600180622	
Nº PMU	DATA :	ESCALA :	FOLHA :	
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P654	JAN/2011	5.000	01/01	

951-PMJ-PDC-A1-P655 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=10 anos

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
 DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO - PROGNÓSTICO
 MANCHA DE INUNDAÇÃO - TR=10 ANOS

ENGEORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
PROJETO	A.S.M.	APROVADO	APROVADO
		CREA 060018670	CREA 060018662
Nº PMU	DATA :	ESCALA :	FOLHA :
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P655	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P656 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=25 anos

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BACIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO - PROGNÓSTICO
MANCHA DE INUNDAÇÃO - TR=25 ANOS

ENGECORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	M.A.G.	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador de PDDU
PROJETO	A.S.M.	APROVADO _____	APROVADO _____
		CHTA 060018070	CHTA 0600180622
Nº PMU	DATA :	ESCALA :	FOLHA :
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P656	JAN/2011	5.000	01/01

951-PMJ-PDC-A1-P657 - Sub-Bacia 03-CA-BR – Rio Bom Retiro - Prognóstico - Mancha de Inundação Tr=50 anos

1	JAN/2011	M.A.G.	EMIÇÃO FINAL	A.S.M.	A.L.F.
REV.	DATA	DESENHO	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PROJETO:

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDU -
DA BACIA DO RIO CACHOEIRA NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC.

TÍTULO:

SUB-BÁCIA 03-CA-BR - RIO BOM RETIRO - PROGNÓSTICO
MANCHA DE INUNDAÇÃO - TR=50 ANOS

ENGEORPS - HIDROSTUDIO - BRLi

DESENHISTA	Alberto Lang Filho Coordenador Técnico	Danny Dalberson de Oliveira Coordenador Geral PDDU
M.A.G.	APROVADO	APROVADO
PROJETO		
A.S.M.	_____	_____
	CREA 060018060	CREA 0600180622

Nº PMU	DATA :	ESCALA :	FOLHA :
Nº EXECUTORA 951-PMJ-PDC-A1-P657	JAN/2011	5.000	01/01

ANEXO II

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA – HEC-RAS

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	1000	T=05 anos	9,43	8,22	10,13		10,13	0,00013	0,42	44,69	126,29	0,1
Bom Retiro	1000	T=10 anos	11,59	8,22	10,31		10,31	0,000059	0,3	68,78	140,04	0,07
Bom Retiro	1000	T=25 anos	14,41	8,22	10,58		10,58	0,000025	0,22	112,84	188,74	0,05
Bom Retiro	1000	T=50 anos	16,57	8,22	10,69		10,69	0,00002	0,2	134	193,1	0,04
Bom Retiro	990	T=05 anos	9,43	7,91	10,13	9,38	10,13	0,000019	0,18	89,39	155,38	0,04
Bom Retiro	990	T=10 anos	11,59	7,91	10,31	9,41	10,31	0,000013	0,16	118,37	167,04	0,04
Bom Retiro	990	T=25 anos	14,41	7,91	10,58	9,46	10,58	0,000008	0,13	166,28	185,72	0,03
Bom Retiro	990	T=50 anos	16,57	7,91	10,69	9,49	10,69	0,000007	0,13	187,04	188,92	0,03
Bom Retiro	985 Rua Tenente Anto		Culvert									
Bom Retiro	980	T=05 anos	9,43	7,38	9,97	8,97	10,13	0,001449	1,82	5,71	270,75	0,39
Bom Retiro	980	T=10 anos	11,59	7,38	10,1	9,15	10,31	0,001784	2,1	6,11	272,22	0,43
Bom Retiro	980	T=25 anos	14,41	7,38	10,32	9,41	10,58	0,002012	2,36	6,76	273,53	0,47
Bom Retiro	980	T=50 anos	16,57	7,38	10,35	9,59	10,69	0,002525	2,67	6,88	273,75	0,52
Bom Retiro	970	T=05 anos	9,43	7,26	10,03	8,56	10,06	0,000263	0,86	12,61	191,07	0,18
Bom Retiro	970	T=10 anos	11,59	7,26	10,19	8,68	10,23	0,000284	0,94	14,27	205,37	0,19
Bom Retiro	970	T=25 anos	14,41	7,26	10,44	8,84	10,48	0,000267	0,96	17,13	206,44	0,18
Bom Retiro	970	T=50 anos	16,57	7,26	10,52	8,95	10,57	0,000304	1,05	18,08	206,77	0,2
Bom Retiro	965 Galeria Meio de		Culvert									
Bom Retiro	960	T=05 anos	9,43	7,15	9,52	8,49	9,55	0,000387	0,92	13,55	206,81	0,2
Bom Retiro	960	T=10 anos	11,59	7,15	9,64	8,58	9,68	0,000462	1,05	14,74	207,14	0,23
Bom Retiro	960	T=25 anos	14,41	7,15	10,05	8,7	10,08	0,000347	1,02	19,17	208,41	0,2
Bom Retiro	960	T=50 anos	16,57	7,15	10,07	8,78	10,11	0,000447	1,16	19,39	208,52	0,23
Bom Retiro	950	T=05 anos	9,43	6,82	9,53	8,23	9,54	0,000107	0,49	29,57	218,37	0,1
Bom Retiro	950	T=10 anos	11,59	6,82	9,65	8,36	9,66	0,000123	0,54	33,07	220,93	0,11

Continua...

Continuação.

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	950	T=25 anos	14,41	6,82	10,07	8,48	10,07	0,00009	0,51	47,97	237,82	0,09
Bom Retiro	950	T=50 anos	16,57	6,82	10,09	8,54	10,1	0,000112	0,57	49,11	238,2	0,11
Bom Retiro	945 Rua Otto Benack		Culvert									
Bom Retiro	940	T=05 anos	9,43	6,42	9,18	7,62	9,19	0,000063	0,39	27,53	298,34	0,08
Bom Retiro	940	T=10 anos	11,59	6,42	9,59	7,67	9,59	0,000051	0,38	33,15	338,34	0,07
Bom Retiro	940	T=25 anos	14,41	6,42	10,06	7,73	10,07	0,000043	0,39	39,77	378,84	0,07
Bom Retiro	940	T=50 anos	16,57	6,42	10,08	7,78	10,09	0,000056	0,45	39,99	379,46	0,08
Bom Retiro	930	T=05 anos	9,43	5,97	9,16	7,32	9,18	0,000103	0,57	14,21	369,53	0,11
Bom Retiro	930	T=10 anos	11,59	5,97	9,56	7,44	9,59	0,000092	0,59	16,59	382,91	0,1
Bom Retiro	930	T=25 anos	14,41	5,97	10,03	7,59	10,06	0,000084	0,62	19,39	395,68	0,1
Bom Retiro	930	T=50 anos	16,57	5,97	10,04	7,68	10,08	0,00011	0,71	19,43	395,68	0,12
Bom Retiro	925 Galeria Meio de		Culvert									
Bom Retiro	920	T=05 anos	9,43	5,67	9,12	7,14	9,15	0,000179	0,8	11,32	393,78	0,14
Bom Retiro	920	T=10 anos	11,59	5,67	9,52	7,29	9,56	0,00017	0,84	13	394,74	0,14
Bom Retiro	920	T=25 anos	14,41	5,67	9,99	7,47	10,04	0,000163	0,89	14,97	395,87	0,14
Bom Retiro	920	T=50 anos	16,57	5,67	9,98	7,62	10,05	0,000216	1,03	14,96	395,86	0,16
Bom Retiro	910	T=05 anos	20,27	5,6	8,89	7,81	9,12	0,001586	2,31	10,27	396,93	0,43
Bom Retiro	910	T=10 anos	24,72	5,6	9,27	8,02	9,53	0,001519	2,45	11,79	397,13	0,43
Bom Retiro	910	T=25 anos	30,36	5,6	9,71	8,26	10	0,001457	2,6	13,57	397,37	0,43
Bom Retiro	910	T=50 anos	34,6	5,6	9,6	8,43	10	0,002114	3,07	13,11	397,31	0,51
Bom Retiro	909	T=05 anos	20,27	5,6	8,9	7,72	9,12	0,000974	1,81	10,29	396,93	0,34

Continua...

Continuação.

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	909	T=10 anos	24,72	5,6	9,27	7,9	9,52	0,000916	1,9	11,79	397,13	0,33
Bom Retiro	909	T=25 anos	30,36	5,6	9,7	8,14	10	0,000867	2,01	13,54	397,37	0,33
Bom Retiro	909	T=50 anos	34,6	5,6	9,59	8,31	10	0,001265	2,37	13,08	397,31	0,4
Bom Retiro	905 Rua Don Bosco		Culvert									
Bom Retiro	900	T=05 anos	20,27	5,22	8,16	7,09	8,38	0,001422	2,13	10,34	357,61	0,42
Bom Retiro	900	T=10 anos	24,72	5,22	8,59	7,31	8,8	0,001129	2,1	12,68	395,07	0,38
Bom Retiro	900	T=25 anos	30,36	5,22	9,21	7,77	9,4	0,000809	2	15,99	395,07	0,33
Bom Retiro	900	T=50 anos	34,6	5,22	9,66	7,94	9,85	0,000656	1,95	18,46	395,07	0,31
Bom Retiro	899	T=05 anos	20,27	5,22	8,14	7,09	8,36	0,001467	2,15	10,23	354,75	0,42
Bom Retiro	899	T=10 anos	24,72	5,22	8,58	7,31	8,79	0,001152	2,11	12,6	395,03	0,38
Bom Retiro	899	T=25 anos	30,36	5,22	9,2	7,77	9,39	0,000818	2,01	15,94	395,07	0,33
Bom Retiro	899	T=50 anos	34,6	5,22	9,65	7,94	9,84	0,000661	1,95	18,42	395,07	0,31
Bom Retiro	890	T=05 anos	20,27	4,8	8,17	7,04	8,29	0,001016	1,81	14,01	337,96	0,33
Bom Retiro	890	T=10 anos	24,72	4,8	8,6	7,19	8,73	0,00087	1,83	16,63	388,07	0,31
Bom Retiro	890	T=25 anos	30,36	4,8	9,22	7,37	9,34	0,000683	1,81	20,33	395,23	0,29
Bom Retiro	890	T=50 anos	34,6	4,8	9,68	7,5	9,8	0,000585	1,8	23,09	395,69	0,27
Bom Retiro	880	T=05 anos	20,27	4,72	8,18	6,65	8,25	0,000508	1,35	19,42	355,81	0,24
Bom Retiro	880	T=10 anos	24,72	4,72	8,62	6,83	8,69	0,000419	1,34	23,41	359,51	0,23
Bom Retiro	880	T=25 anos	30,36	4,72	9,24	7,07	9,31	0,000318	1,3	29,01	393,59	0,2
Bom Retiro	880	T=50 anos	34,6	4,72	9,71	7,2	9,77	0,000268	1,28	33,17	397,55	0,19
Bom Retiro	875 Galeria Transtus		Culvert									

Continua...

Continuação.

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	870	T=05 anos	20,27	4,96	7,98	6,59	8,04	0,000413	1,38	28,45	349,2	0,26
Bom Retiro	870	T=10 anos	24,72	4,96	8,56	6,77	8,58	0,000162	0,98	46,81	357,68	0,17
Bom Retiro	870	T=25 anos	30,36	4,96	9,22	6,96	9,24	0,00008	0,77	67,88	393,27	0,12
Bom Retiro	870	T=50 anos	34,6	4,96	9,69	7,12	9,7	0,000055	0,69	82,86	393,27	0,1
Bom Retiro	860	T=05 anos	20,27	4,57	8,01	6,23	8,01	0,000065	0,51	61,18	306,73	0,09
Bom Retiro	860	T=10 anos	24,72	4,57	8,57	6,71	8,57	0,000038	0,43	82,09	395,88	0,07
Bom Retiro	860	T=25 anos	30,36	4,57	9,22	6,79	9,23	0,000024	0,38	106,65	396,2	0,06
Bom Retiro	860	T=50 anos	34,6	4,57	9,69	6,84	9,7	0,000019	0,37	124,17	396,2	0,05
Bom Retiro	850	T=05 anos	29,35	4,21	7,96	6,63	8	0,000305	1,13	35,83	345,23	0,19
Bom Retiro	850	T=10 anos	35,59	4,21	8,53	6,74	8,56	0,000212	1,04	45,27	389,78	0,17
Bom Retiro	850	T=25 anos	43,43	4,21	9,19	6,87	9,22	0,000155	0,99	56,29	394,65	0,15
Bom Retiro	850	T=50 anos	49,35	4,21	9,66	6,96	9,69	0,000131	0,96	64,13	395,06	0,14
Bom Retiro	849	T=05 anos	29,35	4,21	7,96	6,63	8	0,000305	1,13	35,83	345,13	0,19
Bom Retiro	849	T=10 anos	35,59	4,21	8,53	6,74	8,56	0,000212	1,04	45,27	389,76	0,17
Bom Retiro	849	T=25 anos	43,43	4,21	9,19	6,87	9,22	0,000155	0,99	56,29	394,65	0,15
Bom Retiro	849	T=50 anos	49,35	4,21	9,66	6,96	9,69	0,000131	0,96	64,13	395,06	0,14
Bom Retiro	845 Rua dos Ciclista		Culvert									
Bom Retiro	840	T=05 anos	29,35	4,29	7,64	6,44	7,98	0,001346	2,66	11,87	332,7	0,47
Bom Retiro	840	T=10 anos	35,59	4,29	8,19	6,7	8,54	0,001163	2,74	13,97	372,52	0,45
Bom Retiro	840	T=25 anos	43,43	4,29	8,82	7	9,2	0,001019	2,85	16,43	395,45	0,43
Bom Retiro	840	T=50 anos	49,35	4,29	9,26	7,21	9,67	0,000946	2,93	18,17	396,01	0,42
Bom Retiro	839	T=05 anos	29,35	4,04	7,32	6,55	7,91	0,003176	3,44	8,93	337,57	0,64
Bom Retiro	839	T=10 anos	35,59	4,04	7,85	6,86	8,48	0,002671	3,53	10,6	350,78	0,6

Continua...

Continuação.

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	839	T=25 anos	43,43	4,04	8,47	7,21	9,14	0,002308	3,65	12,52	385,98	0,57
Bom Retiro	839	T=50 anos	49,35	4,04	8,9	7,46	9,61	0,002135	3,75	13,86	395,51	0,56
Bom Retiro	838	T=05 anos	29,35	3,9	7,57	6,11	7,7	0,000873	1,8	19,29	344,13	0,31
Bom Retiro	838	T=10 anos	35,59	3,9	8,14	6,27	8,27	0,000695	1,78	23,25	389,76	0,29
Bom Retiro	838	T=25 anos	43,43	3,9	8,8	6,47	8,93	0,000575	1,79	27,79	389,79	0,27
Bom Retiro	838	T=50 anos	49,35	3,9	9,26	6,61	9,39	0,000519	1,82	30,97	389,82	0,26
Bom Retiro	830	T=05 anos	29,35	3,6	7,64	5,92	7,66	0,000135	0,81	60,7	368,62	0,14
Bom Retiro	830	T=10 anos	35,59	3,6	8,22	6,64	8,23	0,000077	0,67	82,51	394,58	0,1
Bom Retiro	830	T=25 anos	43,43	3,6	8,88	6,74	8,89	0,000049	0,59	107,5	394,58	0,09
Bom Retiro	830	T=50 anos	49,35	3,6	9,34	6,8	9,35	0,000039	0,56	125	394,58	0,08
Bom Retiro	825 Rua Pastor Schli		Culvert									
Bom Retiro	820	T=05 anos	29,35	3,76	7,57	5,56	7,65	0,000399	1,41	24,06	394	0,24
Bom Retiro	820	T=10 anos	35,59	3,76	8,14	5,78	8,23	0,000344	1,44	28,35	397,25	0,23
Bom Retiro	820	T=25 anos	43,43	3,76	8,79	5,98	8,88	0,000304	1,5	33,26	397,25	0,22
Bom Retiro	820	T=50 anos	49,35	3,76	9,24	6,11	9,34	0,000285	1,54	36,67	397,25	0,22
Bom Retiro	810	T=05 anos	29,35	3,42	7,41	5,69	7,6	0,000822	2,04	16,41	397,91	0,34
Bom Retiro	810	T=10 anos	35,59	3,42	7,97	5,92	8,18	0,00073	2,12	19,21	398,06	0,33
Bom Retiro	810	T=25 anos	43,43	3,42	8,61	6,2	8,84	0,000663	2,22	22,39	398,23	0,32
Bom Retiro	810	T=50 anos	49,35	3,42	9,06	6,39	9,3	0,000632	2,3	24,58	398,35	0,32
Bom Retiro	800	T=05 anos	29,35	3,46	7,43	5,37	7,57	0,000526	1,66	18,33	395,89	0,28
Bom Retiro	800	T=10 anos	35,59	3,46	8	5,58	8,15	0,000475	1,73	21,27	396,08	0,27
Bom Retiro	800	T=25 anos	43,43	3,46	8,64	5,83	8,81	0,000437	1,83	24,62	396,29	0,27
Bom Retiro	800	T=50 anos	49,35	3,46	9,09	6,01	9,27	0,00042	1,9	26,93	396,43	0,26

Continua...

Continuação.

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	790	T=05 anos	29,35	3,28	7,42	5,3	7,54	0,000563	1,71	21,6	396,5	0,28
Bom Retiro	790	T=10 anos	35,59	3,28	7,99	5,52	8,12	0,000501	1,77	25,26	396,9	0,27
Bom Retiro	790	T=25 anos	43,43	3,28	8,64	5,77	8,78	0,000455	1,85	29,42	397,36	0,26
Bom Retiro	790	T=50 anos	49,35	3,28	9,09	6,01	9,24	0,000434	1,91	32,29	397,68	0,26
Bom Retiro	780	T=05 anos	33	3,19	7,49	5,15	7,5	0,000068	0,63	87,06	394,47	0,1
Bom Retiro	780	T=10 anos	39,95	3,19	8,07	5,16	8,08	0,000042	0,54	114,78	395,1	0,08
Bom Retiro	780	T=25 anos	48,59	3,19	8,73	5,94	8,74	0,000029	0,49	146,28	395,81	0,07
Bom Retiro	780	T=50 anos	55,04	3,19	9,19	6,1	9,19	0,000024	0,47	168,04	396,31	0,06
Bom Retiro	779	T=05 anos	33	3,19	7,49	5,15	7,5	0,000068	0,63	87,06	394,47	0,1
Bom Retiro	779	T=10 anos	39,95	3,19	8,07	5,16	8,08	0,000042	0,54	114,78	395,1	0,08
Bom Retiro	779	T=25 anos	48,59	3,19	8,73	5,94	8,74	0,000029	0,49	146,28	395,81	0,07
Bom Retiro	779	T=50 anos	55,04	3,19	9,19	6,1	9,19	0,000024	0,47	168,04	396,31	0,06
Bom Retiro	775 Rua Nova Trento		Culvert									
Bom Retiro	770	T=05 anos	33	3,22	7,25	5,47	7,5	0,001006	2,32	15,71	395,58	0,38
Bom Retiro	770	T=10 anos	39,95	3,22	7,8	5,74	8,08	0,000914	2,42	18,19	396,07	0,37
Bom Retiro	770	T=25 anos	48,59	3,22	8,43	6,06	8,73	0,000849	2,56	20,97	396,61	0,37
Bom Retiro	770	T=50 anos	55,04	3,22	8,86	6,32	9,19	0,000815	2,65	22,91	396,99	0,36
Bom Retiro	760	T=05 anos	33	2,62	6,97	5,52	7,37	0,001769	2,86	12,47	393,7	0,47
Bom Retiro	760	T=10 anos	39,95	2,62	7,52	5,83	7,96	0,001645	3,02	14,35	394,39	0,46
Bom Retiro	760	T=25 anos	48,59	2,62	8,12	6,18	8,62	0,001569	3,21	16,43	395,15	0,46
Bom Retiro	760	T=50 anos	55,04	2,62	8,53	6,43	9,08	0,00153	3,35	17,87	395,68	0,46

Continua...

Continuação.

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	755 Rua General Cama		Culvert									
Bom Retiro	750	T=05 anos	33	2,78	5,66	5,45	6,42	0,006081	4,14	8,96	367,64	0,82
Bom Retiro	750	T=10 anos	39,95	2,78	6,14	5,73	6,86	0,004613	4,04	11,01	393,04	0,74
Bom Retiro	750	T=25 anos	48,59	2,78	6,71	6,02	7,41	0,003589	3,99	13,43	393,07	0,67
Bom Retiro	750	T=50 anos	55,04	2,78	7,1	6,22	7,81	0,003136	4	15,11	393,09	0,64
Bom Retiro	740	T=05 anos	33	2,22	5,24	4,77	5,98	0,004512	3,85	9,15	253,93	0,75
Bom Retiro	740	T=10 anos	39,95	2,22	5,82	5,08	6,53	0,003405	3,81	11,42	344,91	0,67
Bom Retiro	740	T=25 anos	48,59	2,22	6,42	5,45	7,15	0,002804	3,86	13,86	390,21	0,63
Bom Retiro	740	T=50 anos	55,04	2,22	6,82	5,73	7,57	0,002562	3,94	15,47	390,65	0,61
Bom Retiro	735 Rua Dona Francis		Culvert									
Bom Retiro	730	T=05 anos	33	1,58	4,31	4,31	5,36	0,009203	4,58	7,58	7,35	0,99
Bom Retiro	730	T=10 anos	39,95	1,58	4,61	4,61	5,78	0,008792	4,87	8,7	9,02	0,99
Bom Retiro	730	T=25 anos	48,59	1,58	4,94	4,94	6,27	0,00843	5,19	10,01	34,63	0,99
Bom Retiro	730	T=50 anos	55,04	1,58	5,17	5,17	6,61	0,008237	5,41	10,95	196,34	0,99
Bom Retiro	720	T=05 anos	33	1,62	3,6	3,6	4,29	0,007784	3,74	9,29	6,91	0,93
Bom Retiro	720	T=10 anos	39,95	1,62	3,81	3,81	4,56	0,007329	3,93	10,77	7,29	0,92
Bom Retiro	720	T=25 anos	48,59	1,62	4,05	4,05	4,87	0,006875	4,12	12,56	7,69	0,91
Bom Retiro	720	T=50 anos	55,04	1,62	4,74	4,74	5,06	0,00224	2,84	28,23	42,17	0,54
Bom Retiro	710	T=05 anos	33	0,72	3,72	1,95	3,74	0,000103	0,6	57,04	26,58	0,12
Bom Retiro	710	T=10 anos	39,95	0,72	3,71	2,04	3,74	0,000152	0,72	56,91	26,57	0,15
Bom Retiro	710	T=25 anos	48,59	0,72	3,71	2,14	3,75	0,000227	0,88	56,71	26,55	0,18
Bom Retiro	710	T=50 anos	55,04	0,72	3,7	2,21	3,75	0,000294	1	56,53	26,54	0,21

Continua...

Continuação.

TABELA HEC-RAS CENÁRIO FUTURO

Rio	Nº da Seção	Perfil de Análise	Q Total (m³/s)	Cota Mínima da Seção (m)	Cota do Nível d'água (m)	Altura Crítica do Nível d'água	Altura da Linha de Energia	Declividade e da Linha de Energia	Velocidade na Seção (m/s)	Área Molhada (m²)	Largura Máxima da Lâmina de Água (m)	Nº de Froude
Bom Retiro	700	T=05 anos	33	-1,53	3,73	-0,54	3,73	0,000006	0,21	164,47	50,63	0,03
Bom Retiro	700	T=10 anos	39,95	-1,53	3,73	-0,44	3,73	0,000009	0,25	164,47	50,63	0,04
Bom Retiro	700	T=25 anos	48,59	-1,53	3,73	-0,32	3,73	0,000013	0,31	164,47	50,63	0,05
Bom Retiro	700	T=50 anos	55,04	-1,53	3,73	-0,24	3,74	0,000017	0,35	164,47	50,63	0,05