

**COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ****PROJETO DETALHADO
COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ
RELATÓRIO TÉCNICO
BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893**Nº MRS
EI2204-LC-109-4-RT-A00-002
Nº JM SOUTO
JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002PÁGINA
1/22
REV.
1**REVISÕES**TE: TIPO A - PRELIMINAR C - PARA CONHECIMENTO E - PARA CONSTRUÇÃO G - CONFORME CONSTRUÍDO
EMISSÃO B - PARA APROVAÇÃO D - PARA COTAÇÃO F - CONFORME COMPRADO H - CANCELADO

Rev.	TE	Descrição	Por	Ver.	Apr.	Aut.	Data
0	B	EMISSÃO INICIAL	RAD	CFA	CFA	JMS	12/09/23
1	B	ATENDENDO COMENTÁRIOS-20/09/23	RAD	CFA	CFA	JMS	25/09/23

 MRS Logística S.A.	 JMSOUTO ENGENHARIA E CONSULTORIA	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 2/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

<u>ÍNDICE</u>		
<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	ESTUDO DO BUEIRO FERROVIÁRIO DO KM 109+893	5
1.1	INTRODUÇÃO	5
1.2	OBJETIVO	5
1.3	ESCOPO	5
2.0	MAPA DE SITUAÇÃO	6
3.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	8
4.0	ESTUDOS HIDROLÓGICOS DA MACRODRENAGEM	9
4.1	INTRODUÇÃO	9
4.2	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	9
4.3	PLUVIOMETRIA	10
4.4	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	10
4.5	PERÍODO DE RECORRÊNCIA	11
4.6	CRITÉRIOS DE CÁLCULO DE DESCARGAS DE PROJETO	11
4.7	DEFINIÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	14
5.0	CÁLCULO HIDRÁULICO OBRAS DE ARTE CORRENTES	16
5.1	ESTUDO DOS BUEIROS EXISTENTES QUE TRANSPÕE A FERROVIA	17
5.2	CÁLCULO DE VAZÕES DAS BACIAS 1, 2 E 3	18
5.3	VERIFICAÇÃO DA SUFICIÊNCIA HIDRÁULICA DOS BUEIROS EXISTENTES	18
6.0	ALTERNATIVA PROPOSTA	19
6.1	CONSIDERAÇÃO DA VAZÃO	19
6.2	SOLUÇÃO DE DRENAGEM PARA A BACIA 1 NO KM 109+893	20
6.3	CONSIDERAÇÕES PARA MP100 CIRCULAR	21
6.4	ESCAVAÇÕES E REATERROS	21
7.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
8.0	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE SERVIÇOS	22

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 3/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

LISTA DE FIGURAS

<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO	6
FIGURA 2 - MAPA DE SITUAÇÃO	7
FIGURA 3 - ÁREAS DE BACIAS DELIMITADAS	14
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO KMZ DOS BUEIROS EXISTENTES	17

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 4/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

LISTA DE TABELAS

<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
TABELA 1 – DIMENSIONAMENTO CONFORME ÁREA DA BACIA.	11
TABELA 2 - COEFICIENTE CONFORME TIPOLOGIA DA ÁREA.	13
TABELA 3 - TABELA DE CÁLCULO HIDROLÓGICO.	15
TABELA 4 - TABELA DA DECLIVIDADE EQUIVALENTE DA BACIA 1.	16
TABELA 5 - TABELA DE CÁLCULO DAS VAZÕES.	18
TABELA 6 – VERIFICAÇÃO DO BUEIRO DA BACIA 1.	18
TABELA 7 – VERIFICAÇÃO DO BUEIRO DA BACIA 2.	18
TABELA 8 – VERIFICAÇÃO DO BUEIRO DA BACIA 3.	19
TABELA 9 – TABELA DE CÁLCULO DA VAZÃO AJUSTADA DA BACIA 1.	19
TABELA 10 – DIMENSIONAMENTO DO BUEIRO DA BACIA 1.	20
TABELA 11 - TABELA DE MEMÓRIA DE CÁLCULO.	21
TABELA 12 – ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO.	22

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 5/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

1.0 ESTUDO DO BUEIRO FERROVIÁRIO DO KM 109+893

1.1 Introdução

A JM Souto foi informada pela MRS sobre a ocorrência de alagamento no km 109+893 da ferrovia. Durante a avaliação, foi identificado que a causa desse alagamento está relacionada ao transbordamento de um canal localizado a montante do bueiro existente no local do projeto.

1.2 Objetivo

Este documento tem por objetivo estudar as bacias de contribuição de forma que seja determinada a vazão no local do projeto, verificar a capacidade hidráulica do bueiro existente e propor uma solução adequada para não ocorrer o transbordamento da via.

1.3 Escopo

Faz parte dos trabalhos a elaboração dos seguintes estudos e projetos:

- Estudos Hidrológicos;
- Definição das Bacias Hidrográficas;
- Verificação Hidráulica do Bueiro Existente;
- Alternativa para Solução do Alagamento;

 MRS Logística S.A.	 JMSOUTO ENGENHARIA E CONSULTORIA	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 6/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

2.0 MAPA DE SITUAÇÃO

A JM Souto informa neste item do relatório a localização exata no km 109+893 do bueiro existente no local do estudo, apresentando as coordenadas de latitude e longitude no sistema de coordenadas SIRGAS2000 Zona 23 S.

- **Latitude:** 22° 27' 43,788" Sul
- **Longitude:** 43° 49' 6,866" Oeste

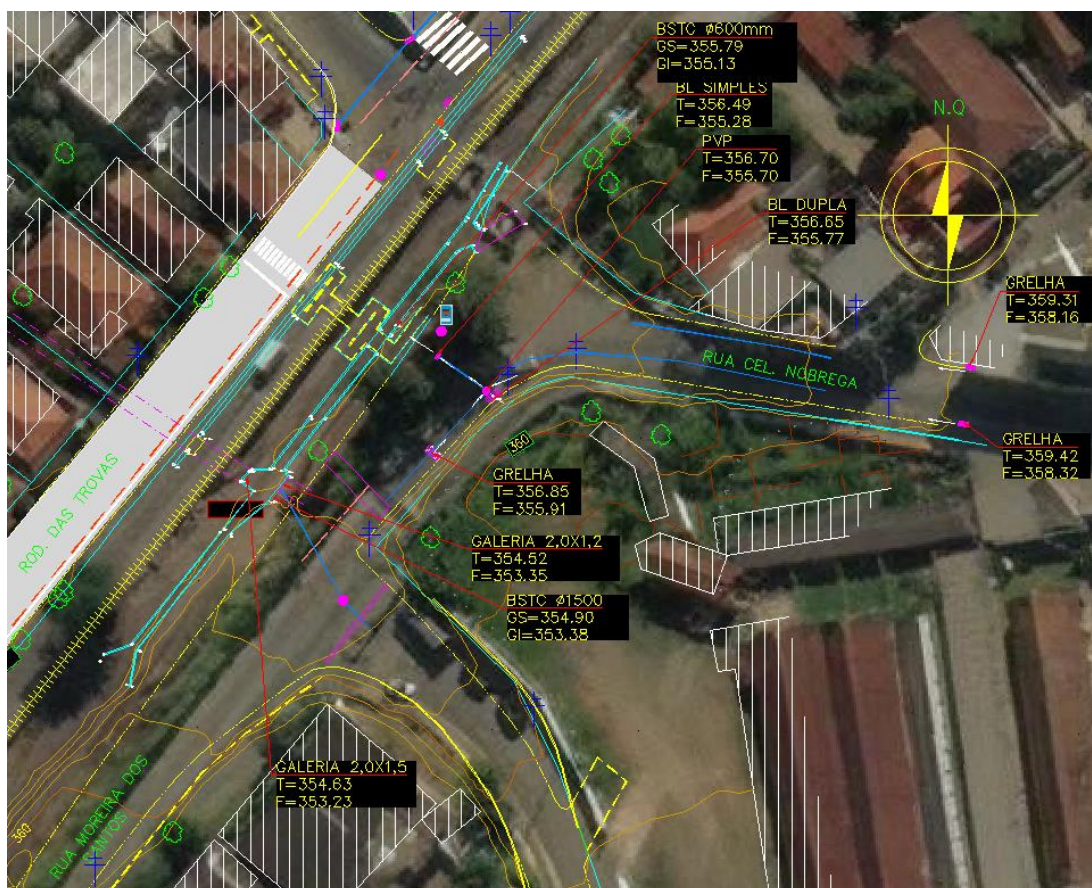


Figura 1 – Mapa de localização



Logística S.A.



COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI

**PROJETO DETALHADO
COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI
RELATÓRIO TÉCNICO
BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893**

Nº MRS
EI2204-LC-109-4-RT-A00-002
Nº JM SOUTO
JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002

PÁGINA
7/22
REV.
1

MAPA POLÍTICO DO BRASIL



MAPA DO RIO DE JANEIRO



MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO PROJETO (MUNICÍPIO DE BARRA DO PIRAI)

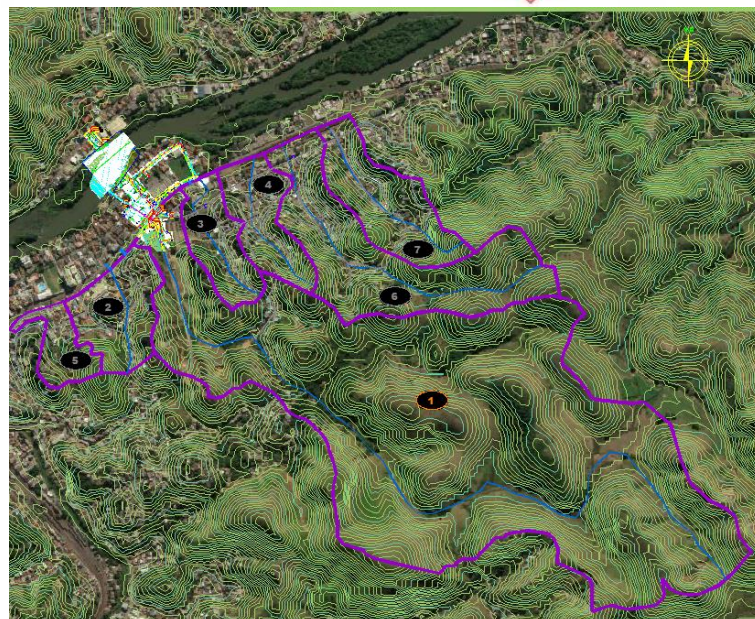


Figura 2 - Mapa de Situação

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 8/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

3.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o desenvolvimento do da Solução foram utilizados os documentos fornecidos pela MRS, conforme descritos abaixo:

- Arquivos KMZ
localização dos bueiros
existentes ativos

- Km 109+665 - Bueiro celular de concreto com laje de trilhos 1,40 x 1,60m (base x altura);
 - Km 109+720 - Bueiro tubular de concreto DN 600mm;
 - Km 109+893 - Bueiro celular de pedras de cantaria 2,00 x 1,50m (base x altura)
 - Km 110+119 - Bueiro celular de concreto com laje de trilhos 1,40 x 0,90m (base x altura)

- Levantamento Topográfico

Levantamento topográfico: 149_002_015_Lev. Topográfico Batimetria Barra do Piráí_R00.dwg.

- Cadastro Bueiro em estudo

Inspeção Detalhada de Bueiros - Km 109+893 Rev.1.pdf.

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 9/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

4.0 ESTUDOS HIDROLÓGICOS DA MACRODRENAGEM

4.1 Introdução

Os Estudos foram elaborados com o intuito de fundamentar a definição da vazão de projeto e do dimensionamento hidráulico do Bueiro Ferroviário, na estaca do km 109+893 que apresenta um histórico de alagamento.

Basicamente, a metodologia adotada nos Estudos Hidrológicos pode ser resumida na seguinte sequência:

- Delimitação das áreas de contribuição;
- Definição das características físicas e parâmetros das bacias de contribuição, tais como: características do terreno, declividades e tempos de concentração;
- Cálculo dos tempos de concentração críticos para cada componente do sistema de drenagem;
- Estudo das chuvas intensas na área de projeto;
- Cálculo das vazões de pico para cada área de contribuição.

4.2 Coleta e Análise de dados

Os elementos básicos consultados e utilizados no desenvolvimento dos estudos são listados a seguir:

- Equações de Chuvas Intensas, fornecidas pelo software PLÚVIO 2.1 (desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa);
- Normais climatológicas referentes à estação de Vassouras – código 83742 por meio das informações constantes na publicação Normais Climatológicas do Departamento Nacional de Meteorologia – INMET;
- Imagem do Google Earth;
- Dados do posto pluviométrico nº 2243002 – Posto Barra do Piraí – Rio de Janeiro, disponível no site da ANA (Agência Nacional de Águas);
- Cadastro de obras existentes.

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 10/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

4.3 Pluviometria

4.3.1 Modelo de chuvas da região

Para avaliação das relações intensidade-duração-frequência das chuvas intensas da região, foi utilizado o software PLUVIO 2.1, da Universidade Federal de Viçosa. A equação do posto de Barra do Pirai no município de Barra do Pirai / RJ é assim expressa:

$$i = \frac{3727,666 \times T^{0,202}}{(t + 23,889)^{0,999}}$$

Onde:

I = intensidade média de precipitação, em mm/h;
t = duração, em minutos;
T = período de recorrência, em anos.

4.4 Tempo de Concentração

Quando da aplicação do método racional, a duração da chuva média coincide com o tempo de concentração da bacia. Essa variável pode ser entendida como o tempo necessário para que toda a bacia hidrográfica contribua com o escoamento superficial no ponto de controle em que o hidrograma é observado, quando então se atinge a vazão de pico do hidrograma.

Para determinar o tempo de concentração de cada bacia de contribuição, utilizou-se a formulação de Kirpich, qual seja:

- Para bacias com áreas até 1 km²:

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

- tc mínimo de 10 min.

- Para bacias com áreas acima de 1 km²:

$$t_c = 85,2 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

- Tc= tempo de concentração, em minutos;
- L= comprimento do curso d'água, em km;
- H= desnível máximo, em metros.

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 11/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

4.5 Período de Recorrência

Serão utilizados os seguintes períodos de recorrência, em correspondência aos diversos tipos de obra:

- Dimensionamento dos Bueiros como Canal: TR = 25 anos
- Verificação dos Bueiros como Orifício: TR = 50 anos

4.6 Critérios de cálculo de descargas de projeto

Para a determinação das vazões de projeto em função das áreas das bacias hidrográficas, utilizamos os critérios da tabela a seguir:

Tabela 1 – Dimensionamento conforme área da Bacia.

Bacia	Área	Método
Pequena	Área < 1 km ²	Método racional
Intermediária	1 km ² < área < 10 km ²	Método racional acrescido do coeficiente de retardo adimensional
	10 km ² < área < 30 km ²	Método do Hidrograma Sintético Triangular (HST)

4.6.1 Bacias menores que 1 km²

Será utilizado o Método Racional, que consiste no cálculo da descarga máxima de uma enchente de projeto por uma expressão simples, relacionando o valor dessa descarga com a área da bacia e com a intensidade da chuva, através da seguinte Equação:

$$Q = \frac{c \cdot I \cdot A}{3,6}$$

Sendo:

- Q = descarga máxima, em m³/s;
- c = coeficiente de deflúvio;
- A = Área da bacia, em km²;
- I = Intensidade, em mm/h

4.6.2 Bacias entre 1 e 10 km²

Será utilizado o Método Racional, entretanto com um coeficiente de distribuição (retardo), que visa à correção da precipitação pontual para a precipitação uniformemente distribuída pela área, dado pela expressão:

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 12/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

$$Q = \frac{c \cdot I \cdot A}{3,6} \times n$$

Sendo:

- Q = descarga máxima, em m³/s;
 - c = coeficiente de deflúvio;
 - A = Área da bacia, em km²;
 - I = Intensidade, em mm/h;
- n = A-0,1.

4.6.3 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial (Run-off) é o parâmetro que mede a proporção do total precipitado que se transforma em escoamento superficial. Sua determinação é realizada de forma subjetiva, em função do grau de impermeabilização da bacia, do uso e ocupação do solo. A Tabela 2 mostra os valores do coeficiente para diversos tipos de áreas de drenagem:

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893	Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 13/22	
	Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1	

Tabela 2 - Coeficiente conforme tipologia da área.

Tipologia da área de drenagem	Coeficiente de escoamento superficial
Áreas Comerciais	0,70 – 0,95
Áreas centrais	0,70 – 0,95
Áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
Residenciais isoladas	0,35 – 0,50
Unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
Unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
Áreas com lotes de 2.000 m2 ou maiores	0,30 – 0,45
Áreas suburbanas	0,25 – 0,40
Áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
Área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
Área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
Asfalto	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Blocket	0,70 – 0,89
Paralelepípedo	0,58 - 0,81
Telhado	0,75 – 0,95
Solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
Solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
Solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
Solo arenoso, declividade alta > 7 %	0,15 – 0,20
Solo argiloso, declividade baixa < 2 %	0,15 – 0,20
Solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0,20 – 0,25
Argiloso, declividade alta > 7 % solo	0,25 – 0,30
Grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 - 0,10
Grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 - 0,15
Grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20
Grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13 - 0,17
Grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7%	0,18 - 0,22
Grama, em solo argiloso, declividade alta > 7%	0,25 - 0,35
Florestas com declividade <5%	0,25 – 0,30
Florestas com declividade média entre 5% e 10%	0,30 - 0,35
Florestas com declividade >10%	0,45 – 0,50
Capoeira ou pasto com declividade <5%	0,25 – 0,30
Capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10%	0,30 – 0,36
Capoeira ou pasto com declividade > 10%	0,35 – 0,42

Quanto ao coeficiente de escoamento superficial utilizado:

- **C = 0,75** para bacias que se enquadram na tipologia de áreas urbanas.
- **C = 0,30** para bacias que se enquadram na tipologia de áreas verdes.

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 14/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

4.7 Definição das Bacias Hidrográficas

4.7.1 Caracterização das bacias

Para a individualização das bacias hidrográficas foram utilizadas imagens do Google Earth, informações de visitas técnicas e o cadastro fornecido pelo cliente. O mosaico das macrobacias é apresentado no desenho:

- Mosaico de Bacia doc. EI2204-LC-109-4-DE-O01-002.

4.7.2 Delimitação das bacias

Após o estudo aprofundado sobre as possíveis áreas de contribuição do local em estudo foi determinado que apenas a Bacia 1 terá influência sobre o bueiro existente.

O estudo e a representação de todas as bacias de influência é essencial para análise e dimensionamento do sistema de drenagem e identificação de áreas suscetíveis em relação ao problema de alagamento indicado no projeto.

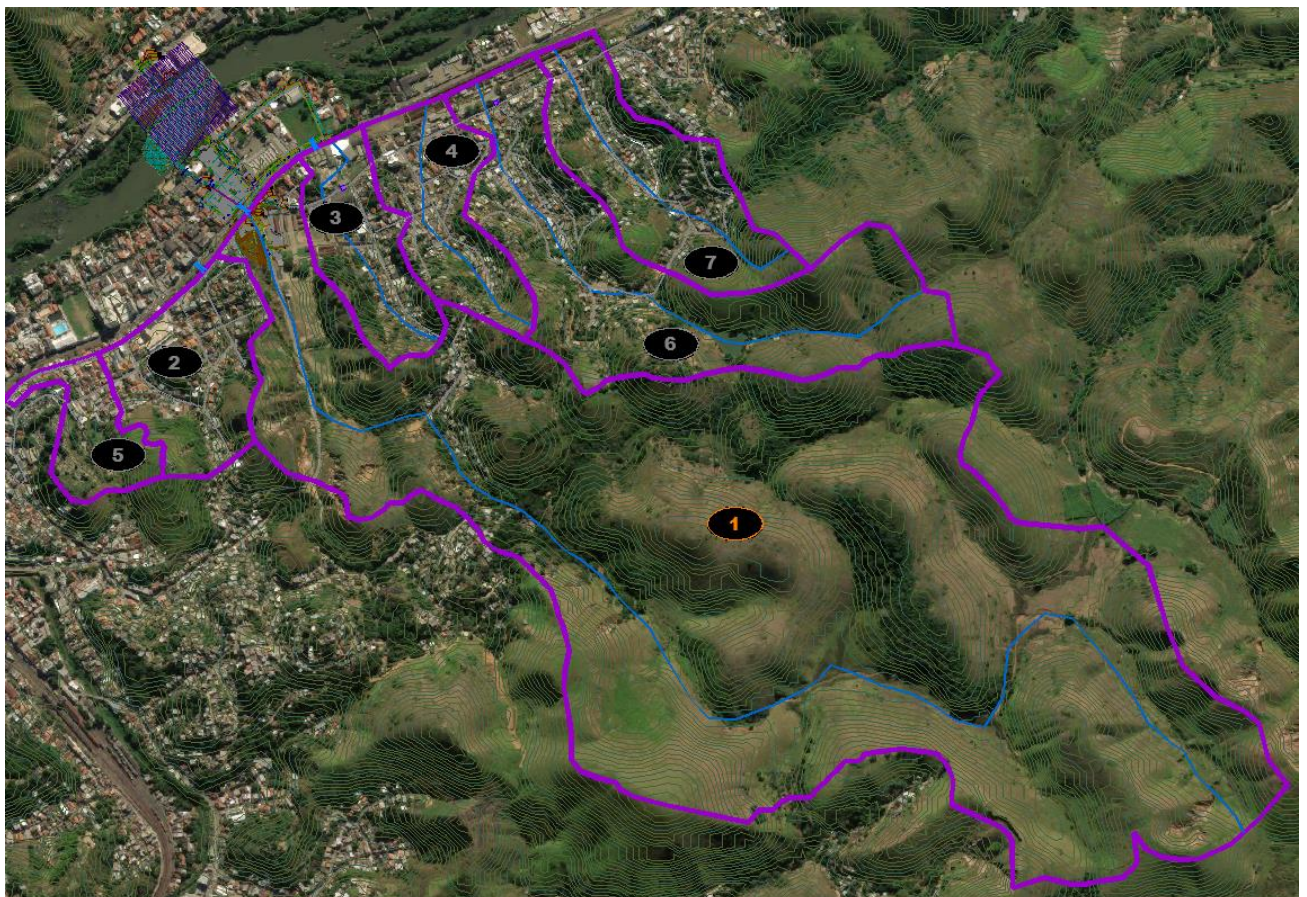


Figura 3 - Áreas de bacias delimitadas

 MRS Logística S.A.	 JMSOUTO ENGENHARIA E CONSULTORIA	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 15/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

4.7.3 Quadro Geral de Bacias

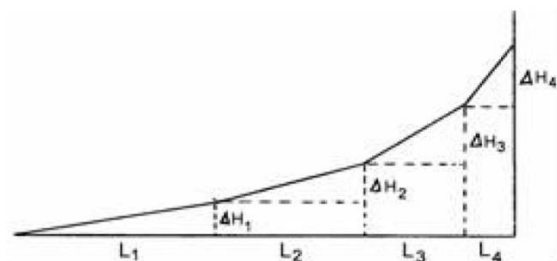
Apresentamos a seguir o quadro geral de bacias com áreas, ponderação dos coeficientes, comprimento dos talwegues e desnível.

Tabela 3 - Tabela de Cálculo Hidrológico.

Bacias	Áreas (km ²)	Áreas (m ²)	Área Verde (C=0,30)	Área Urbana (C=0,75)	Coeficiente Ponderado (C)	Talvegue (km)	Desnível (m)
1	1,804	1803700,10	1699137,32	104562,79	0,33	3,569	135,00
2	0,130	130170,68	26641,88	103528,80	0,66	-	-
3	0,102	102357,91	22321,83	80036,08	0,65	0,640	45,00
4	0,117	117319,21	15244,25	102074,96	0,69	0,652	101,00
5	0,061	60946,85	29530,97	31415,88	0,53	-	-
6	0,354	354212,25	212762,41	141449,84	0,48	1,458	108,00
7	0,172	172408,54	64791,92	107616,63	0,58	0,838	160,00

4.7.4 Declividade da Bacia 1

Para o cálculo da declividade da Bacia 1 foi sugerido pela MRS a utilização da declividade equivalente, ou média harmônica, demonstrada a seguir:



$$I_{eq} = \left(\frac{\sum L}{\sum \left(\frac{L_i}{\sqrt{I_i}} \right)} \right)^2 \quad I_i = \frac{\Delta H_i}{L_i}$$

Em que:

- L: comprimento total do talvegue (horizontal);
- li: declividade de cada trecho;
- ΔHi: desnível entre as extremidades do trecho i;
- Li: comprimento horizontal de cada trecho i;

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 16/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

Tabela 4 - Tabela da declividade equivalente da Bacia 1.

Trechos	▲Hi	Li	li = ▲Hi / Li
1	21,645	351,104	0,062
2	12,692	166,502	0,076
3	6,124	364,696	0,017
4	6,053	914,116	0,007
5	12,445	131,355	0,095
6	3,547	448,528	0,008
7	34,868	327,385	0,107
8	4,011	206,908	0,019
9	20,374	198,237	0,103
10	7,092	155,179	0,046
11	1,592	188,106	0,008
12	5,958	116,535	0,051
Declividade Equivalente (m/m)		Declividade Equivalente (%)	
0,0163		1,63	

5.0 CÁLCULO HIDRÁULICO OBRAS DE ARTE CORRENTES

Para cada área de contribuição foi verificado o diâmetro necessário para coleta e condução das águas pluviais. As vazões das redes foram calculadas de acordo com a vazão específica de cada trecho, através do método racional:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{0,36}$$

Sendo:

- **Q** - Vazão a ser captada pela rede (l/s);
- **C** - Coeficiente de escoamento ponderado;
- **I** - Intensidade da Chuva (mm/h);
- **A** - Área da bacia de contribuição (ha)

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAÍ RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 17/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

5.1 Estudo dos bueiros existentes que transpõe a ferrovia

- Km 109+665 - Bueiro celular de concreto com laje de trilhos 1,40 x 1,60m (base x altura)
- Km 109+893 - Bueiro celular de pedras de cantaria 2,00 x 1,50m (base x altura)
- Km 110+119 - Bueiro celular de concreto com laje de trilhos 1,40 x 0,90m (base x altura)



Figura 4 - Localização KMZ dos bueiros existentes

 MRS Logística S.A.	 JMSOUTO ENGENHARIA E CONSULTORIA	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
		PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893	Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

5.2 Cálculo de Vazões das Bacias 1, 2 e 3

Tabela 5 - Tabela de Cálculo das Vazões.

Nº da Bacia	Localização (km)	Área km ²	Coeficiente de retardo	Talvegue			Tempo de Concent. min.	Tc (áreas acima de 0,8 km ²) min.	Tc adotado min.	Coef. Run off C	Intensidade (mm/h)		Q proj (m ³ /s)	
				Comp. km	Desn. m	Decl. %					T (anos)		T (anos)	
											25	50	25	50
1	109+893	1,804	0,943	3,57	135,00	1,63	37,36	56,03	56,03	0,33	88,79	102,00	13,68	15,71
2	109+720	0,130	-	0,45	35,00	0,10	10,00	não	10,00	0,66	209,39	240,52	4,98	5,72
3	110+119	0,102	-	0,64	45,00	0,10	10,00	não	10,00	0,65	209,39	240,52	3,88	4,46

5.3 Verificação da suficiência hidráulica dos bueiros existentes

5.3.1 Verificação da suficiência do bueiro existente na Bacia 1

O Bueiro Simples Celular existente da Bacia 1 - Dimensões de 2,00 x 1,50.

Tabela 6 – Verificação do Bueiro da Bacia 1.

Obra Existente		Canal		Orifício		Velocidade crítica m/s	Declivida de crítica %
		Q crit. m3/s	Q crit.> Q Proj. TR 25	Q crit. p/ h'=1,00 m3/s	Q crit.> Q Proj. TR 50		
Tipo	Dimensão	m3/s	TR 25	m3/s	TR 50	m/s	%
BSCC	2,00 x 1,50	6,26	Não	11,08	Não	3,14	0,56

O Bueiro Celular atual apresenta falhas estruturais e não está hidráulicamente adequado para atender a vazão de 13,68 m³/s (25 anos).

5.3.2 Verificação da suficiência do bueiro existente na Bacia 2

O Bueiro Simples Celular existente da Bacia 2 - Dimensões de 1,40 x 1,60.

Tabela 7 – Verificação do Bueiro da Bacia 2.

Obra Existente		Canal		Orifício		Velocidade crítica m/s	Declivida de crítica %
		Q crit. m3/s	Q crit.> Q Proj. TR 25	Q crit. p/ h'=1,00 m3/s	Q crit.> Q Proj. TR 50		
Tipo	Dimensão	m3/s	TR 25	m3/s	TR 50	m/s	%
BSCC	1,40 x 1,60	4,83	Não	8,39	OK	3,24	0,74

O Bueiro existente tem capacidade hidráulica, trabalhando como orifício, para atender a vazão de 5,72 m³/s (50 anos).

 MRS Logística S.A.	 JMSOUTO ENGENHARIA E CONSULTORIA	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI			
		PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893	Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 19/22	
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1		

5.3.3 Verificação da suficiência do bueiro existente na Bacia 3

O Bueiro Simples Celular existente da Bacia 3 - Dimensões de 1,40 x 0,90.

Tabela 8 – Verificação do Bueiro da Bacia 3.

Obra Existente		Canal		Orifício		Velocidade crítica	Declivida de crítica
		Q crit.	Q crit.> Q Proj.	Q crit. p/ h'=1,00	Q crit.> Q Proj.		
Tipo	Dimensão	m ³ /s	TR 25	m ³ /s	TR 50	m/s	%
BSCC	1,40 x 0,90	2,04	Não	4,23	Não	2,43	0,60

O Bueiro existente não tem capacidade hidráulica para atender a vazão de 3,88 m³/s (25 anos) como Canal e também não tem a capacidade hidráulica para atender a vazão de 4,46 m³/s (50 anos) como orifício.

6.0 ALTERNATIVA PROPOSTA

6.1 Consideração da vazão

A análise da bacia 3 revela que o bueiro existente não atende à vazão necessária como canal e orifício, resultando em um potencial transbordamento de 1,84m³/s (2,04m³/s – 3,88m³/s), para T 25 anos e 0,23m³/s (4,23m³/s – 4,46m³/s), para T 50 anos, respectivamente.

Portanto, faz necessário adicionar 1,84m³/s à capacidade da vazão de 25 anos e 0,23m³/s à capacidade de vazão de 50 anos para cálculo da bacia 1, elevando-as para 15,52m³/s (13,68m³/s + 1,84m³/s) para T 25 anos e 15,94m³/s (15,71m³/s + 0,23m³/s) para T 50 anos. Esse aumento se justifica pelo fato do talvegue da bacia 1 estar em um nível mais baixo que o da bacia 3 de acordo com o cadastro topográfico e pelo fato de não termos mais informações sobre o escoamento local, foi adotado o pior caso para o estudo.

6.1.1 Reajuste da Vazão da Bacia 1

Tabela 9 – Tabela de Cálculo da Vazão Ajustada da Bacia 1.

Nº da Bacia	Localização (km)	Área km ²	Coeficiente de retardo	Talvegue			Tempo de Concent. min.	Tc (áreas acima de 0,8 km ²) min.	Tc adotado min.	Coef. Run off C	Intensidade (mm/h)		Q proj (m ³ /s)	
				Comp.	Desn.	Decl.					T (anos)		T (anos)	
				km	m	%					25	50	25	50
1	109+893	1,804	0,943	3,57	135,00	1,63	37,36	56,03	0,33	88,79	102,00	15,52	15,94	

Para atender às demandas de drenagem da Bacia 1 no quilômetro 109+893, consideramos os períodos de retorno de 25 e 50 anos, com vazões de 15,52 e 15,94 (m³/s), respectivamente.

 MRS Logística S.A.	 JMSOUTO ENGENHARIA E CONSULTORIA	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRAI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 20/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

6.1.2 Verificação da suficiência do bueiro sugerido na Bacia 1

A solução proposta pela JM Souto envolve o tamponamento do Bueiro Celular existente, de dimensões 2,0x1,5m, e a construção de um novo Bueiro Celular Simples de Concreto, de dimensões 2,5x2,5m, como sendo o pior caso de funcionamento.

Tabela 10 – Dimensionamento do Bueiro da Bacia 1.

Obra Existente		Canal		Orifício		Velocidade crítica	Declivida de crítica
		Q crit.	Q crit.> Q Proj.	Q crit. p/ h'=1,00	Q crit.> Q Proj.		
Tipo	Dimensão	m3/s	TR 25	m3/s	TR 50	m/s	%
BSCC	2,50 x 2,50	16,85	OK	26,17	OK	4,05	0,58

Conclui-se que o Bueiro projetado tem capacidade hidráulica para atender as vazões de 15,52 m³/s (25 anos) como Canal e 15,94 m³/s (50 anos) também como Canal.

6.2 Solução de Drenagem para a Bacia 1 no Km 109+893

Essa abordagem abrangerá três trechos distintos de construção:

6.2.1 1º Trecho:

Bueiro Celular Simples
 Com degraus de 25 cm.
 Extensão aproximada de 26 metros.
 Declividade de 0,5% nos patamares.
 Dimensões 2,50 x 2,50 (Base x Altura)

6.2.2 2º Trecho:

MiniTúnel ou MP100 Circular
 Será construído usando um método não destrutivo.
 Extensão aproximada de 18,00 metros.
 Declividade de 0,5%.
 Dimensões 2,20 x 2,70 (Vão x Altura) – MiniTúnel (Altura mínima de recobrimento de 1,5m)
 Dimensões Ø 2,80, e=0,90m – MP100 Circular (Altura mínima de recobrimento de 0,5m)

6.2.3 3º Trecho:

Bueiro Celular Simples (a jusante)
 Extensão aproximada de 197 metros.
 Declividade de 0,5%.
 Dimensões 2,50 x 2,50 (Base x Altura)

 MRS Logística S.A.	 JMSOUTO ENGENHARIA E CONSULTORIA	COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁI	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893	Nº MRS	PÁGINA	
	EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	21/22	
	Nº JM SOUTO	REV.	
	JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	1	

6.3 Considerações para MP100 Circular

O modelo disponibilizado pela ARMCO é o MP100 Circular 28 C e para garantir a segurança do escoamento, é essencial aplicar uma camada de revestimento de proteção em epóxi no Tunnel Liner, a fim de prevenir efeitos corrosivos na estrutura do bueiro ARMCO. A espessura recomendada pelo fabricante para o bueiro é de 0,90 mm, com uma altura de aterro mínima de 0,50 m.

Importante ressaltar que o revestimento de proteção ele reduz a seção de vazão do dispositivo, na fase de projeto deverá ser avaliado.

6.4 Escavações e Reaterros

Conforme NORMA DNIT 023/2006 – ES a escavação das cavas será feita em profundidade que comporte a execução do berço, adequada ao bueiro selecionado, por processo mecânico ou manual. A largura da cava deverá ser superior à do berço em pelo menos 30cm para cada lado, de modo a garantir a implantação de fôrmas nas dimensões exigidas.

- Assim o volume de escavação é calculado pela expressão:

$$\text{Comprimento (m)} \times \text{Altura Média (m)} \times \text{Base da Escavação (m)}$$

- O escoramento tem sua área calculada sendo duas vezes o valor da altura média;
- A regularização compreende o comprimento do bueiro multiplicado pela base da escavação;
- O volume do berço compreende área do berço (m²) multiplicado pelo comprimento (m);
- O reaterro é calculado pela expressão:

Volume de Escavação (m³) - (Área da Seção da obra (m²) + Área do berço (m²)) x Comprimento (m).

Tabela 11 - Tabela de Memória de Cálculo.

Memória de Cálculo - Obras de arte correntes - Bueiros Celulares / Aduelas						
Estaca	Obra	Comprimento (m)	Área de escavação (m ²)	Base da escavação (m)	Área da Seção da obra (m ²)	Área do berço (m ²)
km 109+893	BSCC 2,50x2,50	241,83	884,19	3,50	9,00	0,33

Resumo - Memória de Cálculo - Obras de arte correntes				
Volume de berço em concreto magro (m ³)	Volume de escavação (m ³)	Regularização (m ²)	Reaterro (m ²)	Escoramento (m ²)
79,80	3094,65	846,39	1089,95	1768,37

OAC	
Obra	Comprimento (m)
BSCC 2,50x2,50	241,83

		COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁI	
PROJETO DETALHADO COMPLEXO VIÁRIO BARRA DO PIRÁI RELATÓRIO TÉCNICO BUEIRO FERROVIÁRIO – KM109+893		Nº MRS EI2204-LC-109-4-RT-A00-002	PÁGINA 22/22
		Nº JM SOUTO JMRS07B9-02-1-EG-RLT-0002	REV. 1

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PFRAFSTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil*. s.l.; DNOS; 1957.

DNIT. Manual de Drenagem de Rodovias. IPR-724. 2ª edição – Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagens – Publicação IPR 715, 2ª edição – Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. Álbum de projetos-tipos de Dispositivos de Drenagem. IPR-736. 5ª edição – Rio de Janeiro, 2018.

U. S. Army Corps of Engineers, “HEC-RAS – River Analysis System – Hydraulic Reference Manual – Institute for Water Resources - version 6.3”, Hydrologic Engineering Center Davis, CA, 2002;

ARMC STACO. Estruturas Corrugadas Multiplate. Edição - 01/2013

8.0 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE SERVIÇOS

São listadas abaixo as Especificações de serviço para Obras Rodoviárias, do DNIT e outras necessárias à execução da Ponte e o Viaduto na cidade de Barra do Piraí.

Tabela 12 – Especificações de Serviço.

DNIT-020_2006_ES	Drenagem-Meios-fios e guias
DNIT-030_2004_ES	Drenagem-Dispositivos de drenagem pluvial
DNIT-081_2006_ES	Remoções no concreto