

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arranjo da <i>Alternativa 3</i> – galeria by-pass (em vermelho); bacia de detenção concentrada (em roxo); muro de proteção (em amarelo); estação de bombeamento (em verde, inserido na bacia de detenção concentrada).....	7
Figura 2 – Trechos da galeria.	9
Figura 3 – Equação de chuva de Joinville.	10
Figura 4 – Carga móvel sobre a galeria - distribuição em planta do trem tipo.	13
Figura 5 – Carga móvel sobre a galeria – distribuição transversal do trem tipo.	13
Figura 6 – Envoltória de esforço cortante (tf).	14
Figura 7 – Envoltória de momento fletor.	14
Figura 8 – Envoltória de força normal.....	15
Figura 9 – Quantidades do BDCC-2.00x2.00 - Classe 30.....	16
Figura 10 – Esforços na base da galeria.	17
Figura 11 – Perfil Geotécnico.	18
Figura 12 – Tabela de seleção do escoramento metálico.	19
Figura 13 – Localização da bacia de detenção concentrada da <i>alternativa 3</i>	26
Figura 14 – Arranjo da bacia de detenção na praça.	26
Figura 15 – Esquema estrutural da bacia de detenção concentrada.	28
Figura 16 – Relação Frequência x Volume x Vazão de Saída para o Rio Mathias na foz com o Rio Cachoeira.....	29
Figura 17 – Detalhe da galeria celular e do conduto forçado (Tripla 1,5x1,5x1,5m).30	
Figura 18 – Detalhe da galeria celular e do conduto forçado (Dupla 2,0x2,0m).....	30
Figura 19 – Detalhe da galeria celular e do conduto forçado (Tripla 2,0x2,0x2,0m).31	
Figura 20 – Detalhe do muro de proteção em amarelo.	32
Figura 21 – Modelo de comporta flap utilizada no projeto. DN = 1.200mm, D = 1.470mm, H = 1.650mm, V = 1.430mm, Peso = 330kg.	33

Figura 22 – Gráfico do custo da estação de bombeamento.....	34
Figura 23 – Arranjo da alternativa 4 – reservatório de detenção linear (em vermelho); estação de bombeamento (Ponto Verde).	36
Figura 24 – Detalhe do Reservatório de Detenção Linear e do Conduto Forçado....	38
Figura 25 – Muro de proteção detalhado em amarelo.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativos entre os períodos de retorno atendidos pelos dispositivos de drenagem para a situação atual e futura de urbanização.	8
Quadro 2 – Intensidade de chuva.....	11
Quadro 3 – Cálculos hidráulicos	12
Quadro 4 – Esforços sobre o escoramento.....	19
Quadro 5 – Dimensionamento do escoramento para estabilidade do fundo.	20
Quadro 6 – Custo do escoramento com reaproveitamento.....	22
Quadro 7 – Parâmetros para o orçamento das galerias.....	24
Quadro 8 – Orçamento da Galeria By-Pass	25
Quadro 9 – Orçamento da bacia de detenção concentrada de 45.000m ³	29
Quadro 10 – Orçamento do conduto forçado.....	31
Quadro 11 – Orçamento do muro de proteção.....	33
Quadro 12 – Orçamento das comportas <i>Flap</i>	34
Quadro 13 – Orçamento da estação de bombeamento.....	35
Quadro 14 – Orçamento da alternativa 3	35
Quadro 15 – Volume disponível na alternativa 3.	36
Quadro 16 – Custo do reservatório de detenção linear.	37
Quadro 17 – Orçamento do conduto forçado.....	38
Quadro 18 – Orçamento do muro de proteção.....	39
Quadro 19 – Orçamento da estação de bombeamento.....	40
Quadro 20 – Orçamento das comportas <i>flap</i>	40
Quadro 21 – Orçamento da alternativa 4.	41

LISTA DE ABREVIATURAS

APP – Área de Preservação Permanente

CA – Rio Cachoeira

CN – Número de Curva

HEC – HMS – Hydrologic Engineering Centers Hydrologic Modeling System

HEC – RAS – Hydrologic Engineering Center River Analysis System

HCM – Highway Capacity Manual

JA – Rio Jaguarão

MT – Rio Mathias

NA – Nível d'Água

PDDU – Plano de Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira

PIB – Produto Interno Bruto

SB – Sub-bacia

SCS – Soil Conservation Service

SPT – Standard Penetration Test

TC – Tempo de Concentração

TR – Tempo de Retorno

WS – Water Surface

Δh – Variação de Nível

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
1.1.	Objetivos e Metas	6
2.	ESTUDO DAS ALTERNATIVAS.....	7
2.1.	ALTERNATIVA 3 – Bacia de Detenção Concentrada, Galerias By-Pass de Condução, Muro de Proteção, Comportas na Foz do Rio Mathias e Estação de Bombeamento no Rio Mathias para o Rio Cachoeira.....	7
2.1.1.	Galeria <i>By-Pass</i>	7
2.1.2.	Orçamento	25
2.1.3.	Bacia de Detenção Concentrada.....	26
2.1.4.	Conduto Forçado	29
2.1.5.	Muro de Proteção.....	32
2.1.6.	Comportas na Foz do Rio Mathias	33
2.1.7.	Estação de Bombeamento no Rio Mathias para o Rio Cachoeira	34
2.1.8.	Orçamento Geral – Alternativa 3.....	35
2.2.	Alternativa 4 – Reservatório de Detenção Linear, Conduto Forçado, Muro de Proteção, Comportas na Foz do Rio Mathias e Estação de Bombeamento no Rio Mathias para o Rio Cachoeira.....	35
2.2.1.	Reservatório de Detenção Linear	36
2.2.2.	Conduto Forçado	38
2.2.3.	Muro de Proteção.....	38
2.2.4.	Estação de Bombeamento no Rio Mathias para o Rio Cachoeira	39
2.2.5.	Comportas na Foz do Rio Mathias para o Rio Cachoeira.....	40
2.2.6.	Orçamento Geral – Alternativa 4.....	40
3.	ALTERNATIVA ESCOLHIDA.....	42
3.1.	ANALISE DE RISCOS	45
4.	REFERÊNCIAS.....	47
5.	ANEXO I – Memória de Cálculo	48
6.	ANEXO II – Planilha Orçamentária	49
7.	ANEXO III – Especificações, Cotações e Composição de Custo	50

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVOS E METAS

As alternativas estudadas tem por objetivo mitigar os efeitos da inundação na bacia do Rio Mathias, reduzindo o risco de danos à população residente de forma econômica e ambientalmente correta.

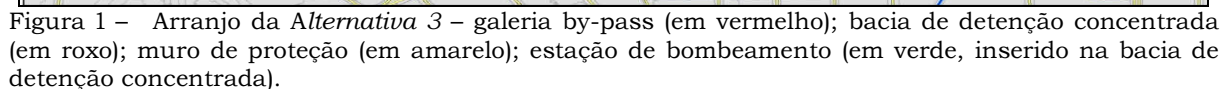
Foi dada preferência para alternativas que não piorem as condições de escoamento à jusante da obra, e em especial, as soluções foram conduzidas visando uma abordagem de retenção dos volumes, em detrimento do escoamento direto, em consonância com as diretrizes dos programas governamentais.

A seleção de alternativas para o controle de inundações do Rio Mathias aponta duas opções viáveis, passíveis de melhor detalhamento. Ambas as opções utilizam sistemas de retenção. Na *Alternativa 3* é previsto uma retenção concentrada junto à foz do Rio Mathias, alimentada por uma galeria by-pass e na *Alternativa 4* a retenção é distribuída no traçado da alternativa anterior, formando um reservatório de retenção linear.

A inundação na bacia do Rio Mathias tem dois componentes: uma devida ao transbordo do Rio Mathias, devido à sua baixa capacidade de escoamento, complicada pelo refluxo do Rio Cachoeira, e a segunda devido ao transbordo do Rio Cachoeira, cujo nível sofre o efeito da maré na Baía da Babitonga. As alternativas estudadas para o controle de inundações do Rio Mathias contemplam o atendimento de ambos os efeitos.

Dados estes estudos, apresentados no relatório *Descrição do Sistema e Definição dos Parâmetros Básicos de Projeto*, foram selecionadas as *Alternativas 3 e 4* para um estudo mais detalhado, descrevendo no que consiste a alternativa, juntamente com o orçamento prévio para execução de cada uma delas. Cabe ressaltar que os orçamentos dispostos no final de cada item das alternativas é simplificado. O orçamento detalhado está apresentado no *ANEXO I – Memorial de Cálculo*.

A *Alternativa 3* consiste de uma galeria *by-pass*, bacia de detenção concentrada, muro de proteção, comportas na foz do Rio Mathias e estação de bombeamento no Rio Mathias, assim como mostra a figura 1.



2.1.1.1. Descritivo

O dimensionamento para TR = 25 anos indica a necessidade de construção de 2.342m de galerias de condução, sendo:

- Trecho 1: 83m de galerias triplas 1,50 x 1,50m (BTCC – 1,50 x 1,50m);
- Trecho 2: 335m de galerias duplas 2,00 x 2,00m (BDCC - 2,00 x 2,00m) e;
- Trecho 3: 1.925m de galerias triplas 2,00 x 2,00m (BTCC - 2,00 x 2,00m), de acordo com o quadro 1 e a figura 2.

Os trechos discriminados acima podem ser mais bem visualizados no *ANEXO III – Prancha MG-01*.

Quadro 1 – Comparativos entre os períodos de retorno atendidos pelos dispositivos de drenagem para a situação atual e futura de urbanização.

SEÇÃO	EXTENSÃO (m)
BTCC-1.50x1.50	83
BDCC-2.00x2.00	335
BTCC-2.00x2.00	1.925
TOTAL	2.343



O memorial de cálculo da galeria *by-pass* esta apresentado no *ANEXO I* e contém os cálculos hidráulicos do dimensionamento da seção da galeria, com as variáveis de velocidade, lâmina de água, inclinação, identificação dos trechos e dos nós, as áreas de contribuição, o tempo de concentração em cada seção, o coeficiente de escoamento e a vazão para TR = 25 anos, de cada segmento.

O dimensionamento da seção hidráulica foi feito pelo Método de Manning, com coeficiente de rugosidade do concreto $n = 0,013$.

A velocidade de escoamento foi limitada entre $0,75\text{m/s} \leq U \leq 4,50\text{m/s}$, correspondente aos limites de sedimentação e de erosão no concreto.

As vazões das bacias de contribuição com área inferior a 150ha (1,5km²) foram calculadas pelo método racional, com coeficiente de escoamento $C = 0,60$. As vazões de bacias maiores que 150ha (1,5km²) foram calculadas com o método do hidrograma unitário, usando o modelo do *Soil Conservation Service*, para a curva de escoamento $CN = 89$, estimado com base no uso do solo e no percentual impermeabilizado da bacia do Rio Mathias.

A chuva de projeto foi definida com duração igual ao tempo de concentração de cada segmento, acrescido do tempo de percurso (*routing cinemático*), não inferior a 10min. Foi utilizada a equação de chuva de Joinville, distribuída temporalmente de acordo com o Método Chicago.

$$I = \frac{1490.58T^{0.1227}}{(t + 14)^{0.799}} \text{ mm/hora}$$

Figura 3 – Equação de chuva de Joinville.

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DO RIO MATHIAS

Quadro 2 – Intensidade de chuva.

TR (ANOS)	2	5	10	15	20	25	50	100
t (min)	i (mm/hora)							
5	153,96	172,28	187,50	197,15	204,23	209,90	228,53	240,82
15	109,78	122,84	133,75	140,57	145,62	149,66	162,95	177,41
30	78,65	88,01	95,82	100,71	104,33	107,22	116,74	127,10
60	51,89	58,07	63,22	66,45	68,83	70,74	77,02	89,86
120	32,27	36,11	39,32	41,32	42,81	44,00	47,90	52,15
240	19,35	21,65	23,57	24,78	25,67	26,38	28,72	31,27
480	11,37	12,72	13,85	14,55	15,08	15,49	16,87	18,37
840	7,34	8,21	8,94	9,39	9,73	10,00	10,89	11,85
1440	4,79	5,36	5,84	6,14	6,36	6,53	7,11	7,74

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DO RIO MATHIAS

Quadro 3 – Cálculos hidráulicos

TRECHO	Nº MON	Nº JUS	VAZÃO	TC	TC+TP	DIMENSÕES			VMED	LAMINA	COMPR	TR	CMED/CN	AREA ha	AREA AC	INC M/M
24	25	24	15,12	10,00	10,53	3	G	1,50	2,62	1,28	83,09	25	0,60	38,14	38,14	0,003151
23	24	23	22,72	10,53	11,56	2	G	2,00	3,20	1,77	197,51	25	0,60	36,73	74,87	0,003151
22	23	22	26,13	11,56	12,25	2	G	2,00	3,29	1,99	137,62	25	0,60	15,81	90,68	0,003151
21	22	21	28,47	12,25	12,65	3	G	2,00	3,09	1,54	73,69	25	0,60	11,50	102,18	0,003151
20	21	20	30,50	12,65	13,38	3	G	2,00	3,13	1,62	137,67	25	0,60	9,60	111,78	0,003151
19	20	19	29,85	13,38	14,08	3	G	2,00	3,12	1,59	131,08	25	0,60	0,00	111,78	0,003151
18	19	18	30,70	14,08	14,76	3	G	2,00	3,14	1,63	127,53	25	0,60	6,17	117,95	0,003151
17	18	17	31,51	14,76	15,43	3	G	2,00	3,16	1,66	126,72	25	0,60	6,05	124,00	0,003151
16	17	16	17,74	15,43	15,88	3	G	2,00	3,05	1,46	83,21	25	89,00	29,48	153,48	0,003151
15	16	15	17,99	15,88	16,57	3	G	2,00	3,06	1,47	125,80	25	89,00	1,11	154,58	0,003151
14	15	14	19,77	16,57	16,90	3	G	2,00	3,12	1,59	62,33	25	89,00	14,03	168,61	0,003151
13	14	13	20,21	16,90	17,88	3	G	2,00	3,13	1,61	182,88	25	89,00	3,63	172,24	0,003151
12	13	12	21,17	17,88	18,81	3	G	2,00	3,16	1,67	176,34	25	89,00	6,96	179,20	0,003151
11	12	11	23,12	18,81	19,14	3	G	2,00	3,22	1,80	65,16	25	89,00	16,39	195,59	0,003151
10	11	10	25,64	19,14	20,04	3	G	2,00	2,33	1,83	125,90	25	89,00	20,86	216,45	0,001646
9	10	9	25,68	20,04	20,24	3	G	2,00	2,33	1,83	28,19	25	89,00	0,00	216,45	0,001646
8	9	8	26,06	20,24	20,55	3	G	2,00	2,34	1,86	42,21	25	89,00	2,82	219,27	0,001646
7	8	7	25,94	20,55	20,96	3	G	2,00	2,34	1,85	57,92	25	89,00	0,00	219,27	0,001646
6	7	6	25,95	20,96	21,38	3	G	2,00	2,34	1,85	58,75	25	89,00	0,00	219,27	0,001646
5	6	5	26,17	21,38	21,69	3	G	2,00	2,34	1,86	44,31	25	89,00	2,14	221,41	0,001646
4	5	4	26,30	21,69	22,25	3	G	2,00	2,35	1,87	78,12	25	89,00	0,92	222,33	0,001646
3	4	3	26,23	22,25	22,93	3	G	2,00	2,34	1,87	96,56	25	89,00	0,00	222,33	0,001646
2	3	1	26,96	22,93	24,08	3	G	2,00	2,36	1,91	161,52	25	89,00	5,44	227,76	0,001646
1	1	2	27,03	24,08	24,59	3	G	2,00	2,36	1,91	72,58	25	89,00	1,75	229,52	0,001646

Para estimativa da taxa de aço, a seção do bueiro duplo celular de concreto BDCC - 2,00 x 2,00m foi dimensionada estruturalmente, considerando um trem tipo TB-30, que corresponde à Classe 30 da NBR-7188.

A hipótese de carga corresponde aos veículos lado a lado na pista, com o trecho mais carregado destacado em vermelho, na figura 4:

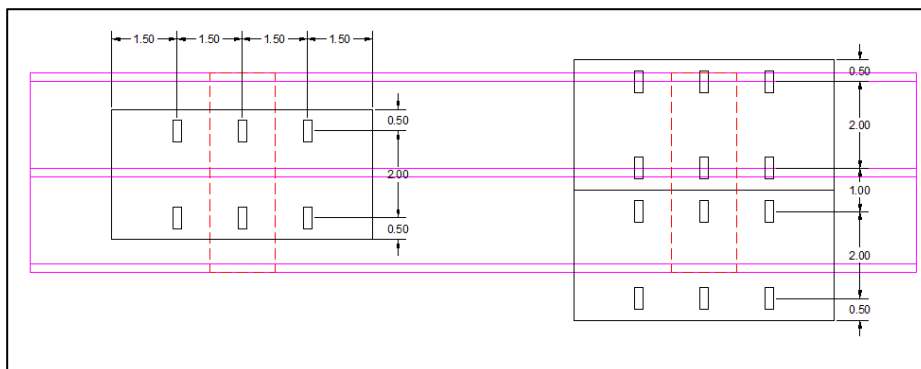


Figura 4 – Carga móvel sobre a galeria - distribuição em planta do trem tipo.

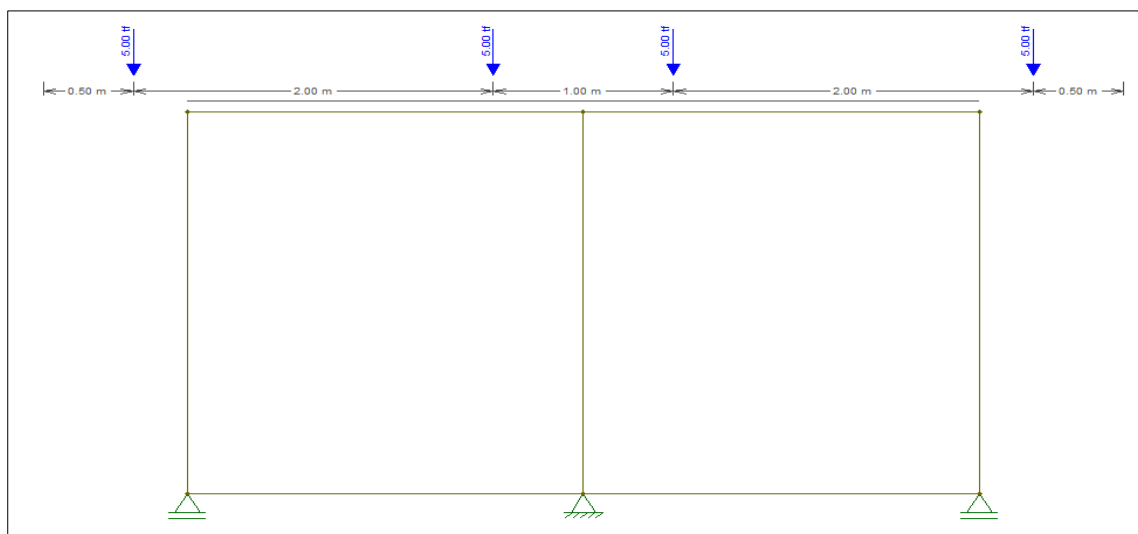


Figura 5 – Carga móvel sobre a galeria – distribuição transversal do trem tipo.

Esta condição de carga corresponde ao tráfego longitudinal das cargas paralelas ao eixo da galeria. No sentido longitudinal a seção caixão é infinitamente rígida e produz uma tensão uniforme, absorvida pelas armaduras mínimas das paredes.

Os esforços sobre a galeria têm as envoltórias representadas conforme as figuras 6, 7 e 8.

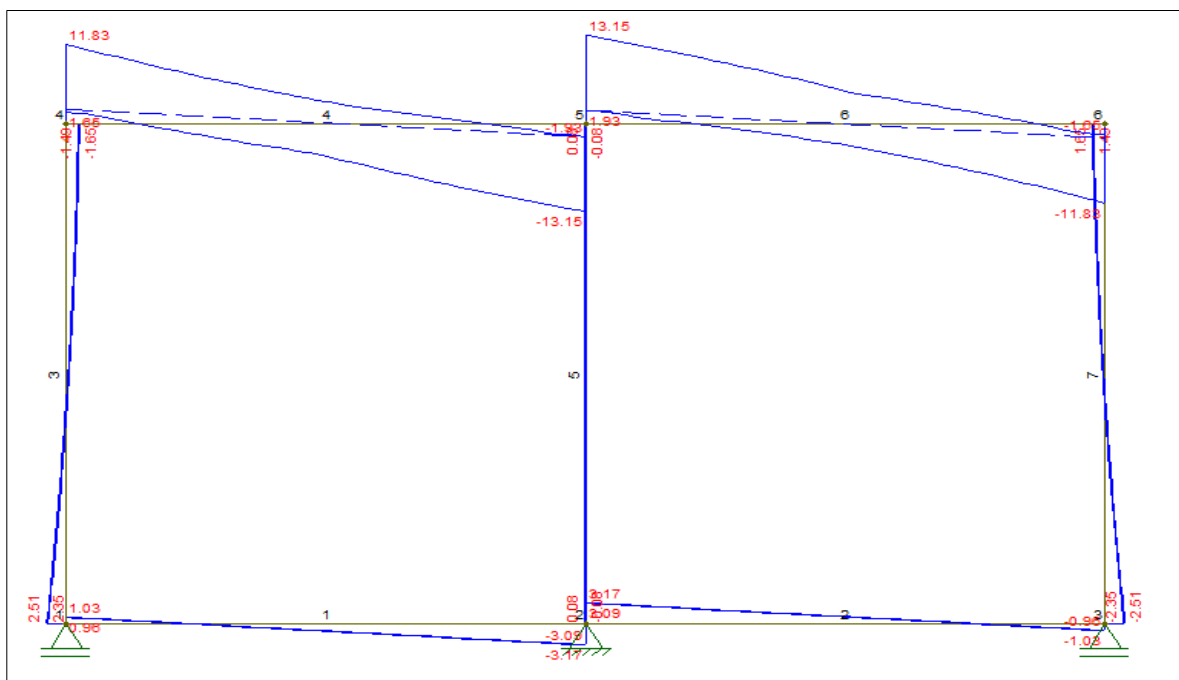


Figura 6 – Envoltória de esforço cortante (tf).

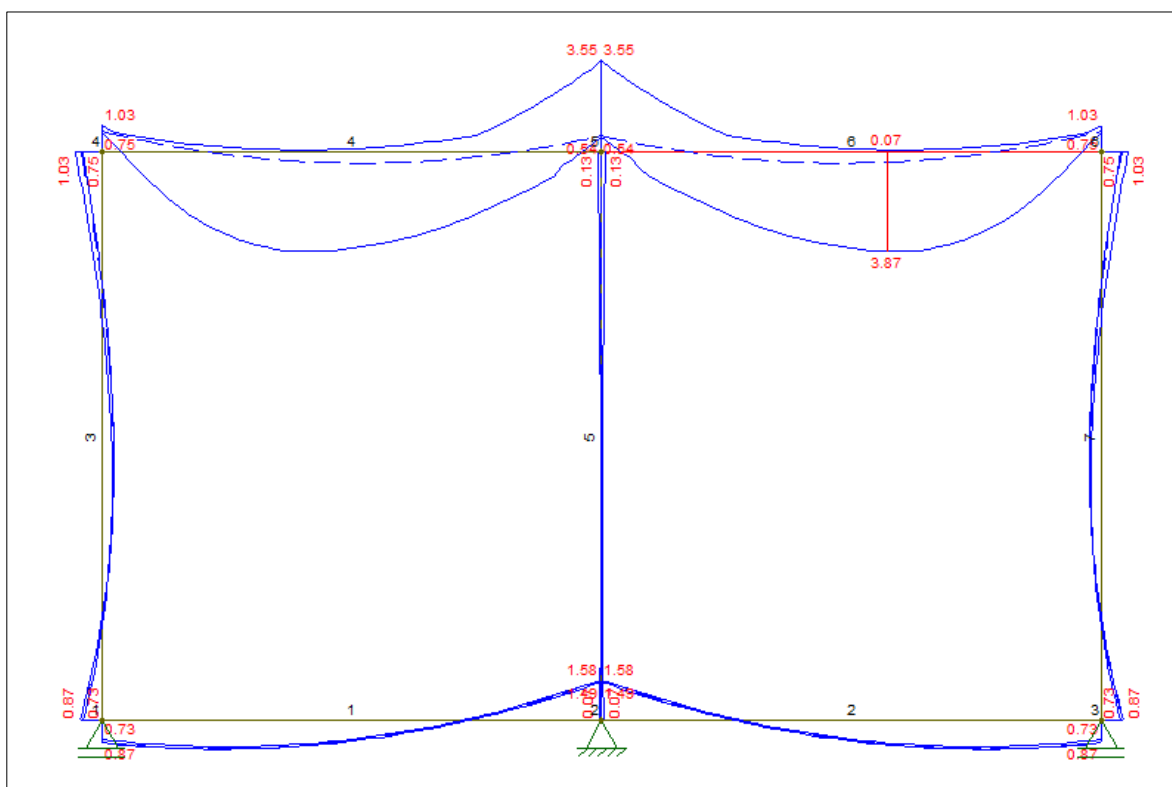


Figura 7 – Envoltória de momento fletor.

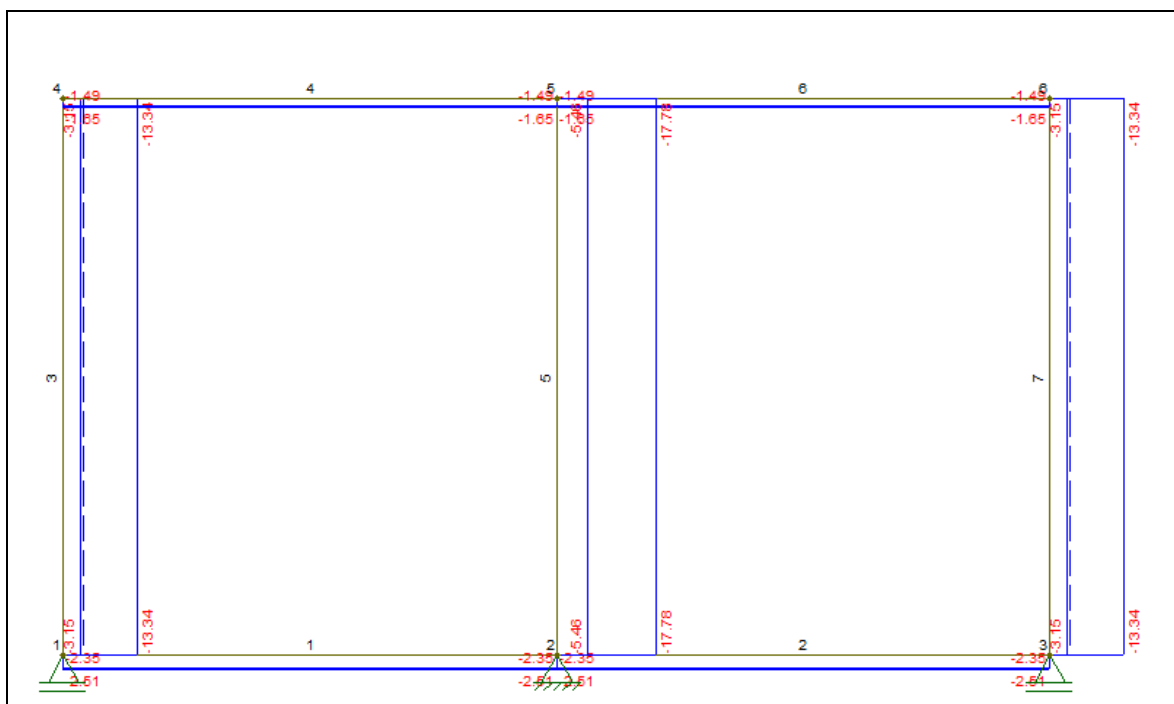


Figura 8 – Envoltória de força normal.

O dimensionamento da galeria conduz à uma seção mais espessa nas lajes de topo e de fundo ($e = 30\text{cm}$), a espessura das lajes é governada pela força cortante.

A flexão não é crítica, sugerindo que a parede de apoio central poderia ser eventualmente suprimida. A supressão do apoio central concentraria os esforços das fundações sobre as bordas externas, implicando num apoio sobre estacas.

Nesta configuração o apoio central foi mantido para uniformizar a pressão sobre a fundação. A configuração obtida está apresentada na figura 9, para uma célula de 1,50m de comprimento.

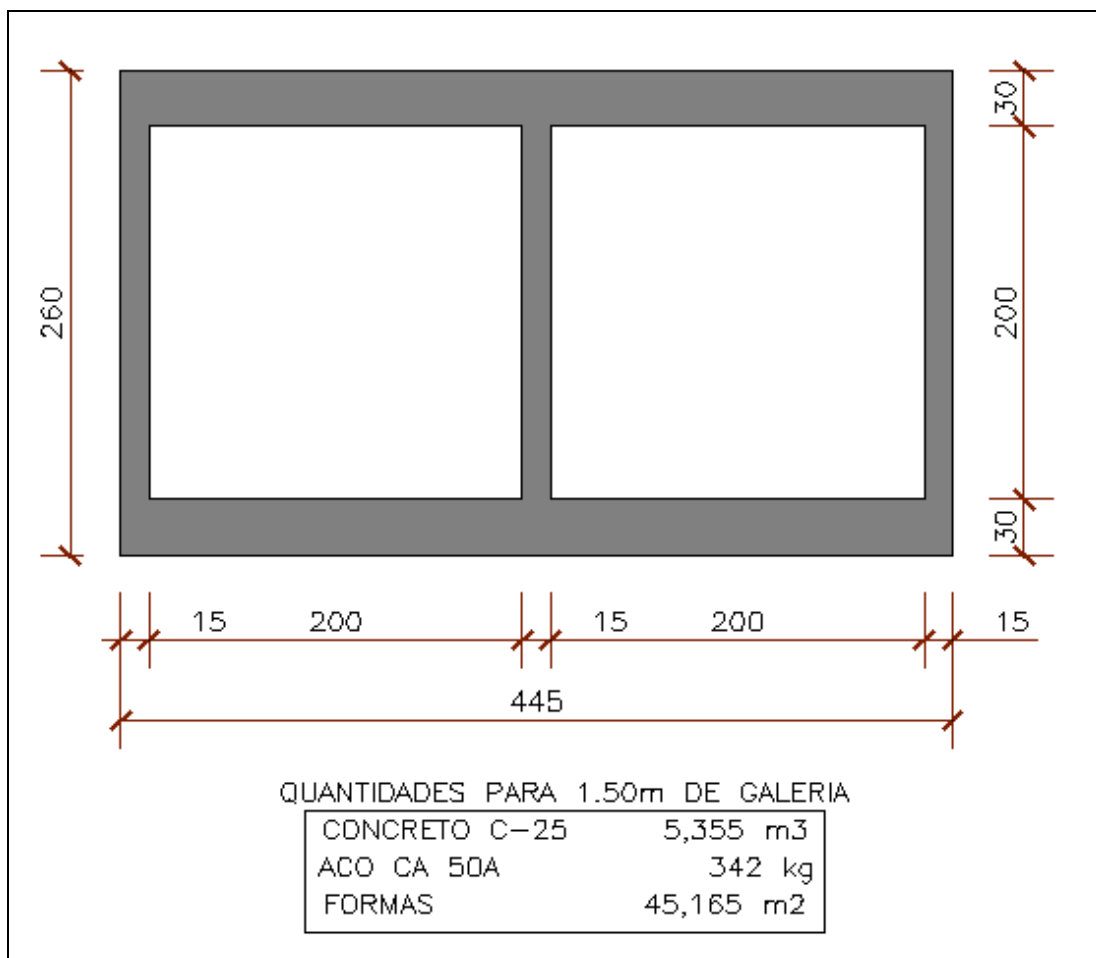


Figura 9 – Quantidades do BDCC-2.00x2.00 - Classe 30.

Esta galeria celular produz esforços da ordem de $9,7\text{tf/m}^2$ na laje de fundação, o que exige no mínimo $\text{SPT} > 5$ na base da galeria. O cálculo foi feito discretizando a fundação com um sistema de molas, a cada 0,55m.

As molas tem constante de 533tf/m , correspondente ao coeficiente de reação elástica $K = 646\text{tf/m}^2/\text{m}$ integrado na seção de $1,50 \times 0,55\text{m}$ da fundação da galeria.

O coeficiente de reação elástica (K) foi calculado pela relação entre a pressão admissível de 10tf/m^2 e o recalque de 1,30cm estimado pela fórmula de Decour para o carregamento máximo.

O perfil geotécnico indica que o solo com $\text{SPT} > 5$ se situa entre 1 e 11m de profundidade, exigindo remoção, numa espessura média de 2,08m, contada em toda a extensão do eixo. O solo removido seria substituído por 0,50m de areia e 2,00m de rachão. A espessura média foi usada nesta fase como estimativa de preço

para avaliação econômica, pois não é viável fazer troca de solo com 11m de profundidade.

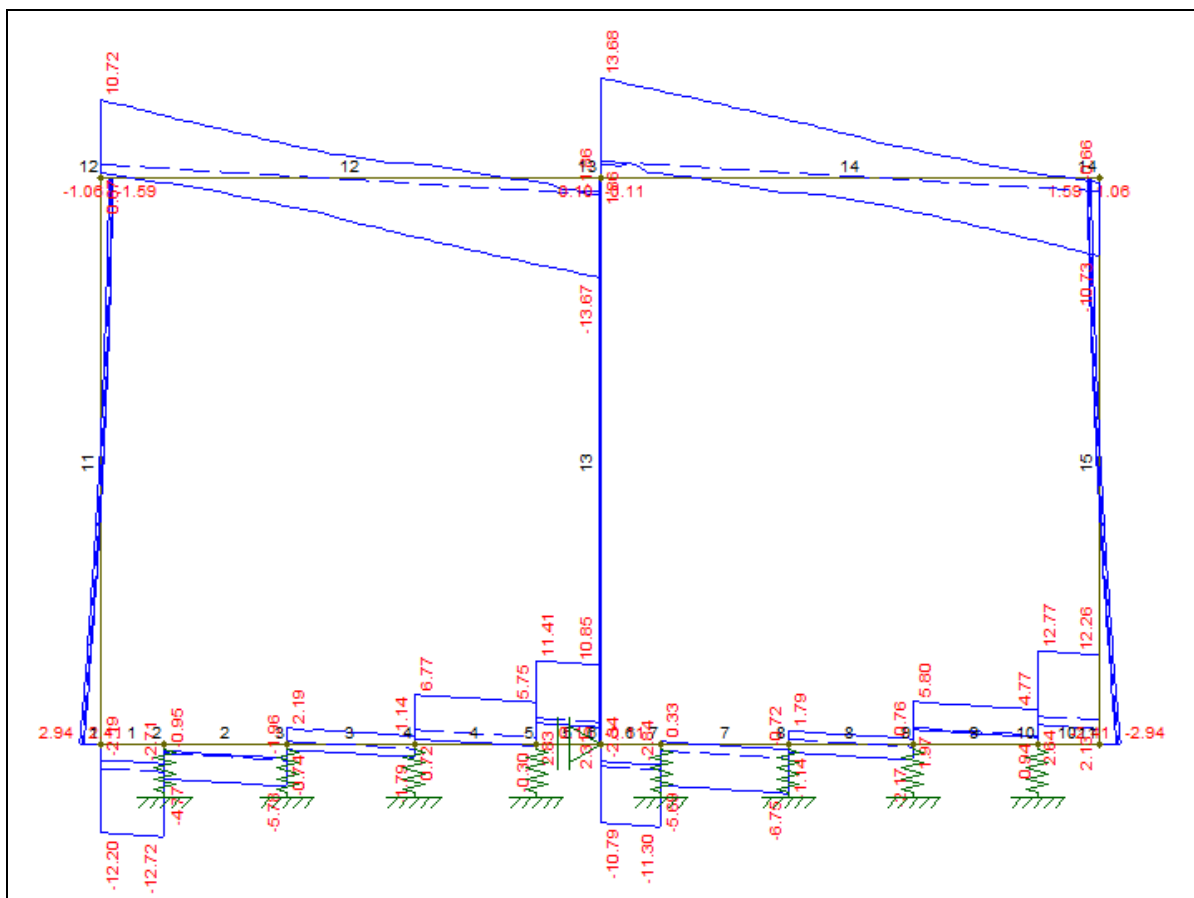


Figura 10 – Esforços na base da galeria.

Esta remoção exige uma escavação média de 4,70m de altura, o que implica no uso obrigatório de escoramento ($h > 1,50\text{m}$). Foi proposto escoramento com perfil metálico por ser estanque, resistente e reaproveitável (estimado em 3 vezes). Durante o processo de cravação a transmissão de vibrações às construções vizinhas será minimizada.

Com 4,7m de profundidade, surgem esforços de 9,31tf/m nos escoramentos, devido ao empuxo ativo, com momentos de 13,17tf.m/m.

Os esforços foram calculados pela fórmula de Columb, com peso específico de $1,8\text{t/m}^3$ e ângulo de atrito de 16° , correspondente à aplicação do redutor de Caquot aplicado a um solo de ângulo de atrito não remoldado de 24° . O coeficiente de empuxo ativo utilizado foi $K_a = 0,57$.

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DO RIO MATHIAS

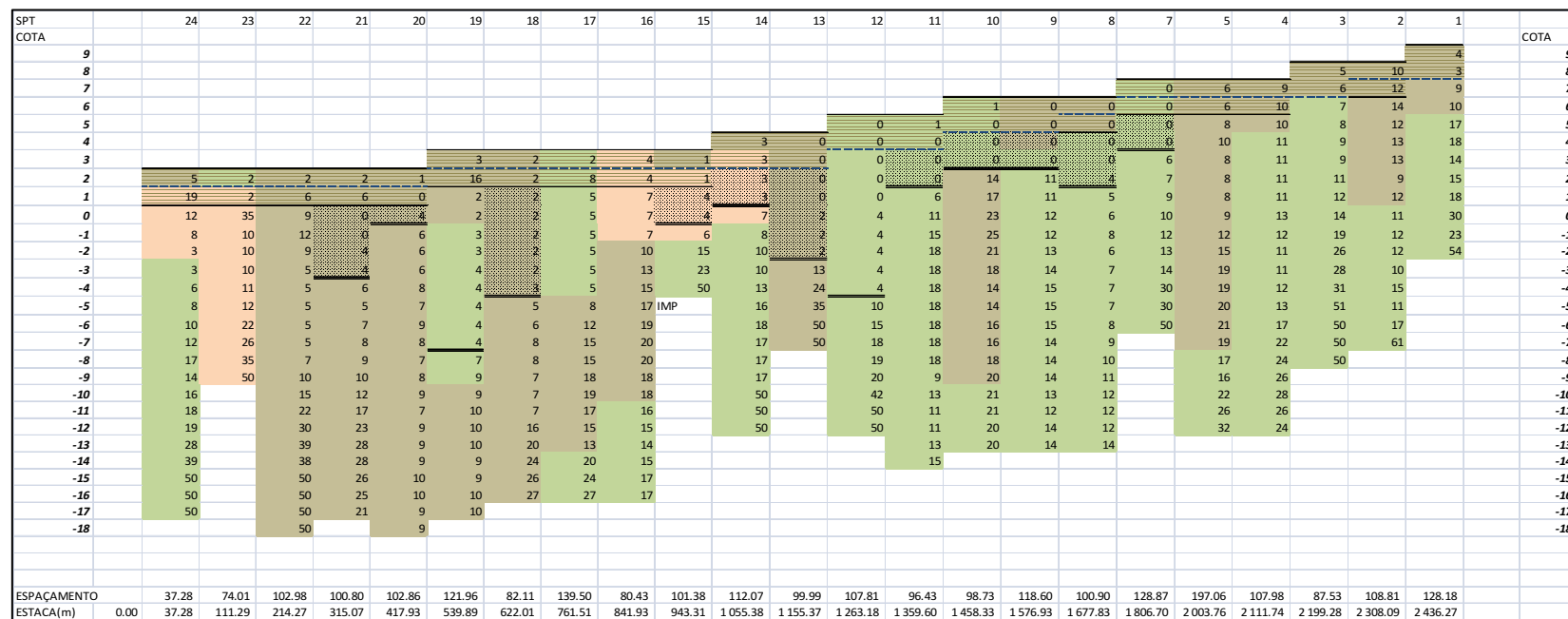



Figura 11 – Perfil Geotécnico.

A seção necessária é a GU 7-600, com arranjo composto com seção plena a cada 4 placas, de acordo com o quadro 4:

Quadro 4 – Esforços sobre o escoramento.

Altura Média	4,7 m
Hk	9,31 tf/m
Mk	13,17 tf.m/m
f_y	2.400
As _{min} (cm)	10
Wmin (cm ³)	854 GU7-600 (C-1/4)
kg/m ²	97,9

Paredes Combinadas
Estacas box CGU – Estacas-prancha GU



Seção		1/1			1/2			1/3			1/4		
Nome	Nome antigo	Massa	Momento de Inércia	Modulo de Seção Elástico	Massa	Momento de Inércia	Modulo de Seção Elástico	Massa	Momento de Inércia	Modulo de Seção Elástico	Massa	Momento de Inércia	Modulo de Seção Elástico
		kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m	kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m	kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m	kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m
GU 7-600	G46	156.6	30 540	1 745	117.4	17 300	990	104.4	17 750	1 015	97.9	15 540	850
GU 8-600	G46/P1	172.7	34 600	1 965	129.5	19 520	1 110	115.1	19 990	1 135	107.9	17 480	955
GU 9-600	G46/P2	189.9	38 880	2 195	142.4	21 850	1 235	126.6	22 340	1 260	118.7	19 500	1 060

Figura 12 – Tabela de seleção do escoramento metálico.

A resistência do perfil corresponde ao aço MR-240, com $f_y = 2.400 \text{ kgf/cm}^2$. O modulo de inércia requerido é $W = 854 \text{ cm}^3$, o perfil selecionado tem $W = 850 \text{ cm}^3$ e pesa $97,9 \text{ kg/m}^2$.

Considerando que o nível de água esta em média, a 1,0m da superfície, há a necessidade de utilizar o escoramento como cortina, com a cravação de uma ficha que manterá a estabilidade do fundo da cava.

O cálculo da dimensão da ficha necessária indica “2h” de profundidade, sendo “h” a altura de escavação, em média 4,7m para garantir um coeficiente de segurança $FS \geq 1,5$ para o fundo da cava.

Os cálculos de estabilidade da cava estão apresentados no quadro 5, e seguem a formulação de “CAPUTO - Mecânica dos Solos e suas Aplicações- V2, pg 252”:

Quadro 5 – Dimensionamento do escoramento para estabilidade do fundo.

Z topo=	2	m
Z Na=	1	m
Z Ficha=	-15	m
Z Fundo=	-2	m
g sat=	1,8	t/m ³
g sub=	0,8	t/m ³
f=	16	
Nq=	4,3	
He=	4	m/m
Hna=	3	m/m
F=	4,7	Comprimento mínimo da fundação
i=	0,1034	m/m
se=	12,94	tf/m ²
si=	9,06	tf/m ²
Nq si=	39,26	tf/m ²
Fs=si Nq/se=	1,5	>3
C=	9,67	> 6.5 a 8.5 Hna

A estabilidade do fundo é verificada quando o coeficiente de segurança “Fs” é superior a 1,5, aceitável para uma obra de escoramento temporário. O coeficiente de segurança é definido pela relação entre o produto do fator de resistência do solo (Nq) pela tensão vertical interna (oi) e a tensão vertical interna (oe), e exprime em resumo quanto o terreno é capaz de resistir à pressão de água do entorno.

Além da estabilidade de fundo, a velocidade de percolação precisa ser controlada para que não ocorra solapamento da base. Isso é conseguido impondo-se aos solos argilosos um gradiente hidráulico L/i entre 6,50 e 8,50 (CAPUTO - Mecânica dos Solos e suas Aplicações - V2, pg 482).

Na prática, o melhor processo consiste em aumentar o percurso da água incrementando o tamanho da ficha da cortina, cujo comprimento submerso conta em dobro.

O escoramento metálico foi proposto visando seu reaproveitamento ao longo do trabalho.

O custo do escoramento com reaproveitamento foi avaliado usando uma composição de custo de Maio/2012 da PMSP, atualizando o peso do perfil, e resulta em 422,16 R\$/m² (sem BDI), conforme demonstrado no quadro 6.

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DO RIO MATHIAS

Quadro 6 – Custo do escoramento com reaproveitamento.

CÓDIGO	NOME DO SERVIÇO		UNID	CUSTO UNIT.	COEF.	UNID.	Vparc	VALOR R\$/m²
	CÓDIGO INSUMO	NOME INSUMO						
07-03-01	ESCORAMENTO PARA GALERIAS MOLDADAS, UTILIZANDO PERFIS METÁLICOS, COM REAPROVEITAMENTO - PROFUNDIDADE < OU = 4M, COM BOCA DE 3 À 5M					M²		422,16
	02001	AJUDANTE GERAL (SGSP)	H	11,1939	2,000000		22,3878	
	02196	MONTADOR DE ESCORAMENTO METÁLICO (SGSP)	H	13,2614	0,500000		6,6307	
	02228	SOLDADOR (SGSP)	H	17,7588	0,400000		7,1035	
	11230	CHAPAS E ACESSÓRIOS PARA ESCORAMENTO	Kg	2,6900	0,300000		0,8073	
	30640	PERFIL DE AÇO ASTM-36	KG	3,2000	105,366100		337,1717	
	84009	ELETRODO AWS E 6010 DE 4MM (5/32")	Kg	14,4700	0,650000		9,4077	
	87010	ACETILENO INCLUSIVE ACETONAGEM	Kg	33,4000	0,200000		6,6794	
	87040	OXIGÊNIO (SOMENTE A CARGA)	M3	7,1000	0,600000		4,2625	
	94030	GUINDASTE DE LANÇA FIXA SOBRE ESTEIRAS - 12 T	H	75,7500	0,160000		12,1204	
	94203	BATE ESTACAS (COMPLEMENTO 22B)	H	2,4400	0,080000		0,1952	
	94245	GUINDASTE HIDRÁULICO SOBRE PNEUS - 20/25 T	H	164,5000	0,080000		13,1603	
	94254	MÁQUINA DE SOLDA-RETIFICADOR 500A	H	5,5900	0,400000		2,2354	

A cravação e a recuperação dos perfis metálicos utilizariam equipamentos bastante pesados, provocando o bloqueio da via nestas duas etapas de utilização.

Na avaliação de custos as quantidades de aço, formas e concreto foram estimadas com base na geometria das seções hidráulicas, considerando as espessuras calculadas para a seção dupla 2,00 x 2,00m como referência.

Os valores utilizados foram obtidos a partir dos parâmetros apresentados no quadro 7.

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DO RIO MATHIAS

Quadro 7 – Parâmetros para o orçamento das galerias.

COMPRIMENTO	CÉLULAS	DIMENSÃO	ÁREA DE CONCRETO (m ²)	VOLUME DE CONCRETO (m ³)	ÁREA DE FORMAS DA SEÇÃO (m ²)	TOTAL DE FORMAS	LARGURA DO FUNDO	ÁREA DO FUNDO (m ²)
83,09	3X	1,5	3,96	329,03	32,1	2.667,19	5.1	423.76
335,14	2X	2	3,57	1.196,45	30,1	10.087,71	4.45	1.491,37
1925,00	3X	2	5,16	9.933,00	42,4	81.620,00	6.6	12.705,00
TOTAIS				11.458,48		94.374,90		14.620,13

No quadro 7, a área de concreto foi calculada usando o número de células e as dimensões internas da seção hidráulica, com paredes laterais de 0,15m e lajes de topo e fundo de 0,30m.

O volume de concreto total foi calculado somando o produto do comprimento da galeria pela área de concreto de cada trecho. O mesmo procedimento foi feito para as formas.

A área do fundo, produto do comprimento pela largura da galeria foi utilizada para estimar o volume de troca de solo com a altura média de 2,50m.

O transporte das peças pré-moldadas foi estimado com base no peso das peças e uma DMT de 12km.

Para o içamento foi previsto o uso de um guindaste durante 12 meses de execução da galeria.

O escoramento foi calculado usando-se 2 lados com 2.343m de extensão e comprimento de 10,2m, onde 2,6m corresponde a altura da galeria, 2,5m a altura da troca de solo e 5,1m corresponde à ficha para estabilização do fundo e engaste do escoramento.

A cravação de estacas prancha metálicas como escoramento teria um custo considerável, porém esta solução é mais barata, mas não é estanque o suficiente para garantir a estabilidade do fundo e a manutenção do nível do lençol freático fora da galeria, o que poderia produzir recalques nas construções laterais.

2.1.2. Orçamento

O custo estimado para execução dos 2.343m de galerias, com base nos dados expostos, foi estimado em R\$ 35 milhões, conforme o quadro 8.

Quadro 8 – Orçamento da Galeria By-Pass

ITEM	TOTAL (R\$)
Galeria By-Pass	27.333.378,53
BDI (30%)	8.200.013,56
TOTAL	35.533.392,09

2.1.3. Bacia de Detenção Concentrada

2.1.3.1. Descritivo

O sistema de condução da *alternativa 3* deságua numa bacia de detenção concentrada, que é esvaziada com a operação de uma estação de bombeamento.

A bacia de detenção concentrada, localizada na praça entre as Ruas Nove de Março e Quinze de Novembro e entre as Ruas Dona Francisca e Avenida José Vieira, conforme mostrado na figura 13, tem uma área de 8.547m².



Figura 13 – Localização da bacia de detenção concentrada da *alternativa 3*.



Figura 14 – Arranjo da bacia de detenção na praça.

A bacia de detenção seria implantada no perímetro marcado em preto, na figura 14, exigindo a remodelação da superfície da praça, mas sem causar demolição das edificações lindeiras.

O arranjo construtivo consiste em um perímetro de cortinas (traço preto grosso na figura 14), que serve de apoio, contenção lateral e estabilização de fundo.

No perímetro utilizou-se estacas barrete (parede diafragma), escavadas com lama bentonítica, que tem custo unitário menor que as estacas de perfis de aço, e tem estanqueidade. O perímetro de estacas barrete aparece em magenta na figura 15 e tem 516m de extensão. Esta extensão será usada para estimar o custo das cortinas, quando se variar a altura útil do reservatório.

Ainda na figura 15, aparecem longarinas (em azul) descarregando em pilares circulares (círculos pretos). Os pilares são espaçados de 8,90m, que é a mesma modulação usada nas transversinas.

Os pilares são circulares tem carga de 217tf, e são calculados para ter índice de esbeltez $l = 40$, dimensionado a compressão simples, sem flambagem. O prolongamento do pilar será a estaca de fundação, uma vez que o processo executivo será de escavação de estacas de grande diâmetro com uso de lama bentonítica, adequada ao solo local, especialmente devido ao nível de água. As quantidades foram uniformizadas para o diâmetro de 1,50m, o que resultou numa extensão longa para as estacas (23m), aplicável a nível de estimativa de orçamento.

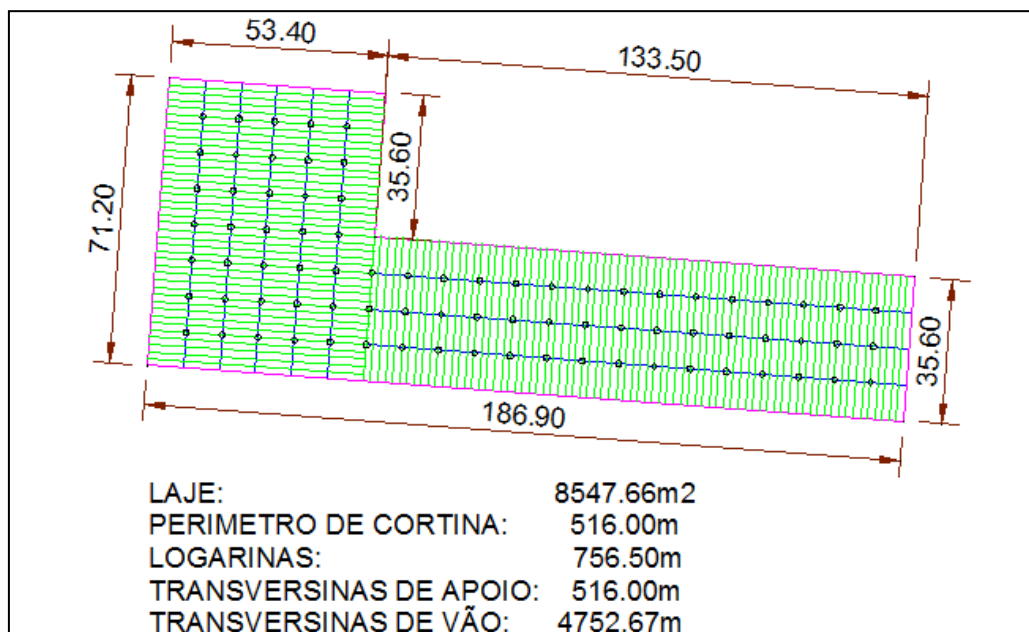


Figura 15 – Esquema estrutural da bacia de detenção concentrada.

O custo da bacia de detenção foi estimado fazendo variar a altura útil do reservatório, em função do volume desejado.

A altura é convertida em volume de concreto para os pilares e para as cortinas de contenção do perímetro. As cortinas foram estimadas com espessura de 1,0m, e profundidade tal que operem como fundação e vedação, por isso, além da capacidade de carga como estaca, o comprimento da cortina reflete também o necessário para a estabilidade do fundo da cava e a proteção contra o sifonamento da base.

2.1.3.2. Orçamento

Foram estudados 4 volumes diferentes, correspondentes à pontos estratégicos da operação da bacia de detenção. Os volumes de detenção guardam uma relação com a vazão de saída da exutória, em último caso, da estação de bombeamento, conforme se demonstra na figura 16.

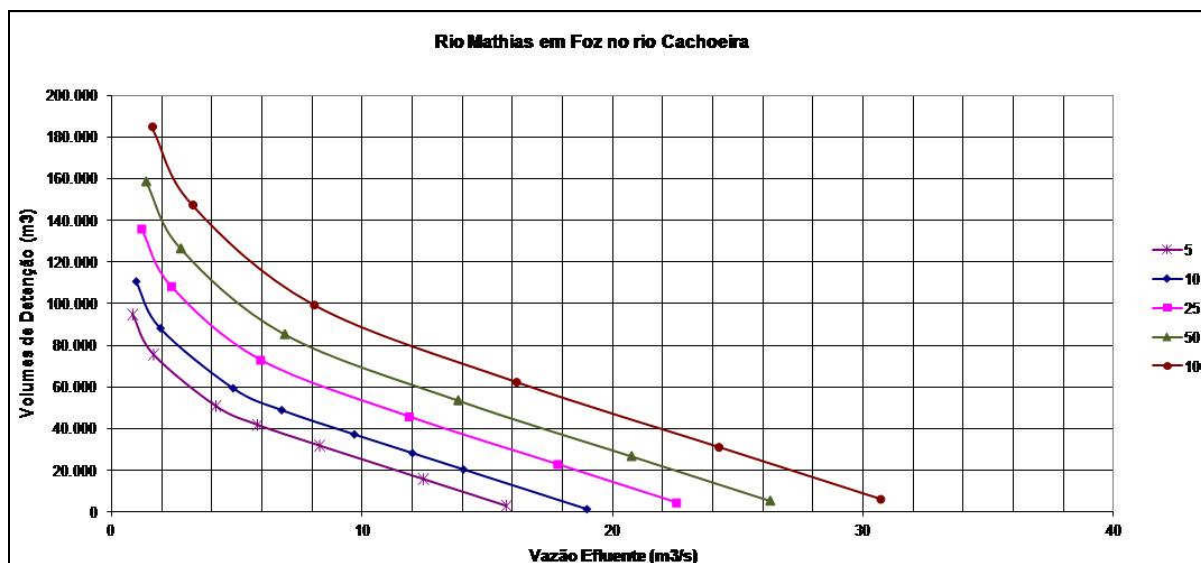


Figura 16 – Relação Frequência x Volume x Vazão de Saída para o Rio Mathias na foz com o Rio Cachoeira.

Dentre as opções estudadas, a que apresenta melhor custo benefício é a Bacia de Detenção Concentrada de 45.000³ que corresponde à uma vazão de 12 m³/s na estação de bombeamento. Neste caso a altura útil do reservatório seria de 5,32m.

As cortinas teriam uma profundidade de 24,82m. O dimensionamento crítico é a estabilidade do fundo da cava, sujeito a pressão de 6,32 mca.

O custo estimado para a bacia de detenção concentrada de 45.000m³ é de R\$ 51 milhões. A composição do custo esta demonstrada na tabela a seguir.

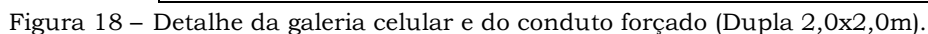
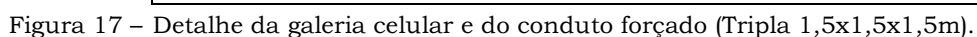
Quadro 9 – Orçamento da bacia de detenção concentrada de 45.000m³.

ITEM	TOTAL (R\$)
Bacia de Detenção Concentrada	39.496.706,90
BDI (30%)	11.849.012,07
TOTAL	51.345.718,97

2.1.4. Conduto Forçado

2.1.4.1. Descritivo

Para otimizar o uso da bacia de detenção, concentrada ou distribuída, será disposto externamente à galeria *by-pass* um conduto forçado, para drenagem das



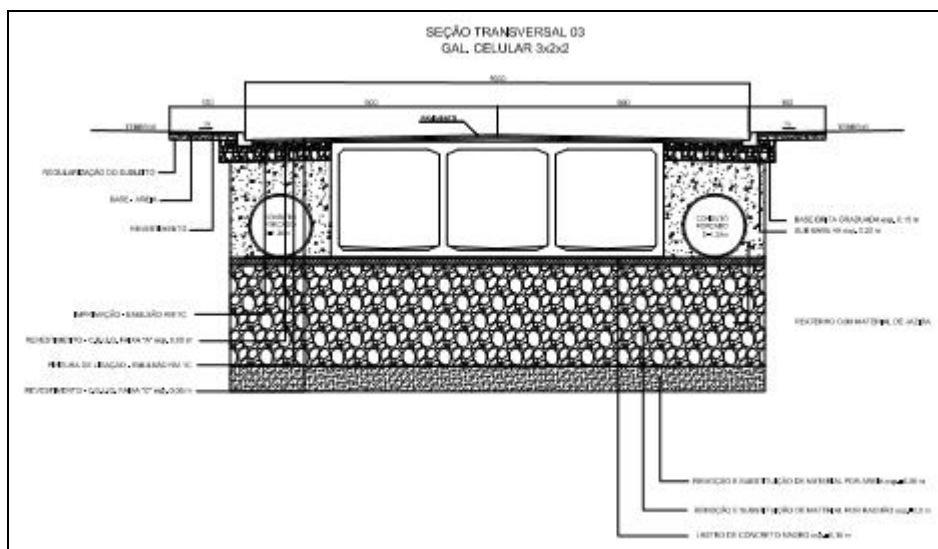


Figura 19 – Detalhe da galeria celular e do conduto forçado (Tripla 2,0x2,0x2,0m).

O traçado da galeria de detenção vai até a rua Euzébio de Queiroz, na cota +9,35m. Considerando uma folga de 1,00m, o nível de água de montante ficaria limitado à NA = 8,35m, com nível de jusante na cota NA = 2,50m, uma linha de conduto forçado poderia conduzir até 2,68m³/s, conforme o cálculo demonstrado no ANEXO I – *Memorial de Cálculo*.

Considerando que a vazão da cabeceira da galeria é de 15,10m³/s, cada conduto representa em torno de 18% de redução da vazão.

Devido ao limitado espaço da rua onde será feita a galeria, temos largura para apenas 2 condutos, o que poderia totalizar 36% a menos de volume na bacia de detenção.

2.1.4.2. Orçamento

O custo do conduto forçado para 2 linhas com total de 2.343m de extensão esta estimado em R\$ 10,5 milhões.

Quadro 10 – Orçamento do conduto forçado.

ITEM	TOTAL (R\$)
Conduto Forçado	8.091.025,15
BDI (30%)	2.427.307,55
TOTAL	10.518.332,70

Quadro 11 – Orçamento do muro de proteção

ITEM	TOTAL (R\$)
Muro de Proteção	3.865.388,79
BDI (30%)	1.159.616,64
TOTAL	5.025.005,43

2.1.6. Comportas na Foz do Rio Mathias

2.1.6.1. Descritivo

Para a proteção contra inundação ser efetiva, esta prevista a implantação de dispositivos que evitem o refluxo pelo Rio Mathias e pela rede de microdrenagem existente. Estes dispositivos são as comportas *flap* (comportas de maré), conforme figura 21, que funcionam como válvulas de retenção, mantendo o fluxo em um único sentido. Na alternativa 3, estão previstas 5 comportas, sendo 3 na saída da estação de bombeamento e 2 na saída do conduto forçado para o Rio Cachoeira.

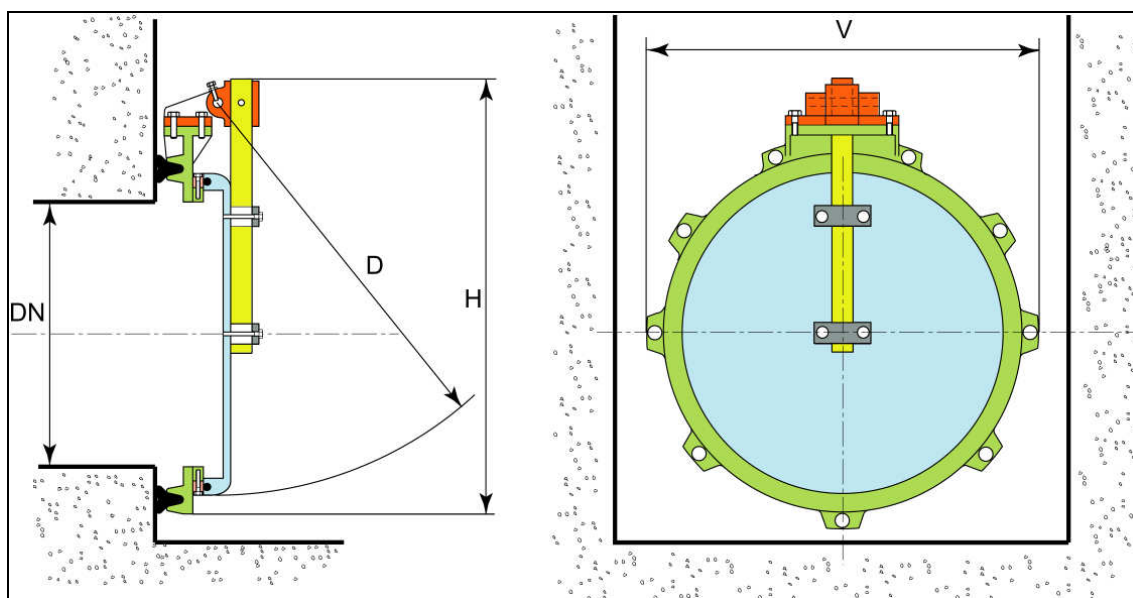


Figura 21 – Modelo de comporta flap utilizada no projeto. DN = 1.200mm, D = 1.470mm, H = 1.650mm, V = 1.430mm, Peso = 330kg.

2.1.6.2. Orçamento

O custo de implantação das comportas esta discriminado no quadro 12.

Quadro 12 – Orçamento das comportas *Flap*

ITEM	TOTAL (R\$)
Comportas <i>Flap</i>	148.506,32
BDI (30%)	44.551,90
TOTAL	193.058,22

2.1.7. Estação de Bombeamento no Rio Mathias para o Rio Cachoeira

2.1.7.1. Descritivo

A estação de bombeamento, composta por 3 bombas com capacidade de bombear $12\text{m}^3/\text{s}$ estão localizadas dentro da bacia de detenção concentrada, e juntas possuem uma capacidade de bombeamento de $36\text{m}^3/\text{s}$.

2.1.7.2. Orçamento

As estações de bombeamento tem um custo proporcional à sua capacidade de vazão. Com base no módulo de $4\text{m}^3/\text{s}$ de uma bomba individual, os custos das demais estações foi estimado e adicionado ao custo da bacia correspondente, indicando uma região ideal em torno de $12\text{m}^3/\text{s}$ de vazão, conforme figura 22.

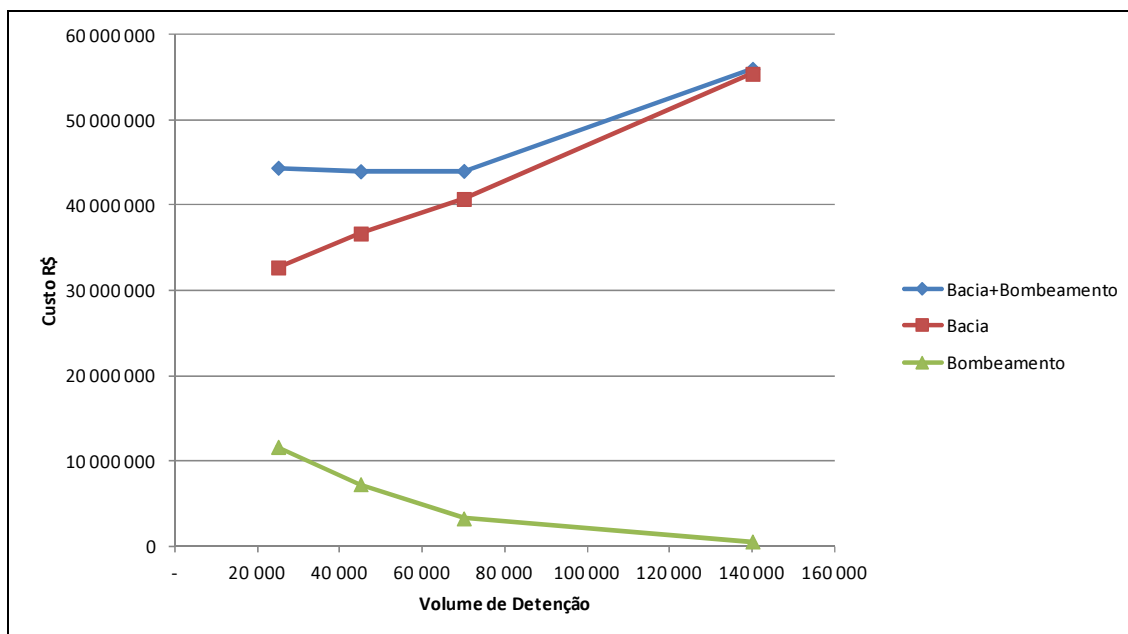


Figura 22 – Gráfico do custo da estação de bombeamento.

O custo efetivo da estação de bombeamento esta apresentado no quadro 13.

Quadro 13 – Orçamento da estação de bombeamento.

ITEM	TOTAL (R\$)
Estação de Bombeamento	5.933.373,69
BDI (30%)	1.780.012,11
TOTAL	7.713.385,80

2.1.8. Orçamento Geral – Alternativa 3

O orçamento total da *alternativa 3*, que engloba todos os custos dos itens apresentados anteriormente, esta discriminado no quadro 14.

Quadro 14 – Orçamento da alternativa 3

ITEM	TOTAL (R\$)
Alternativa 3	86.168.379,38
BDI (30%)	25.850.513,82
CUSTO TOTAL DA ALTERNATIVA 3	112.018.893,21

2.2. ALTERNATIVA 4 – RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO LINEAR, CONDUTO FORÇADO, MURO DE PROTEÇÃO, COMPORTAS NA FOZ DO RIO MATHIAS E ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO NO RIO MATHIAS PARA O RIO CACHOEIRA

A *alternativa 4* consiste de um reservatório de detenção linear, muro de proteção, comportas na foz do Rio Mathias e estação de bombeamento no Rio Mathias, assim como mostra a figura 23.

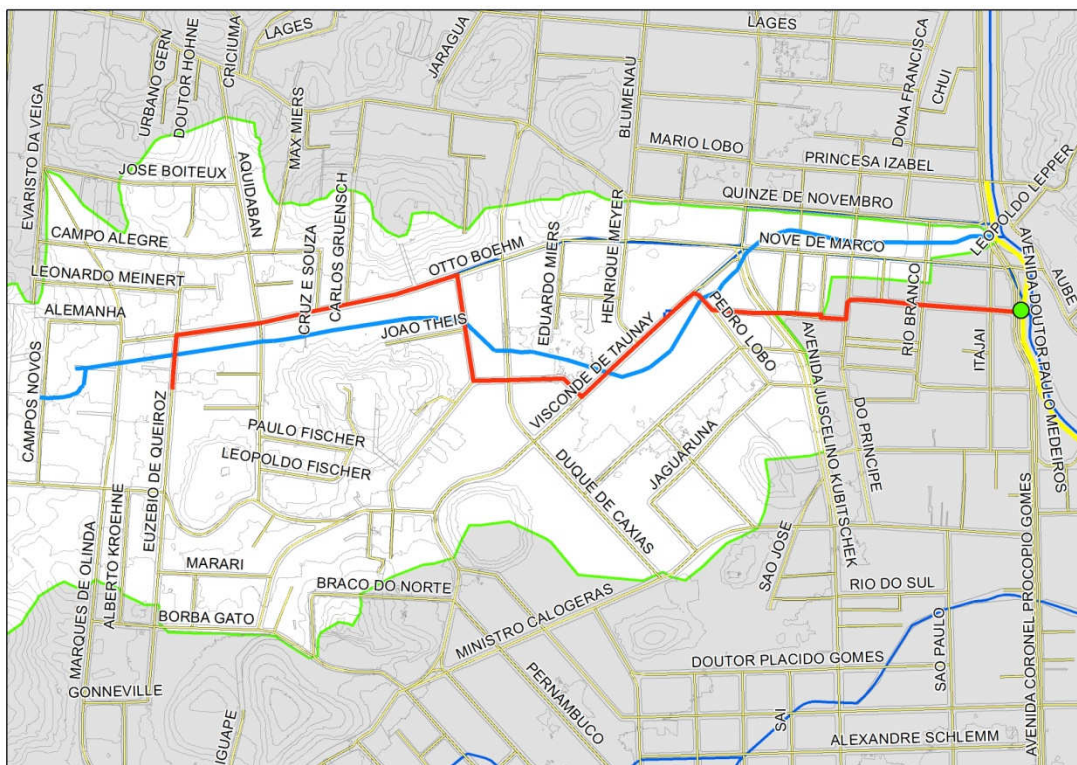


Figura 23 – Arranjo da alternativa 4 – reservatório de detenção linear (em vermelho); estação de bombeamento (Ponto Verde).

2.2.1. Reservatório de Detenção Linear

2.2.1.1. Descritivo

Olhando o volume disponível na galeria da *alternativa 3* (ver quadro 15), percebemos que do total de 45.000m³ requerido pela bacia de detenção, 26.000m³ estão disponíveis e não utilizados na própria galeria que os conduz.

Conceitualmente, a simples condução de água trás implícito um desperdício da seção, uma vez que é dimensionada para a vazão de pico.

Quadro 15 – Volume disponível na alternativa 3.

SEÇÃO	EXTENSÃO (m)	AREA ÚTIL (m ²)	VOLUME ÚTIL (m ³)
BTCC-1.50x1.50	83	6,75	560,25
BDCC-2.00x2.00	335	8,00	2.680,00
BTCC-2.00x2.00	1.925	12,00	23.100,00
TOTAL	2.343		26.340,25

Neste enfoque, poderíamos obter o mesmo volume de detenção da bacia aumentando a largura da galeria para 8,00x2,00m.

Do ponto de vista estrutural já havíamos notado que a laje em vãos menores tem altura de flexão sub-utilizada, de modo que se pode eliminar apoios internos, transferindo parte do custo para a laje.

Já notamos que apesar de barata, a substituição de solos para fundação direta era impraticável em alturas maiores que 5m, e temos profundidades de até 9m pelo perfil geotécnico.

Uma vez que as cargas nas bordas exigem estacas e estamos usando uma cortina de estacas metálicas para estabilizar os lados e o fundo da escavação, poderíamos usar as cortinas de escoramento como fundação, tornando-as permanentes. O custo da fundação com perfil metálico seria mais caro, se comparado à solução com cortina diafragma usada nas bacias concentradas.

A solução converge então para o uso de um vão maior, com as paredes funcionando como escoramento e fundação profunda, tirando proveito da ficha enterrada para estabilidade do fundo da cava e controle da percolação.

A estrutura sem fundo estaria livre da possibilidade de flutuação por sobrepressão.

Por ter largura maior, os condutos forçados teriam que ser transferidos para o interior da estrutura, o que exigiria um pequeno alargamento para manter a seção útil.

Com a altura da viga em torno de 1,00m, a escavação seria de pelo menos 3m de profundidade, mais a borda livre de 1,00m e teríamos uma cava de no máximo 4,00m de profundidade.

2.2.1.2. Orçamento

Nas condições apresentadas acima, o comprimento da cortina seria estimado em 16m, chegando ao custo de R\$ 90 milhões, conforme apresentado no quadro 16.

Quadro 16 – Custo do reservatório de detenção linear.

ITEM	TOTAL (R\$)
Reservatório de Detenção Linear	69.268.559,05
BDI (30%)	20.780.567,72
TOTAL	90.049.126,77

2.2.2. Conduto Forçado

2.2.2.1. Descritivo

Da mesma forma que apresentado na alternativa 3, o conduto forçado da *alternativa 4* terá a mesma configuração, no que tange a material e dimensões, porém com o diferencial de estar localizado internamente à galeria de detenção linear, conforme mostra a figura 24.

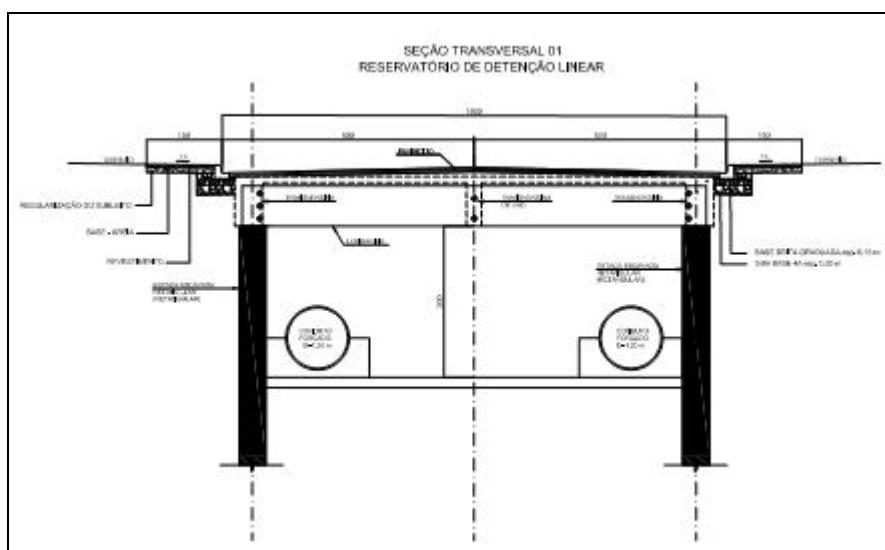


Figura 24 – Detalhe do Reservatório de Detenção Linear e do Conduto Forçado.

2.2.2.2. Orçamento

O custo do conduto forçado da *alternativa 4* esta apresentado no quadro 17.

Quadro 17 – Orçamento do conduto forçado.

ITEM	TOTAL (R\$)
Conduto Forçado	8.091.072,72
BDI (30%)	2.427.321,82
TOTAL	10.518.394,54

2.2.3. Muro de Proteção

2.2.3.1. Descritivo

A configuração do muro de proteção é a mesma da *alternativa 3*, conforme mostra a figura 25.



Figura 25 – Muro de proteção detalhado em amarelo.

2.2.3.2. Orçamento

O orçamento do muro de proteção esta apresentado no quadro 18.

Quadro 18 – Orçamento do muro de proteção.

ITEM	TOTAL (R\$)
Muro de Proteção	3.906.283,54
BDI (30%)	1.171.885,06
TOTAL	5.078.168,60

2.2.4. Estação de Bombeamento no Rio Mathias para o Rio Cachoeira

2.2.4.1. Descritivo

A estação de bombeamento prevista para a *alternativa 4* é a mesma prevista para a *alternativa 3*, com a diferença de que a sua localização fica na saída do reservatório de retenção linear para o Rio Cachoeira.

2.2.4.2. Orçamento

O orçamento previsto para a estação de bombeamento esta exposto no quadro 19.

Quadro 19 – Orçamento da estação de bombeamento.

ITEM	TOTAL (R\$)
Estação de Bombeamento	5.933.408,58
BDI (30%)	1.780.022,57
TOTAL	7.713.431,15

2.2.5. Comportas na Foz do Rio Mathias para o Rio Cachoeira

2.2.5.1. Descritivo

Igualmente como foi descrito na *alternativa 3*, para a proteção contra inundação ser efetiva, esta prevista a implantação de dispositivos que evitem o refluxo pelo Rio Mathias e pela rede de microdrenagem existente. Estes dispositivos são as comportas *flap* (comportas de maré), conforme figura 21, que funcionam como válvulas de retenção, mantendo o fluxo em um único sentido. A diferença fica por conta do número e da localização das comportas, que são 2 na saída do conduto forçado, 3 na saída da estação de bombeamento para o Rio Cachoeira, 3 na ala existente da foz do Rio Mathias para o Rio Cachoeira, 3 na saída da reservatório de detenção linear, totalizando 11 comportas.

2.2.5.2. Orçamento

O custo de implantação das comportas esta discriminado no quadro 20.

Quadro 20 – Orçamento das comportas *flap*.

ITEM	TOTAL (R\$)
Comportas <i>Flap</i>	240.414,77
BDI (30%)	72.124,43
TOTAL	312.539,20

2.2.6. Orçamento Geral – Alternativa 4

O orçamento total da *alternativa 4*, que engloba todos os custos discriminados nos itens dos capítulos anteriores, esta apresentado no quadro 21.

Quadro 21 – Orçamento da alternativa 4.

ITEM	TOTAL (R\$)
Alternativa 4	88.739.738,68
BDI (30%)	26.621.921,58
CUSTO TOTAL DA ALTERNATIVA 4	115.361.660,26

3. ALTERNATIVA ESCOLHIDA

Na comparação das alternativas 3 e 4, a análise do custo marginal dos elementos do sistema de controle de cheias do rio Mathias indicou a vantagem de dividir a bacia de contribuição em duas faixas, limitadas pela cota máxima de transbordamento do rio Cachoeira, NA=+2.53.

Esta divisão permite que a parte mais alta da bacia seja captada por galerias celulares e escoe por gravidade através do muro de proteção utilizando um conduto forçado, que neste caso é uma galeria celular sem aberturas de captação, projetada para pressões internas de 1 mca (um metro de coluna de água). A pressão nominal do conduto é bem mais baixa, da ordem de 0.30 mca.

O conduto será formado por uma célula de 3.40x 3.40m com extensão de 800m, entre o rio Cachoeira e a rua xxx. E transportará a água a partir da cota EL=+2.70, devido às perdas de carga distribuídas.

As galerias serão implantadas utilizando segmentos pré-moldados com peso inferior a 12 toneladas, solidarizados no local de modo a formar uma peça contínua, com fundação em estacas escavadas tipo Franki. Os segmentos serão implantados em trechos de 3 a 9 metros de extensão, de modo a minimizar o risco com a abertura de valas. Para estabilizar a escavação, as valas terão escoramento com pranchas metálicas, cravadas com martelo vibratório até uma profundidade no mínimo igual à altura escavada. Nos trechos mais instáveis, a parte superior das pranchas poderá ser solidarizada por uma prancha colocada na horizontal e extroncada nos extremos, de modo a limitar a deformação horizontal. Embora o trecho seja desenvolvido de jusante para montante, haverá a necessidade de usar bombeamento eventual para secar as cavas.

Antes da cravação, deverá ser escavada manualmente uma trincheira de 1.50m de profundidade, que servirá para localizar as interferências transversais e garantir que não seja atingida nenhuma rede de utilidades.

Garantida esta condição, poderão ser executadas as estacas de fundação, a partir do topo da pista, com cuidado de garantir a concretagem até a cota correta, mais profunda, aproveitando o tubo camisa.

Iniciada a escavação, as redes longitudinais de utilidades que ficarem suspensas serão presas às paredes do escoramento provisoriamente e as redes transversais serão envelopadas. No caso especial das redes de esgoto, que estão no eixo da pista, serão construídas redes duplas de mesmo diâmetro nas laterais para substituí-las com folga.

Os segmentos pré moldados serão construídos fora da obra e transportado ao seu local de implantação usando transporte comercial. O lançamento da estrutura será feito com guindaste, que servirá posteriormente para remover as pranchas metálicas do escoramento.

Os segmentos tem nichos de concretagem para solidarização das peças. Após solidarizadas as peças das seções procede-se o reaterro lateral e a recomposição do pavimento e da sinalização, liberando o tráfego.

A bacia menor será transportada pela calha atual do rio Mathias, que tem capacidade de condução de até 16m³/s, muito próxima a vazão de 25 anos de tempo de recorrência da bacia segmentada.

No trecho inicial existe uma transposição do conduto forçado, feita com tubos de ferro alinhados, de forma similar à adotada para transposição das outras redes de drenagem transversal.

Para evitar o efeito do remanso provocado pela cota do rio Cachoeira, a ala da exutória do rio Mathias será dotada de comportas flap. Como a operação dos flaps implica na suspensão da capacidade de condução em algum instante, o sistema será complementado por uma estação de bombeamento associada à uma bacia de detenção.

A melhor posição para a bacia de detenção é a praça da Bandeira, que é a maior área pública próxima a foz do rio Mathias. Os equipamentos urbanos e a arborização constituem o maior impacto à sua implantação, e para reduzir sua dimensão o numero de bombas foi aumentado para quatro unidades, com capacidade nominal equivalente à vazão de pico da sub-bacia mais baixa, fazendo com que o volume de detenção se limite à um mínimo de 1500m³ necessários para absorver as flutuações de vazão no intervalo de ligação das bombas.

Desta forma, o arranjo proposto é constituído por um vertedor lateral, posicionado em paralelo à canalização existente, que é ativado quando as comportas flap da exutória são fechadas pelo nível de água do rio Cachoeira. A água então é conduzida por uma galeria reservatório até a estação de bombeamento situada na margem direita do rio Cachoeira, onde acontece o deságue final, que utiliza quatro bombas de eixo vertical.

As bombas amortecem a velocidade da água aproveitando o fluxo vertical e a descarregam através de vertedores laterais no rio Cachoeira cheio, o que anula o processo de erosão e permite a mínima perda de carga e por consequência, da potência instalada.

As bombas são acionadas por geradores à diesel, independentes, localizados na margem direita do rio Cachoeira, junto ao muro de proteção. O sistema de diesel evita falhas no sistema de energia elétrica, opera automaticamente com sensores de nível e está seguramente instalado em containers com abafador de ruídos e sistema contra vazamento de óleo.

O muro de proteção na cota $EL=+3.00$, impede o transbordo do rio Cachoeira no perímetro da sub-bacia do rio Mathias. Este muro é circundado por uma rede pluvial que intercepta os antigos lançamentos de drenagem e os reconduzem à exutória do rio Mathias, e indiretamente, à estação de bombeamento.

O arranjo final, desta forma, é constituído por uma captação de galerias celulares no traçado das ruas que ladeiam o leito natural do rio Mathias (by-pass), sendo que nos últimos 800m a galeria é selada contra captação e funciona como conduto forçado operando a 0.30 mca, drenando a bacia com cota superior a $EL=+2.70m$ e segmentando a parte mais baixa da bacia que é conduzida pela calha existente do rio Mathias até a exutória, protegida do refluxo por comportas flap, e complementadas por uma estação de bombeamento à diesel na margem do rio Cachoeira abastecida pela galeria reservatório, localizada na praça da Bandeira.

O arranjo é complementado por um muro de proteção que impede o transbordo do rio Cachoeira no perímetro da bacia do rio Mathias, e é margeado com um interceptor da rede de microdrenagem, que impede o refluxo e conduz a vazão para a exutória no rio Mathias e indiretamente para a estação de bombeamento.

3.1. ANÁLISE DE RISCOS

Para emissão da licença de instalação, a Fundação Municipal do Meio Ambiente, FUNDEMA, exigiu a apresentação de uma análise de riscos do empreendimento e de um plano de gestão de emergências, apresentado a seguir.

A análise de risco foi feita para a fase de implantação, pelo método de análise do tipo e efeito de falha FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), procurando prever as falhas potenciais e propor melhorias que aumentem a confiabilidade do produto.

O produto objeto de análise é constituído pelas obras de controle de enchentes do rio Mathias, caracterizado pela construção de galerias lineares em via pública e em área pública (praça da Bandeira) e de uma estação de bombeamento no passeio de via pública.

Nos serviços de galerias lineares, o processo de construção baseia-se na escavação de valas escoradas para implantação das peças pré-moldadas que compõe a galeria. Estas peças são produzidas fora do local de implantação e transportadas para sua posição final, onde são solidarizadas com concretagem complementar formando uma peça única. Após a concretagem é feito o reaterro das valas e a recomposição do pavimento. As atividades preliminares a implantação das galerias dizem respeito à localização e tratamento das interferências de água e esgoto. As redes de energia, comunicação e gás não devem ser atingidas.

Desta forma, durante as fases de implantação das galerias poderão ocorrer as seguintes falhas potenciais:

Quadro 22 - falhas potenciais

Fase do processo	Função	Tipo de falha Potencial	Efeito de falha Potencial	Controles atuais	Severidade	Ocorrência	Deteção	Risco	Ações recomendadas	Responsável / Prazo	Medidas implantadas
Escoramento	Estabilizar a escavação	Atingir as redes de utilidades durante a escavação	Interrupção dos serviços	Mapeamento das interferências e das linhas de escoramento					Abertura de vala manual nos primeiros 1.50m para conferir a posição das interferências na passagem do escoramento	Construtor / Antes da Cravação do Escoramento	Recomendação no Memorial Descritivo; Mapeamento das redes junto com o lançamento dos projetos

4. REFERÊNCIAS

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DA BACIA DO RIO CACHOEIRA. CONSÓRCIO ENGEORPS, HIDROSTUDIO, BRLi. Joinville, 2011.

AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DO RIO MATHIAS. PARALLELA ENGENHARIA. Joinville, 2012.

5. ANEXO I – Memória de Cálculo

6. ANEXO II – Planilha Orçamentária

7. ANEXO III – Especificações, Cotações e Composição de Custo