

REF. EDITAL Nº 002/2018 – PREFEITURA DE FRANCISCO BELTRÃO - PR

PROJETO EXECUTIVO DE DRENAGEM URBANA FRANCISCO BELTRÃO - PR

P.E.D.F.B 10 - MEMORIAL DE DIMENSIONAMENTO DO TÚNEL ADUTOR

Outubro / 2018.

SUMÁRIO

10. APRESENTAÇÃO	3
10.1. Dimensionamento hidráulico	10
10.1.1. Introdução	10
10.1.2. Dimensionamento hidráulico do túnel adutor.....	10
10.1.3. Comporta basculante fechada.....	10
10.1.4. Manobras da comporta basculante:	11
10.1.5. Comporta basculante totalmente aberta:.....	11
10.1.6. Desemboque do túnel adutor ou canal de fuga	14
10.2. Análise de estabilidade do bloco da comporta basculante	16
10.3. Requisitos técnicos para a contratação de comporta basculante.....	22
10.4. Abrigo da unidade hidráulica da comporta basculante.....	35
10.5. Método construtivo do Túnel de Adução.....	36
10.5.1. Sequencia construtiva a partir da escavação dos espelhos emboque e desemboque	36
10.5.2. Tratamentos no túnel adutor	36
10.5.3. Escavação em rocha a Céu aberto Espelhos de emboque e desemboque	37
10.6. Isolamento das áreas de emboque e desemboque	41
10.7. Generalidades	42
10.8. Desmonte de Rocha com Uso de Explosivos	43
10.9. Destinação do volume escavado do túnel	45
10.10. Considerações	47
10.11. Desenhos do projeto executivo do emboque, desemboque e túnel adutor.....	47

10. APRESENTAÇÃO

No projeto de drenagem da cidade de Francisco Beltrão, foi prevista a execução de um túnel adutor com seção final arco retângulo de 5m e rebaixo de 3,0m, ou seja, uma seção de 37,31m² e uma extensão hidráulica de 1.108m de comprimento e inclinação média de 0,5% com início na el. 521,45m e término na el. 515,40m, permitindo de forma econômica e segura conduzir as cheias através da montanha.

O volume de escavação subterrânea foi calculado em 41.340 m³ de escavação subterrânea em rocha.

Avaliaram-se os possíveis problemas quanto à integridade da rocha através de campanhas geológicas que incluem a interpretação de sondagens rotativas realizadas em pontos estratégicos do maciço rochoso. A campanha revelou rocha de boa qualidade, não sendo necessária à princípio a previsão de revestimento ou camboteamento para avanço e desmonte da rocha.



Figura 1 - Afloramentos rochosos observados na região do desemboque do túnel.

Foram executados 03 (três) furos de sondagem rotativa para identificação do perfil abaixo da

superfície de solo, tendo sido atingida a superfície de rocha dura, totalizando 70,4 metros lineares de perfuração. Os furos foram abertos, com a orientação do projetista, estrategicamente posicionados sob os principais pontos do túnel adutor visando a confirmação

da qualidade e classificação da rocha. Isso permitiu uma definição precisa da interface solo / rocha.

A campanha exploratória, além de seu caráter descritivo, permitiu consolidar a locação do túnel, não tendo sido encontrado algum risco maior de ordem geotécnica.

Plano de sondagem rotativa – 03 furos locados na região do túnel adutor.

SONDAGEM ROTATIVA	LATITUDE (SIRGAS2000)	LONGITUDE (SIRGAS2000)	COTA INÍCIO (terreno natural)	PROFUNDIDADE SR	DESCRIÇÃO
SD-01	26° 03' 52,51"	53° 02' 28,48"	548,020	20,00 m	EMBOQUE (RUA DAS ARARAS)
SD-02	26° 03' 48,52"	53° 02' 22,91"	556,200	20,40 m	INTERMEDIÁRIO (RUA PONTA GROSSA)
SD-03	26° 03' 52,51"	53° 02' 28,48"	553,024	30,00 m	DESEMBOQUE (PASSANDO A RUA DAS AGUIAS, 4ª A ESQUERDA, AO FINAL DESTA RUA)
TOTAL				70,40 m	

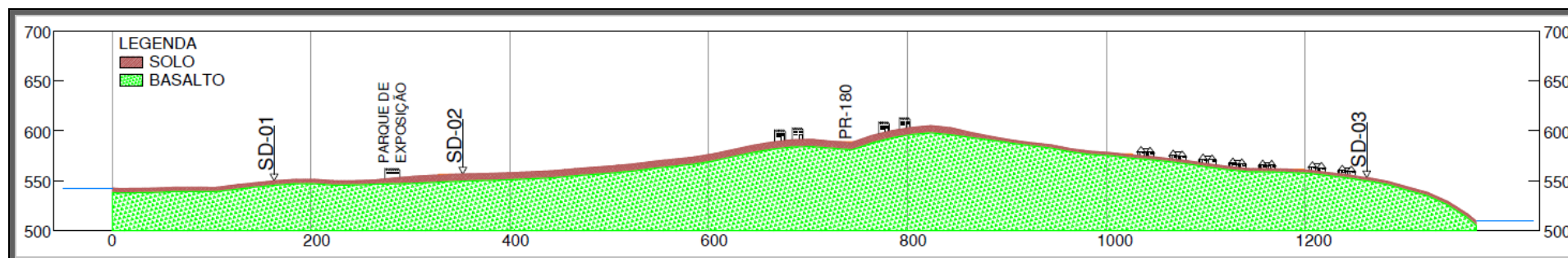


Figura 6.6 – Perfis geológicos na região do túnel adutor englobando o emboque, ponto intermediário e desemboque , evidenciando as principais litologias encontradas nestas seções.

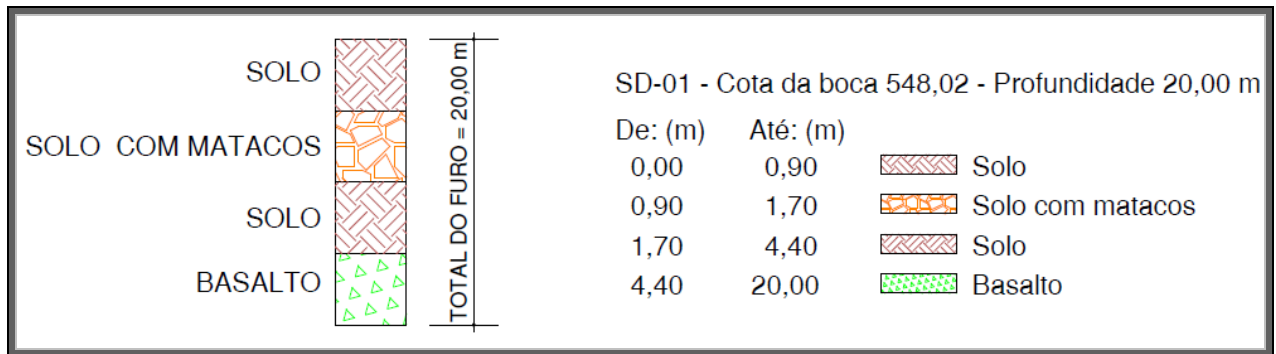


Figura 2 - Log da sondagem rotativa SD-01 – região do emboque do túnel.



Testemunho 1/5 de sondagem rotativa SD-01 – região do emboque do túnel.



Testemunho 2/5 de sondagem rotativa SD-01 – região do emboque do túnel.



Testemunho 3/5 de sondagem rotativa SD-01 – região do emboque do túnel.



Testemunho 4/5 de sondagem rotativa SD-01 – região do emboque do túnel.



Testemunho 5/5 de sondagem rotativa SD-01 – região do emboque do túnel.

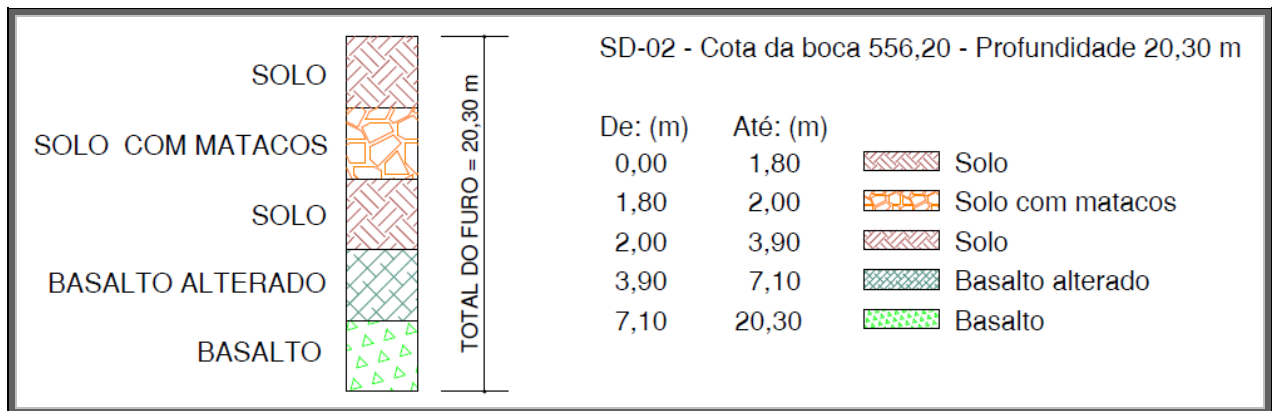


Figura 3 - Log da sondagem rotativa SD-02 – região de topo do túnel.



Testemunho 1/5 de sondagem rotativa SD-02 – região de topo do túnel.



Testemunho 2/5 de sondagem rotativa SD-02 – região de topo do túnel.



Testemunho 3/5 de sondagem rotativa SD-02 – região de topo do túnel.



Testemunho 4/5 de sondagem rotativa SD-02 – região de topo do túnel.



Testemunho 5/5 de sondagem rotativa SD-02 – região de topo do túnel.

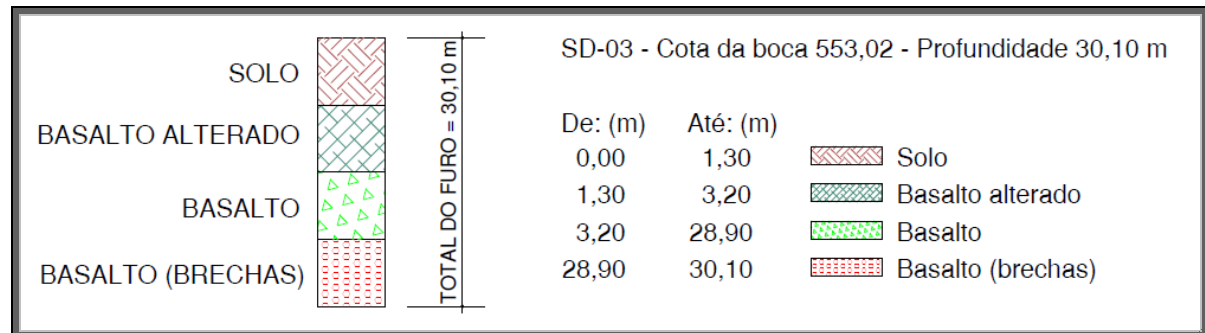


Figura 4 - Log da sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 1/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 2/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 3/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 4/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 5/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 6/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 7/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.



Testemunho 8/5 de sondagem rotativa SD-03 – região do desemboque do túnel.

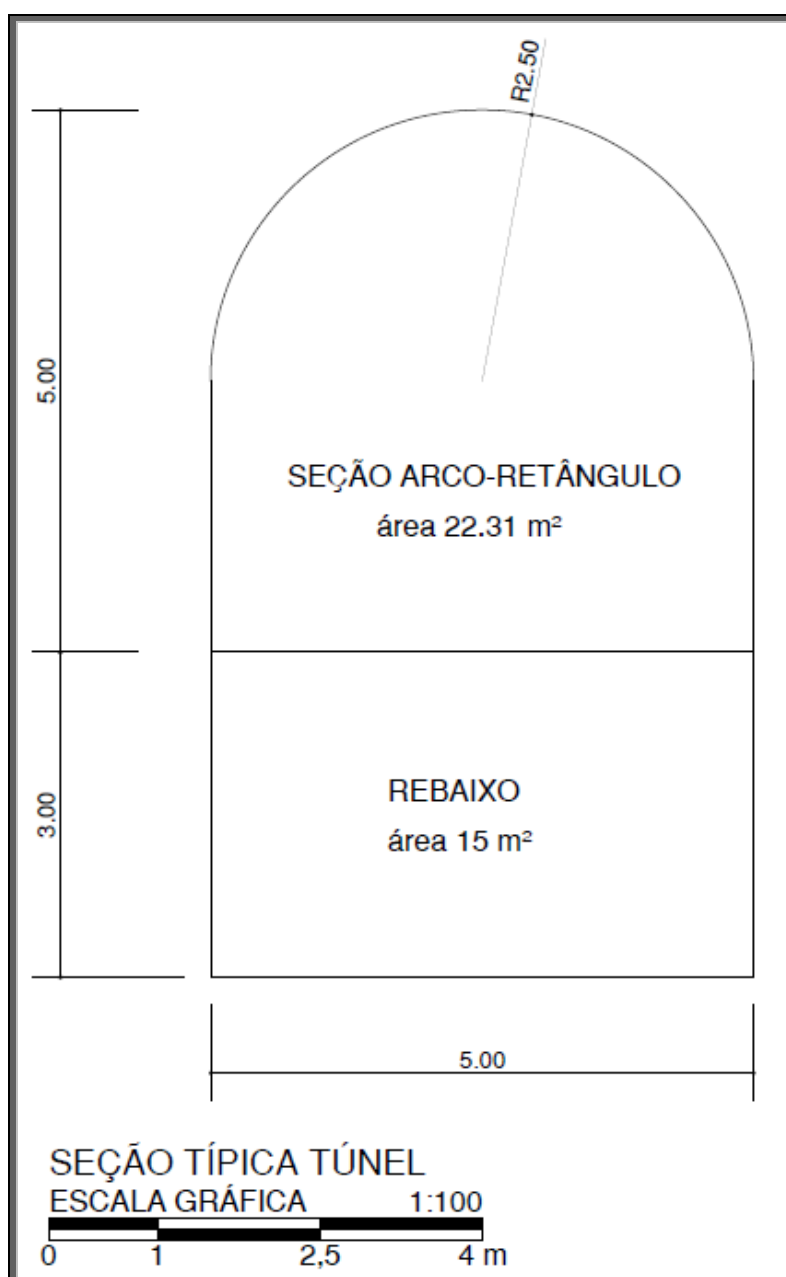


Figura 5 - Seção do túnel adutor – Área total

37,31 m².

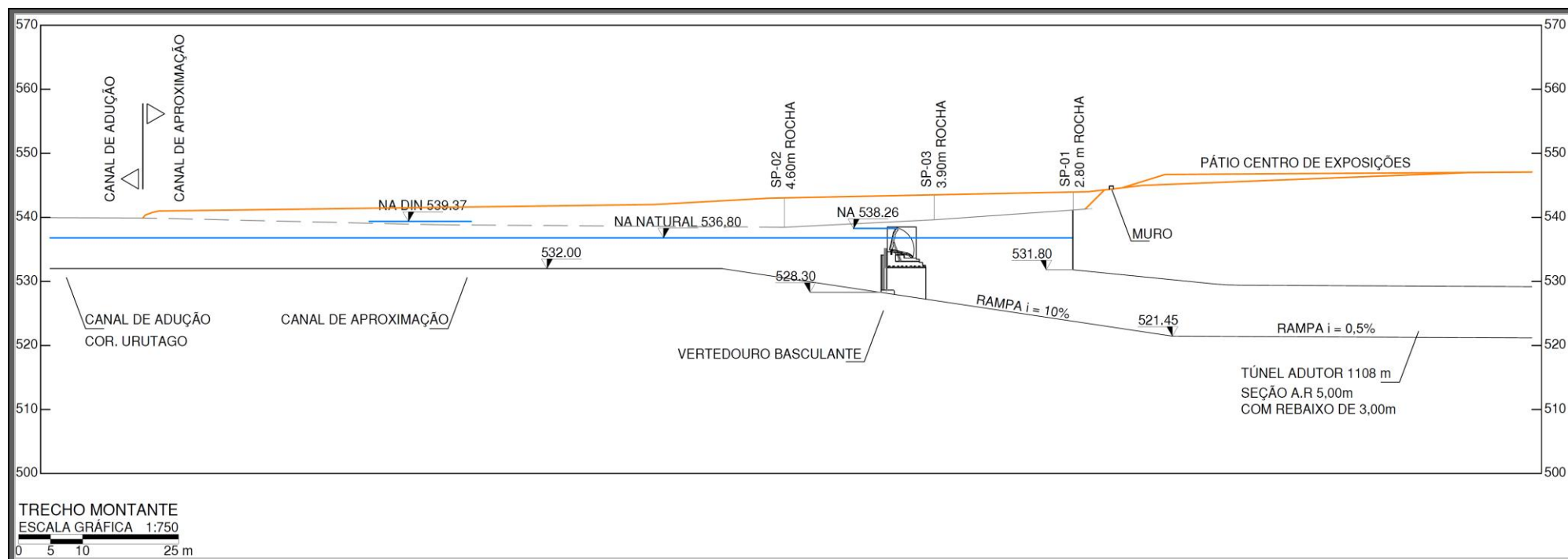


Figura 6 - Perfil túnel adutor – região do emboque.

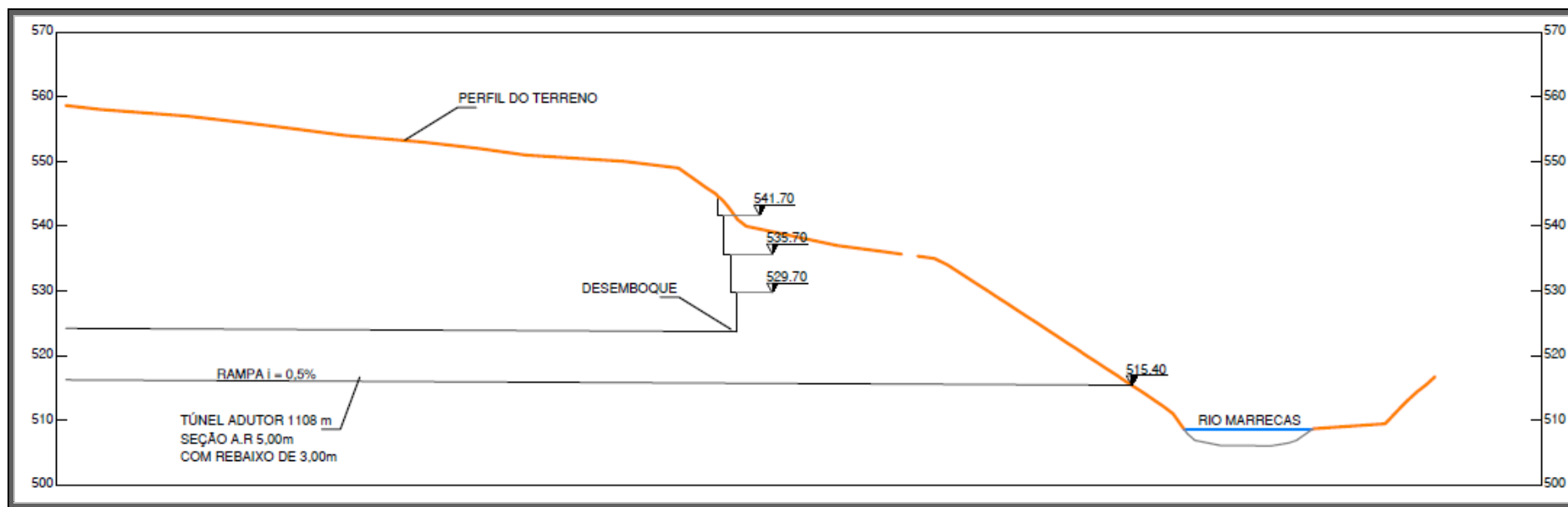


Figura 7 - Perfil túnel adutor – região do desemboque.

O projeto do túnel e seu perfil podem ser apreciados no desenho P.E.D.F.B-EII-04A.

10.1. Dimensionamento hidráulico

10.1.1. Introdução

Para o seu dimensionamento hidráulico do túnel adutor foram consideradas as vazões advindas principalmente dos rios principais Marrecas e rio Quatorze, além de micro contribuintes como os rios Progresso e Lonqueador.

A metodologia aplicada considerou:

- Rio Marrecas – área de drenagem de 323 km² entre a nascente e barragem: vazão controlada pela galeria instalada na barragem executada à montante da cidade considerando um tempo de recorrência de 100 anos equivalente a 162 m³/s.
- A área e drenagem excedente do rio Marrecas, ou seja, considerada à partir da barragem até o túnel adutor calculada em 156 km². Esta área contempla os afluentes rio Quatorze, rio Lonqueador, além de outros 4 micro contribuintes do rio Marrecas. A vazão calculada para um tempo de recorrência de 100 anos foi de 126 m³/s.

Considerando uma velocidade média de 2m/s e a distância de 10 km entre a barragem e o início do sistema de drenagem do rio Marrecas (Ponte da BR 483), esta defasagem de vazão de entrada na cidade foi contemplada no cálculo total de vazão de pico representada pela **vazão de 288 m³/s** para um tempo de recorrência de 100 anos.

O detalhamento completo sobre os estudos desenvolvidos encontram-se disponíveis nos documentos P.E.D.F.B 03 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS e P.E.D.F.B 03A – ESTUDOS HIDRÁULICOS.

10.1.2. Dimensionamento hidráulico do túnel adutor

Para o dimensionamento hidráulico do túnel adutor foram consideradas a parcela de vazões desviadas do rio Marrecas.

10.1.3. Comporta basculante fechada

No caso da comporta basculante instalada no emboque do adutor estar completamente fechada, o túnel adutor estará fora de operação até o nível das águas no córrego Urutago estarem na el. 536,80m.

Para uma carga d'água sob a comporta fechada de até 0,50m, ou seja, até a el. 537,30m, o túnel adutor entrará em operação recebendo vazões entre 0,80 m³/s à 8,91 m³/s, varando de acordo com a elevação do nível d'água **(linhas 16 à 20 da tabela)**.

ESTÁGIO	Iteração	NA Max foz Urutago	Carga sobre	Perdas de carga	Vazão pela
			Basculante (m)	rio Urutago	Basculante (m)
LÂMINA DE O A 0,50m C/ COMP. FECHADA	16	536,90	0,10	0,00	0,80
	17	537,00	0,20	0,00	2,25
	18	537,10	0,30	0,00	4,14
	19	537,20	0,40	0,00	6,38
	20	537,30	0,50	0,00	8,91

10.1.4. Manobras da comporta basculante:

Para cargas superiores a 0,50m sob a comporta basculante, inicia-se a abertura progressiva controlada desta estrutura estabilizando o N.A do rio Marrecas na el. 537,30m e aumentando o escoamento pelo túnel adutor resultando na passagem de vazões entre 48 m³/s à 233 m³/s (linhas 21 a 31 da tabela).

ESTÁGIO	Iteração	NA Max foz Urutago	Carga sobre Basculante (m)	Perdas de carga rio Urutago	Vazão pela Basculante (m)	Carga soleira rio Marrecas (m)	vazão soleira natur io Marrecas (m³/s)	Vazão total (m³/s)
ABERTURA PROGRESSIVA CONTROLADA DA COMPORTA	21	537,30	0,82	0,01	18,71	1,90	29,79	48,50
	22	537,30	1,14	0,04	30,67	1,90	29,79	60,46
	23	537,30	1,46	0,08	44,46	1,90	29,79	74,24
	24	537,30	1,78	0,11	59,85	1,90	29,79	89,63
	25	537,30	2,10	0,14	76,69	1,90	29,79	106,48
	26	537,30	2,42	0,18	94,87	1,90	29,79	124,66
	27	537,30	2,74	0,22	114,29	1,90	29,79	144,08
	28	537,30	3,06	0,29	134,89	1,90	29,79	164,68
	29	537,30	3,38	0,34	156,59	1,90	29,79	186,38
	30	537,30	3,70	0,40	179,35	1,90	29,79	209,14
	31	537,30	4,02	0,45	203,11	1,90	29,79	232,90

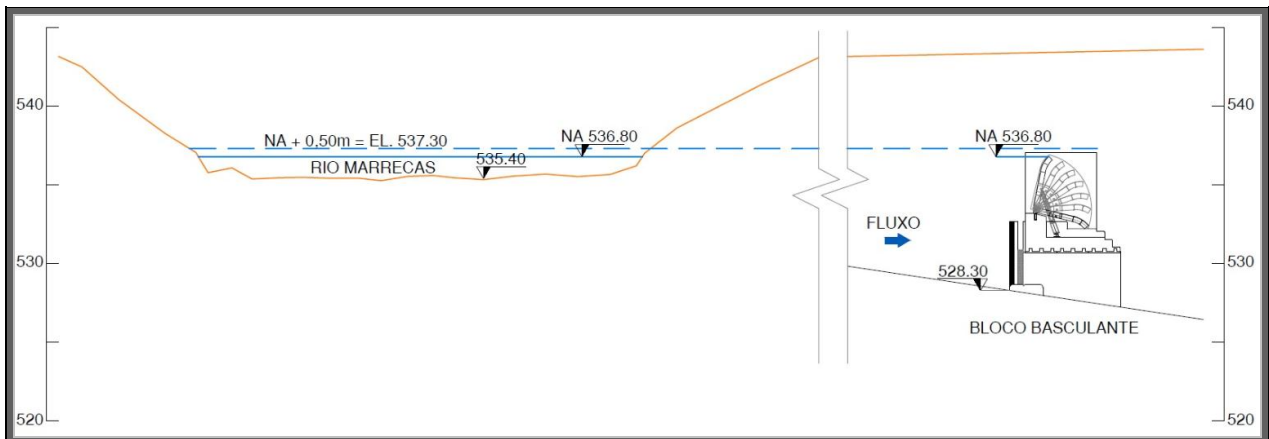


Figura 4.3.5 – Perfil da comporta basculante instalada no emboque do túnel adutor.

Nesta condição, a vazão mantém-se estabilizada no rio Marrecas em 30 m³/s e a vazão desviada para o túnel adutor varia de acordo com a necessidade de manobras da comporta basculante (abertura gradativa), sem elevação do nível d'água no rio Marrecas.

É importante mencionar que este escoamento é dinâmico, ou seja, o acionamento da comporta basculante acelera o escoamento do rio Marrecas à montante do desvio para o rio Urutago estabilizando a sua cota no rio Marrecas à jusante do rio Urutago, até que a comporta atinja o rebaixamento total, na cota de piso prevista na el. 532,80m.

Visando o máximo aproveitamento das modificações propostas no rio Urutago, considerou-se a abertura completa da comporta basculante estando na cota de piso na el. 532,80m, dispositivo este com a função de controlar o nível e o volume das águas no córrego Urutago e no túnel adutor.

10.1.5. Comporta basculante totalmente aberta:

Para cotas superiores à el. 537,30m, a comporta estará completamente aberta e as vazões serão decompostas entre o curso natural do rio Marrecas e o túnel adutor.

Na el. 537,40m a vazão total seria de 242 m³/s distribuída da seguinte forma:

- Escoamento de 209 m³/s ou 87% pelo túnel adutor;
- Escoamento de 33 m³/s ou 13% pelo rio Marrecas.

Para a passagem de uma vazão com tempo de recorrência de 100 anos equivalente a 288 m³/s que atingirá a el. 538,01m, a distribuição do escoamento será:

- Escoamento de 237 m³/s ou 82% pelo túnel adutor;
- Escoamento de 51 m³/s ou 18% pelo rio Marrecas.

Apesar do projeto Executivo atender a premissa disposta no Edital nº 002/2018 que exige obras para um tempo de recorrência de 100 anos, ocupamo-nos em avaliar TR's superiores conforme apresentamos a seguir:

Para a passagem de uma vazão com **tempo de recorrência de 200 anos** equivalente a 318 m³/s (el. 538,40m na foz do rio Urutago) , a distribuição do escoamento será:

- Escoamento de 254 m³/s ou 80% pelo túnel adutor;
- Escoamento de 64 m³/s ou 20% pelo rio Marrecas.

No que se refere à segurança do sistema, verifica-se que os resultados são bastante positivos, haja vista, a indicação da el. 539,12m na foz do rio Urutago para uma vazão de 373 m³/s e um **tempo de recorrência de 500 anos**, nestas condições o balanço de vazões será:

- Escoamento de 281 m³/s ou 75% pelo túnel adutor;
- Escoamento de 92 m³/s ou 25% pelo rio Marrecas.

Considerando a eminência de vazões equivalentes a 703 m³/s, atingindo a el. 542,00m (cota de proteção na foz do rio Urutago) a distribuição do escoamento será:

- Escoamento de 455 m³/s ou 65% pelo túnel adutor;
- Escoamento de 248 m³/s ou 35% pelo rio Marrecas.

Conforme demonstrado na coluna 6 - Vazão % Basc./ túnel e na coluna 9 - Vazão % rio Marrecas, a participação do escoamento nas estruturas oscila inversamente de acordo com o acréscimo no despacho das vazões.

ESTÁGIO	Iteração	NA Max foz Urutago	Carga sobre Basculante (m)	Perdas de carga rio Urutago	Vazão pela Basculante (m)	% Q em relação à Q total	Carga soleira rio Marrecas (m)	vazão soleira natur rio Marrecas (m³/s)	% Q em relação à Q total	Vazão total (m³/s)
COMPORTA COMPLETAMENTE ABERTA E ESCOAMENTO OCORRENDO PELO TÚNEL ADUTOR E PELO CALHA DO RIO MARRRECAS	32	537,40	4,10	0,50	209,31	87%	2,00	32,45	13%	241,77
	33	537,51	4,17	0,53	214,63	86%	2,11	35,37	14%	250,00
	34	537,60	4,22	0,58	218,63	85%	2,20	38,06	15%	256,69
	35	537,70	4,28	0,62	223,07	84%	2,30	41,00	16%	264,08
	36	537,80	4,34	0,66	227,55	84%	2,40	44,03	16%	271,58
	37	537,90	4,39	0,71	232,06	83%	2,50	47,15	17%	279,21
	38	538,01	4,46	0,75	237,33	82%	2,61	50,67	18%	288,00
	39	538,10	4,51	0,79	241,16	82%	2,70	53,66	18%	294,82
	40	538,20	4,56	0,84	245,75	81%	2,80	57,04	19%	302,79
	41	538,30	4,62	0,88	250,37	81%	2,90	60,51	19%	310,89
	42	538,40	4,67	0,93	253,98	80%	3,00	64,02	20%	318,00
	43	538,50	4,71	0,99	257,81	79%	3,10	67,71	21%	325,52
	44	538,65	4,81	1,04	265,67	78%	3,25	73,33	22%	339,00
	45	538,70	4,80	1,10	265,31	78%	3,30	75,25	22%	340,56
	46	538,80	4,85	1,15	269,09	77%	3,40	79,15	23%	348,24
	47	538,90	4,89	1,21	272,88	77%	3,50	83,13	23%	356,01
	48	539,00	4,94	1,26	276,70	76%	3,60	87,20	24%	363,89
	49	539,12	4,99	1,33	280,89	75%	3,72	92,11	25%	373,00
	50	539,20	5,00	1,40	282,01	75%	3,80	95,58	25%	377,59
	51	539,31	5,05	1,47	285,62	74%	3,91	100,38	26%	386,00
	52	539,40	5,07	1,53	287,36	73%	4,00	104,30	27%	391,66
	53	539,50	5,10	1,60	290,05	73%	4,10	108,78	27%	398,83
	54	539,60	5,13	1,67	292,75	72%	4,20	113,35	28%	406,09
	55	539,70	5,16	1,74	295,45	71%	4,30	118,00	29%	413,45
	56	539,80	5,19	1,81	298,16	71%	4,40	122,73	29%	420,89
	57	539,93	5,26	1,88	303,81	70%	4,53	129,19	30%	433,00
	58	540,15	5,40	1,95	316,49	69%	4,75	139,95	31%	456,44
	59	540,31	5,47	2,04	322,22	69%	4,91	147,99	31%	470,22
	60	540,54	5,61	2,13	334,70	68%	5,14	160,30	32%	495,00
	61	541,20	6,18	2,22	387,17	66%	5,80	197,89	34%	585,06
	62	542,00	6,88	2,32	455,18	65%	6,60	247,81	35%	702,99

Considerando os resultados hidráulicos apresentados, verificou-se que, a área da seção do túnel adutor será de 37,31m² e o perímetro 17,85m, o que compõem um raio hidráulico 2,09m.

O coeficiente de rugosidade *n* de *Manning* adotado foi 0,025, tendo em vista se tratar de um fogo controlado que promove a diminuição dos *underbreaks* ou repés.

Considerando a passagem de uma vazão com tempo de recorrência de 100 anos equivalente a 288 m³/s, e a parcela de 237m³/s que será desviado para o túnel, a sua velocidade máxima será de 6,36 m/s.

Apresentamos a seguir o cálculo do dimensionamento hidráulico do túnel adutor.

CALCULO DO TÚNEL DE ADUÇÃO DE BAIXA PRESSÃO

PERFIL HIDRÁULICO

PROJETO DE DRENAGEM DO RIO MARRRECAS EM FRANCISCO BELTRÃO - PR

DADOS DE PROJETO

VAZÃO: 237,33 m³/s
COMPRIMENTO DO TÚNEL : 1108,00 m

SEÇÃO ARCO RETANGULO

DIÂMETRO: 5,00 m
REBAIXO: 3,00 m
COEF. DE RUGOSIDADE: 0,025 (n)

FORMULAS

$R_h = A_m / P_m$	m	(RAIO HIDRÁULICO.)
$A_m = 0,8925 D^2$	m ²	(ÁREA MOLHADA)
$P_m = 3,57.D$	m	(PERÍMETRO MOLHADO)
$v = Q/A_m$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA)
$v = 1/n.R_h^{2/3}.J^{1/2}$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA - Manning)
$C =$ (consultar tabela Ven Te Chow)		(COEF. DE RUGOSIDADE)
$J =$	m/km	(PERDA DE CARGA UNITÁRIA)

CÁLCULOS:

Rh = 2,09 m
Am = 37,31 m²
Pm = 17,85 m
v = 6,36 m/s
v = 6,36 m/s
J = 0,00941 m/m
J = 9,41 m/km
hp = 10,428 m

No caso de uma possível eminência no despacho de vazões pelo sistema adutor equivalentes a 703 m³/s atingindo a cota de proteção na el. 542,00m, e considerando a parcela de passagem pelo túnel adutor equivalente a 455 m³/s, a velocidade máxima será de 12,20 m/s.

10.1.6. Desemboque do túnel adutor ou canal de fuga

O retorno das águas desviadas pelo túnel adutor ocorrerá através de um canal de fuga com aproximadamente 81m e comprimento e 8m de largura, no ponto de restituição com nível de água na el.507,40m.

O volume de escavação em solo é de 650 m³ e o volume de escavação em rocha é de 7.288m³. A área da seção é de 64m² e o perímetro 24m, o que compõem um raio hidráulico 2,67m. O coeficiente de rugosidade n de *Manning* adotado foi 0,014. Considerando a parcela de escoamento desviado para o túnel de 237 m³/s, no tempo de recorrência TR 100 anos, a velocidade será de 5,93 m/s.

CALCULO DA PERDA DE CARGA NO CANAL DE FUGA

PROJETO:

PROJETO DE DRENAGEM DO RIO MARRRECAS EM FRANCISCO BELTRÃO - PR

DADOS DE PROJETO

VAZÃO:	237,33 m ³ /s	(Q)
COMPRIMENTO DO CANAL :	81,000 m	(L)
LARGURA:	5,000 m	(b)
NÍVEL DE ÁGUA:	8,000 m	(h)
INCLINAÇÃO DO TALUDE:	0,000	(m)
COEF. DE RUGOSIDADE:	0,014	(n)

FORMULAS

$R_h = h.(b+m.h)/(b+2.h(1+m^2)^{1/2})$	m	(RAI0 HIDRÁULICO)
$A_m = h.(b+m.h)$	m ²	(ÁREA MOLHADA)
$P_m = b+2.h(1+m^2)^{1/2}$	m	(PERÍMETRO MOLHADO)
$v = Q/A_m$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA)
$v = 1/n.R_h^{2/3}.J^{1/2}$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA - Manning)
$C =$ (consultar tabela Ve Te Chow)		(COEF. DE RUGOSIDADE)
$J =$	m/km	(PERDA DE CARGA UNITÁRIA)

CÁLCULOS:

Rh =	1,90	m
Am =	40,00	m²
Pm =	21,00	m
v =	5,93	m/s
v =	5,93	m/s
J =	0,0030	m/m
J =	3,03	m/km
perda=	0,245	m
(PERDA DE CARGA TOTAL)		

Já para o caso de uma vazão emitente onde o canal de fuga irá despachar 455 m³/s, a velocidade das águas seria de 11,38 m/s.

CALCULO DA PERDA DE CARGA NO CANAL DE FUGA

PROJETO:

PROJETO DE DRENAGEM DO RIO MARRECAS EM FRANCISCO BELTRÃO - PR

DADOS DE PROJETO

VAZÃO:	455,00 m ³ /s	(Q)
COMPRIMENTO DO CANAL :	81,000 m	(L)
LARGURA:	5,000 m	(b)
NÍVEL DE ÁGUA:	8,000 m	(h)
INCLINAÇÃO DO TALUDE:	0,000	(m)
COEF. DE RUGOSIDADE:	0,014	(n)

FORMULAS

$R_h = h.(b+m.h)/(b+2.h(1+m^2)^{1/2})$	m	(RAIO HIDRÁULICO)
$A_m = h.(b+m.h)$	m ²	(ÁREA MOLHADA)
$P_m = b+2.h(1+m^2)^{1/2}$	m	(PERÍMETRO MOLHADO)
$v = Q/A_m$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA)
$v = 1/n.R_h^{2/3}.J^{1/2}$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA - Manning)
$C =$ (consultar tabela Ve Te Chow)		(COEF. DE RUGOSIDADE)
$J =$	m/km	(PERDA DE CARGA UNITÁRIA)

CÁLCULOS:

$R_h =$	1,90	m
$A_m =$	40,00	m ²
$P_m =$	21,00	m
$v =$	11,38	m/s
$v =$	11,38	m/s
$J =$	0,0111	m/m
$J =$	11,14	m/km
perda=	0,903	m
		(PERDA DE CARGA TOTAL)

10.2. Análise de estabilidade do bloco da comporta basculante

O sistema de drenagem do rio Marrecas prevê a instalação de uma comporta basculante com dimensões de 12m x 4,0m no rio Urutago especificamente no emboque do túnel adutor.

Este equipamento hidromecânico possui a função de controlar o nível d'água no rio Marrecas

promovendo ou não a passagem de vazões a serem desviadas para o túnel adutor.

Seu acionamento (comporta aberta, em manobras ou fechada) ocorrerá de acordo com a disponibilidade hídrica no rio Marrecas. Apresentamos a seguir o memorial de estabilidade do bloco da comporta basculante para duas condições.

- CCN - condição de carregamento normal.
- CCE - condição de carregamento excepcional.

NÍVEIS CONSIDERADOS	Montante (m)	Jusante (m)
NAM normal	536,57	527,30
NAM excepcional	538,37	531,60

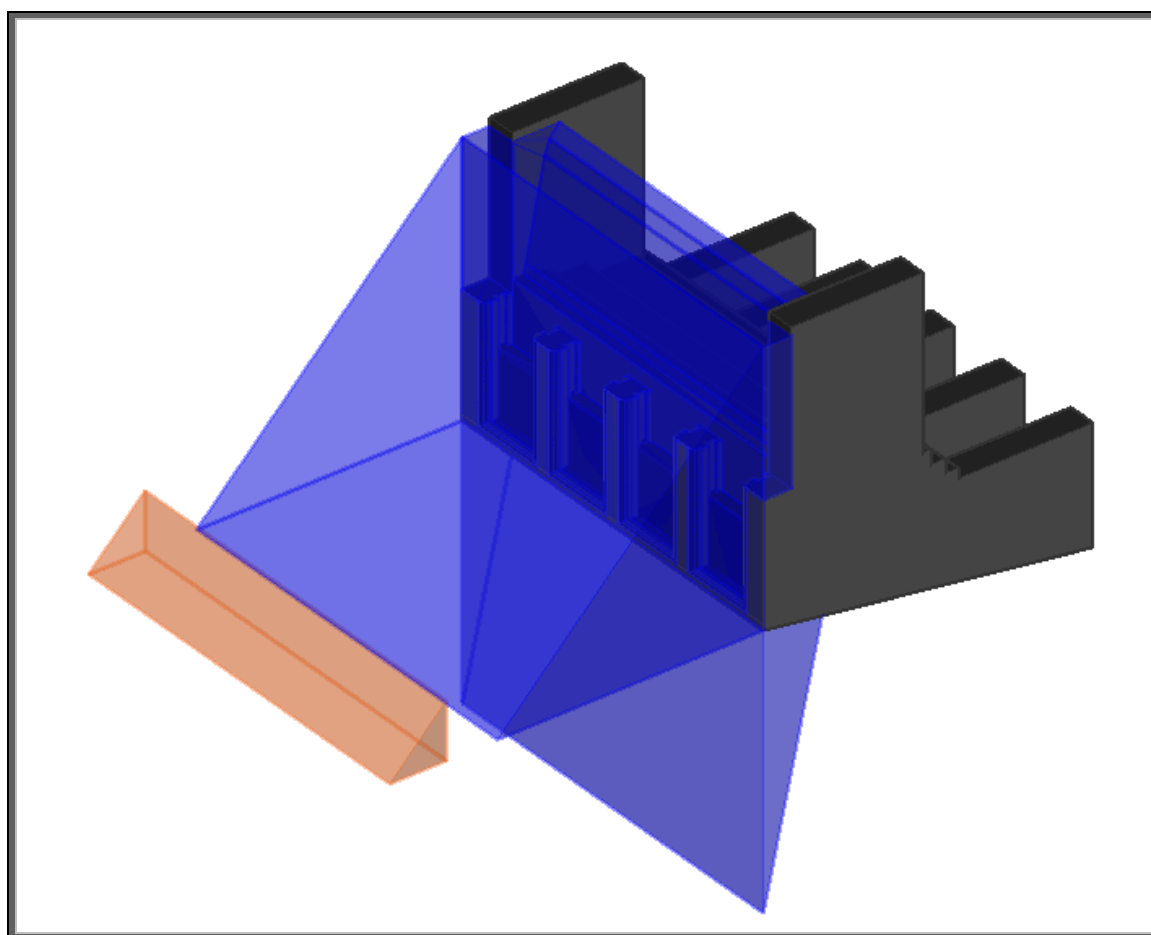


Diagrama de carga 3D considerado para a condição de carregamento normal CCN.

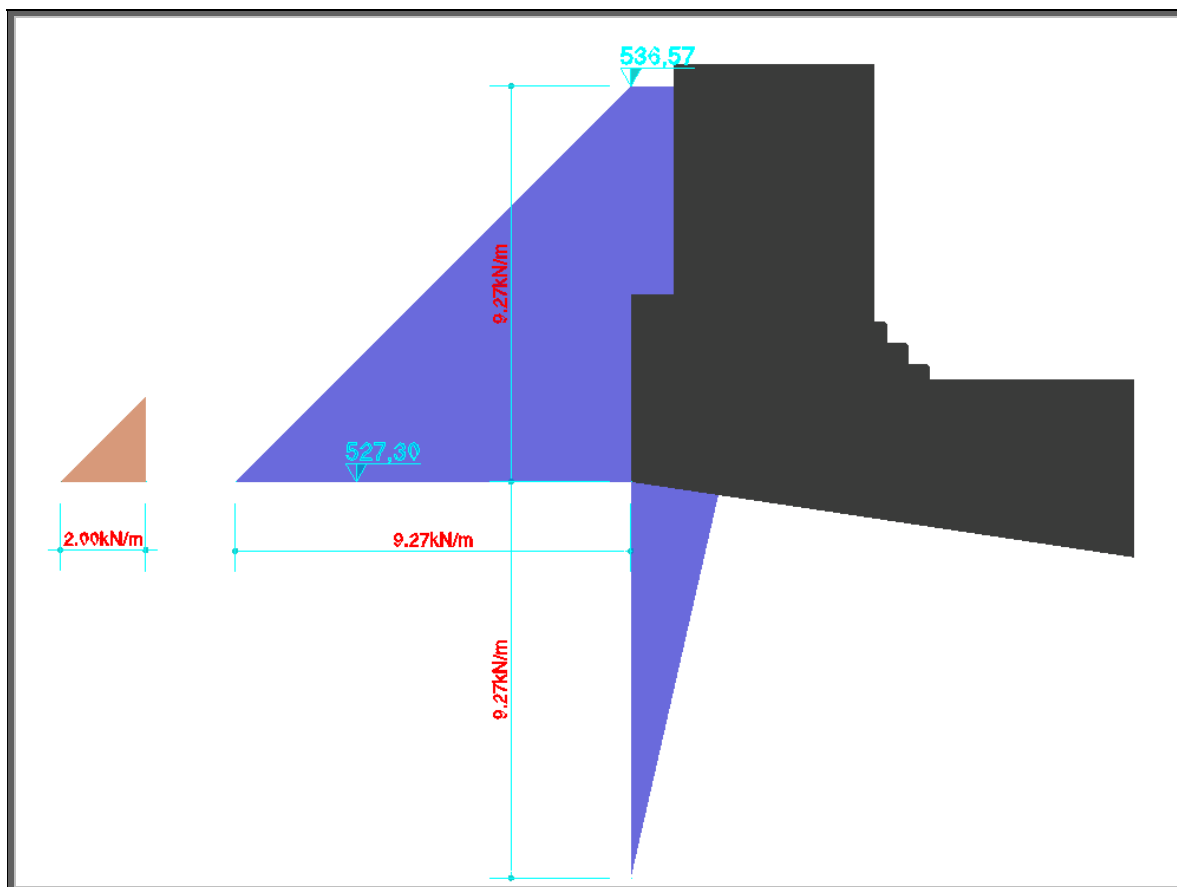


Diagrama de carga considerado para a condição de carregamento normal CCN e esforços provenientes.

CASO DE CARREGAMENTO						
CCN						
ESFORÇOS	Volume [m³]	Peso específico [kN/m³]	Força kN (-) estabilizante (+) desestabilizante	Braço de alavanca em relação ao ponto tombamento (m)		Momento [kN.m] (+) estabilizante (-) desestabilizante
				horizontal	vertical	
Peso de Concreto	406,45	24,00	-9.754,80	7,04		68.673,79
Peso de Água a Montante	147,29	10,00	-1.472,90	10,98		16.165,52
Empuxo de Água a Montante	631,92	10,00	6.319,20		4,93	-31.153,66
Peso próprio das comportas	1,15	75,00	-86,00	9,97		857,44
Empuxo Material Assoreado Submerso	28,01	10,00	280,10		2,43	-680,64
Subpressão	139,65	10,00	1.396,50	11,09		-15.487,19

Coordenadas do Ponto de Tombamento	xt= 11,79	yt= -1,77
------------------------------------	-----------	-----------

Flutuação

$$\frac{\sum V}{\sum U} = 8,10 > 1,30 \quad \text{OK}$$

Tombamento

$$\frac{\sum M_E}{\sum M_T} = 1,81 > 1,50 \quad \text{OK}$$

Deslizamento Nigam

$$\frac{N_i \times \tan \phi}{FSD_b \times \sum T_i} + \frac{\sum C \times A_i}{FSD_c \times \sum T_i} = 1,00 > 1,00 \quad \text{OK}$$

* Ângulo de atrito = 30° (coesão necessária)

83 kN/m²

CARREGAMENTO	FORÇA VERTICAL [kN]	FORÇA HORIZONTAL [kN]	EXCENTRIC. X EM RELAÇÃO AO CG [m]	EXCENTRIC. Y EM RELAÇÃO AO [G (m)]	MOMENTO EM RELAÇÃO AO CG DA FUNDAÇÃO [kN.m]
Peso de Concreto	-9754,80		-1,15		11172,99
Peso de Água a Montante	-1472,90		-5,08		7483,34
Empuxo de Água a Montante		6319,20		-4,04	-25544,89
Peso próprio das comportas	-86,00		-4,08		350,49
Empuxo Material Assoreado Submerso		280,10		-1,54	-432,03
Subpressão	1396,50		-5,20		-7255,35

Somatório das forças verticais

$$\sum N = -9.917,20 \text{ kN}$$

Momento resultante no centro de gravidade da base comprimida

$$\sum M = -14.225,45 \text{ kN.m}$$

Base

Porcentagem comprimida = 100%

Área 166,91 m²

Xg = 5,90 m

Yg = -0,88 m

Ip = 1.977,01 m⁴

Tensão na Base

(-) Compressão; (+) Tração

Tensão Normal à Montante = -10,11 kN/m²

Tensão Normal à Jusante = -95,76 kN/m²

Fissura = 0,00 m

Base 100% Comprimida

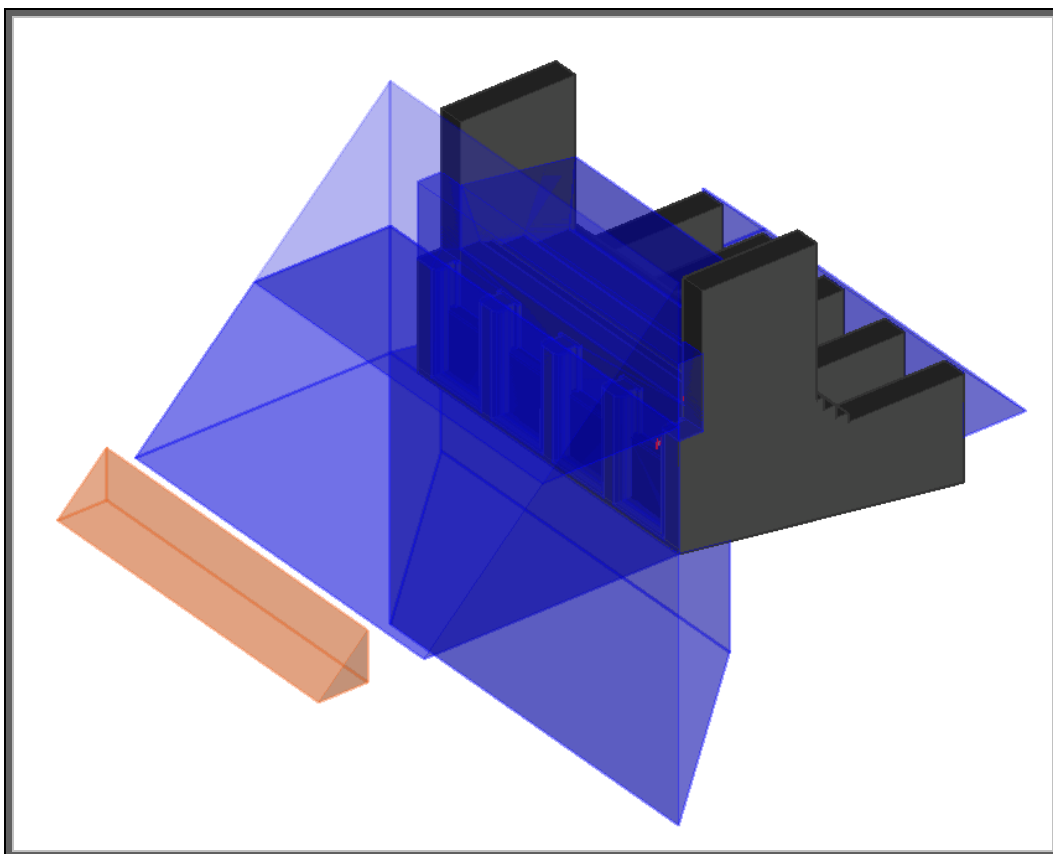


Diagrama de carga considerado na condição de carregamento Excepcional.

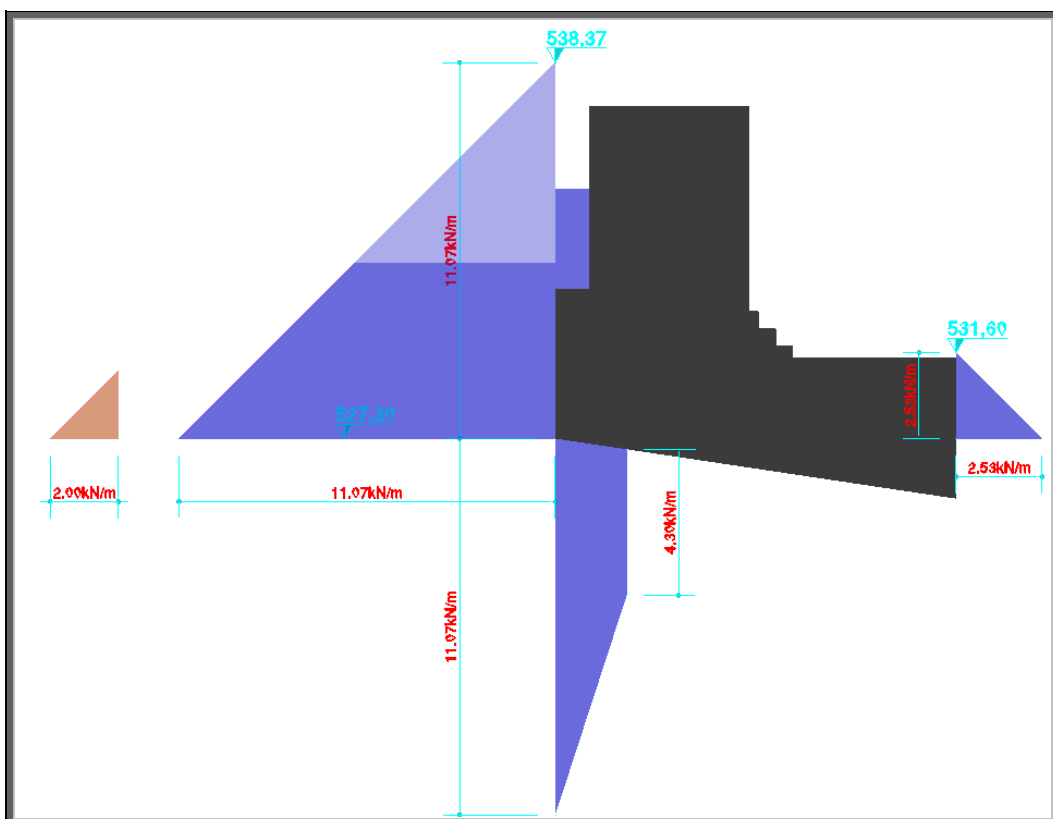


Diagrama de carga considerado na condição de carregamento Excepcional e esforços provenientes.

CASO DE CARREGAMENTO CCE						
ESFORÇOS	Volume [m³]	Peso específico [kN/m³]	Força kN (-) estabilizante (+) desestabilizante	Braço de alavanca em relação ao ponto tombamento (m)		Momento [kN.m] (+) estabilizante (-) desestabilizante
				horizontal	vertical	
Peso de Concreto	406,45	24,00	-9.754,80	7,04		68.673,79
Peso de Água a Montante	219,56	10,00	-2.195,60	9,28		20.375,17
Empuxo de Água a Montante	610,41	10,00	6.104,10		3,97	-24.233,28
Empuxo de Água a Jusante	44,85	10,00	-448,50		2,61	1.170,59
Peso próprio das comportas	1,15	75,00	-86,00	9,97		857,44
Empuxo Material Assoreado Submerso	28,01	10,00	280,10		2,43	-680,64
Subpressão	509,23	10,00	5.092,29	8,35		-42.526,75

Coordenadas do Ponto de Tombamento			xt= 11,79	yt= -1,77
------------------------------------	--	--	-----------	-----------

Flutuação

$\frac{\sum V}{\sum U}$	=	2,36	>	1,20	OK
-------------------------	---	------	---	------	----

Tombamento

$\frac{\sum M_E}{\sum M_T}$	=	1,35	>	1,20	OK
-----------------------------	---	------	---	------	----

Deslizamento Nigam

$\frac{N_i \times tg \phi}{FSD_\phi \times \sum T_i} + \frac{\sum C \times A_i}{FSD_C \times \sum T_i}$	=	1,00	>	1,00	OK
---	---	------	---	------	----

* Ângulo de atrito = 30° (coesão necessária) 30 kN/m²

CARREGAMENTO	FORÇA VERTICAL [kN]	FORÇA HORIZONTAL [kN]	EXCENTRIC. X EM RELAÇÃO AO CG [m]	EXCENTRIC. Y EM RELAÇÃO AO CG [m]	MOMENTO EM RELAÇÃO AO CG DA FUNDAÇÃO [kN.m]
Peso de Concreto	-9754,80		-1,15		11172,99
Peso de Água a Montante	-2195,60		-3,39		7432,95
Empuxo de Água a Montante		6104,10		-3,08	-18815,42
Empuxo de Água a Jusante		-448,50		-1,72	772,51
Peso próprio das comportas	-86,00		-4,08		350,49
Empuxo Material Assoreado Submerso		280,10		-1,54	-432,03
Subpressão	5092,29		-2,46		-12509,66

Somatório das forças verticais	
$\sum N$	-6.944,11 kN

Momento resultante no centro de gravidade da base comprimida	
$\sum M$	-12.028,17 kN.m

Base	
Porcentagem comprimida =	100%
Área	166,91 m²
Xg =	5,90 m
Yg =	-0,88 m
Ip =	1.977,01 m⁴

Tensão na Base	
(-) Compressão; (+) Tração	
Tensão Normal à Montante =	-0,30 kN/m²
Tensão Normal à Jusante =	-72,11 kN/m²
Fissura =	0,00 m
Base 100% Comprimida	

Destaca-se que a análise do deslizamento Nigam apresentada como coeficiente obtido o valor 1,0, isso não representa o coeficiente relacionado a estabilidade e sim atendimento ao critério de análise utilizada.

A título de elucidar a afirmação, a metodologia utilizada tem como coeficientes de segurança embutidos em relação ao atrito com a fundação o coeficiente FDSØ 1,5 e o FSDc 3,0.

Além dos coeficientes apresentados, o valor da coesão utilizado para a estabilidade máximo obtido é de 83 kN/m² considerado baixo, pois tratando-se de fundação em basalto em condição de rocha sã, neste caso são aplicáveis valores de coesão superiores os quais giram em torno de 200 kN/m² mesmo assim sendo conservador.

Em relação ao atrito estrutura fundação em rocha sã, o valor do coeficiente de atrito é função da tangente do ângulo de atrito interno do material, na análise em questão foi considerado um ângulo de atrito interno de 30°, sendo aplicáveis ao basalto ângulos de até 45°, sinalizando que a análise de estabilidade foi executada de forma conservadora.

Apesar de existente durante a execução da estrutura não são considerados os chumbadores presentes na fundação e contato lateral entre concreto e rocha, estes itens tornam a estrutura ainda mais robusta, aumentando o seu nível de confiabilidade.

10.3. Requisitos técnicos para a contratação de comporta basculante

Esse capítulo visa definir os requisitos técnicos específicos para o fornecimento de projeto, fabricação, montagem e testes de comissionamento dos hidromecânicos a serem instalados no Túnel de Francisco Beltrão - PR.

Deverá fazer parte do escopo de fornecimento todas às peças, componentes e acessórios adequados ao bom funcionamento dos equipamentos definidos neste documento, inclusive todos aqueles que não se encontram explicitamente mencionados, porém considerados necessários para uma operação correta dos hidromecânicos.

a) Descrição

Comporta basculante para permitir a variação do nível do córrego Urutago e do rio Marrecas, com respectivas peças fixas de primeira concretagem, acionamento hidráulico e painel local de controle e comando.

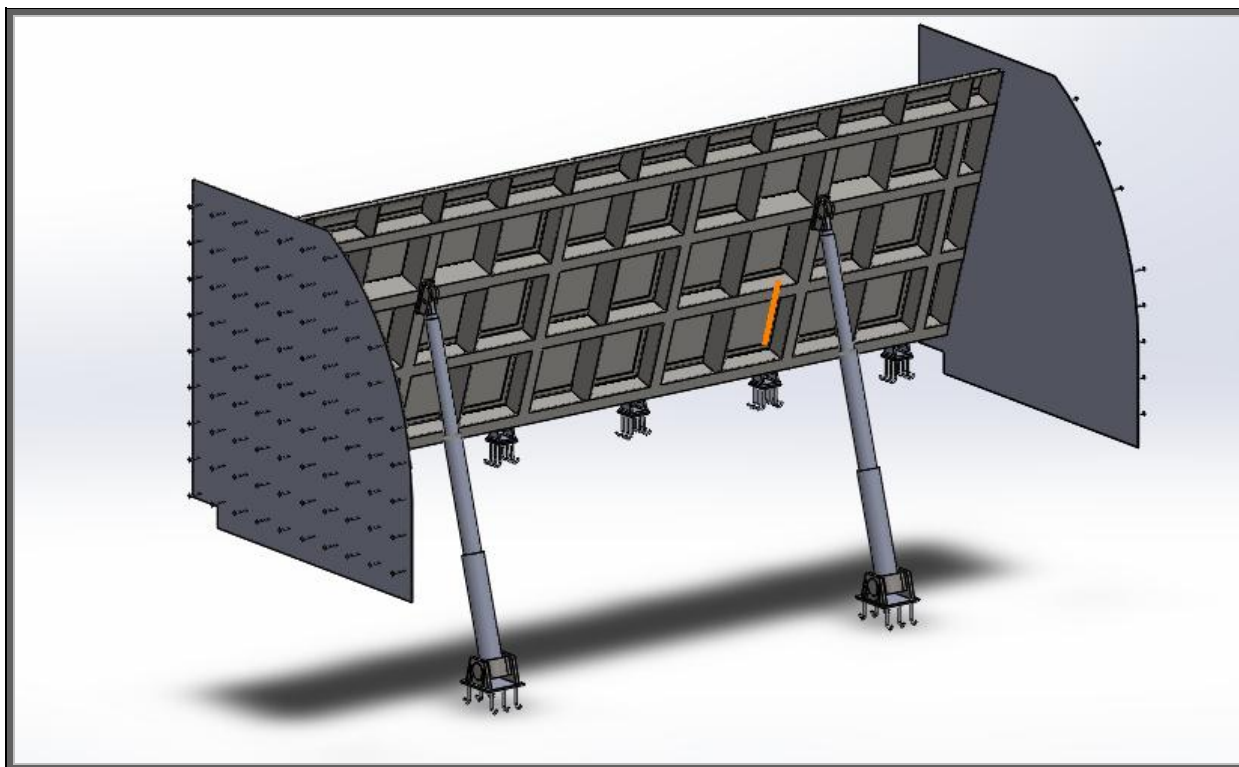
Tipo.....	Basculante
Número de comportas	1
Número de jogos de peças fixas	1
Quantidade de cilindros de acionamento	2/comporta
Pressão normal sobre a soleira com a comporta fechada.....	3,40 mca
Pressão máxima sobre a soleira com a comporta fechada.....	4,70 mca
Pressão máxima sobre a soleira com a comporta aberta.....	9,42 mca
Vão livre	12.000 mm
Altura livre	4.000 mm
Elevação da soleira	532.58 m
Nível d'água normal à montante	536.57 m
Elevação do coroamento de manobra	537.30 m
Nível d'água máximo normal maximorum a montante TR 100 anos.....	542.00 m
Acionamento.....	Hidráulico
Vedação.....	de montante
Aço Estrutural	ASTM A 36 e SAE 1020
Aço Inoxidável das Peças Fixas de Vedação	AISI 304
Norma de Cálculo	NBR 8883
Peso mínimo estimado para o paramento da comporta.....	12.500 kg

A comporta será do tipo basculante com vedação a montante de construção soldada em chapa de aço carbono será composta de uma chapa de "paramento" reforçada por vigas horizontais em formato "TE" contraventadas verticalmente, formando um conjunto estrutural monobloco.

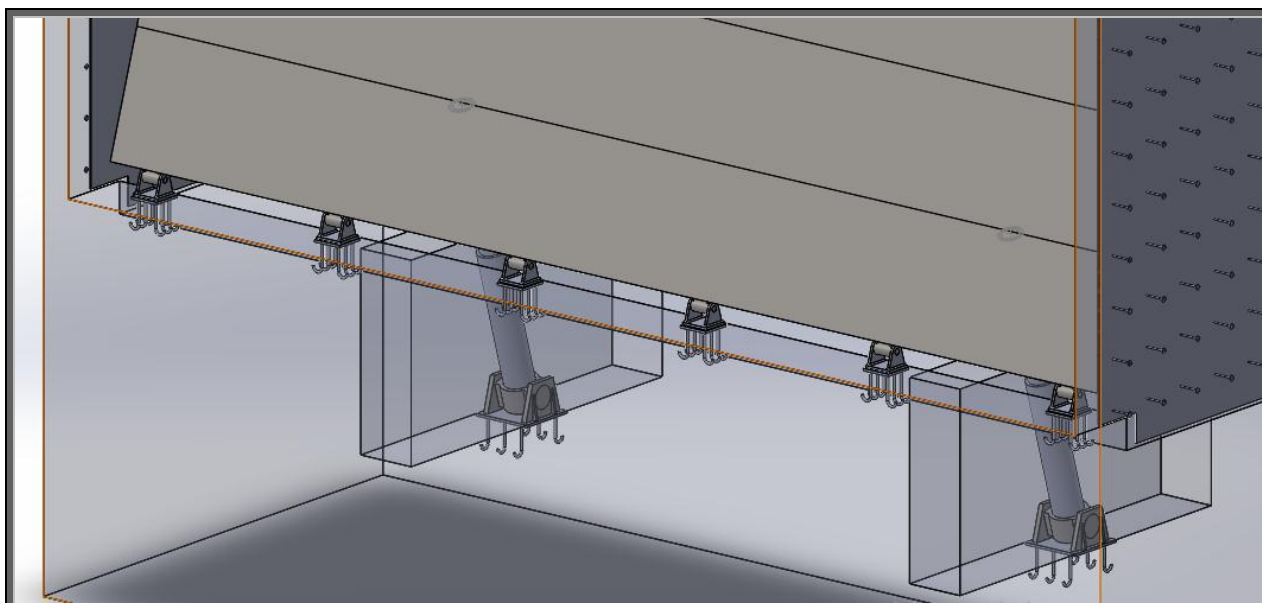
As soldas devem ser estanques em todas as juntas sujeitas a pressão hidrostática. Nas vigas horizontais devem ser previstos furos para a drenagem do acúmulo de água.

As vedações devem ser em borracha sintética SBR (estireno/butadieno) teflonadas, sendo a vedação lateral de perfil especial tipo nota musical e a vedação inferior será composta por uma manta de borracha de 10mm. As vedações devem ser fixadas sobre barras chatas e aparafusadas a estas através de parafusos inoxidáveis com barra de compressão.

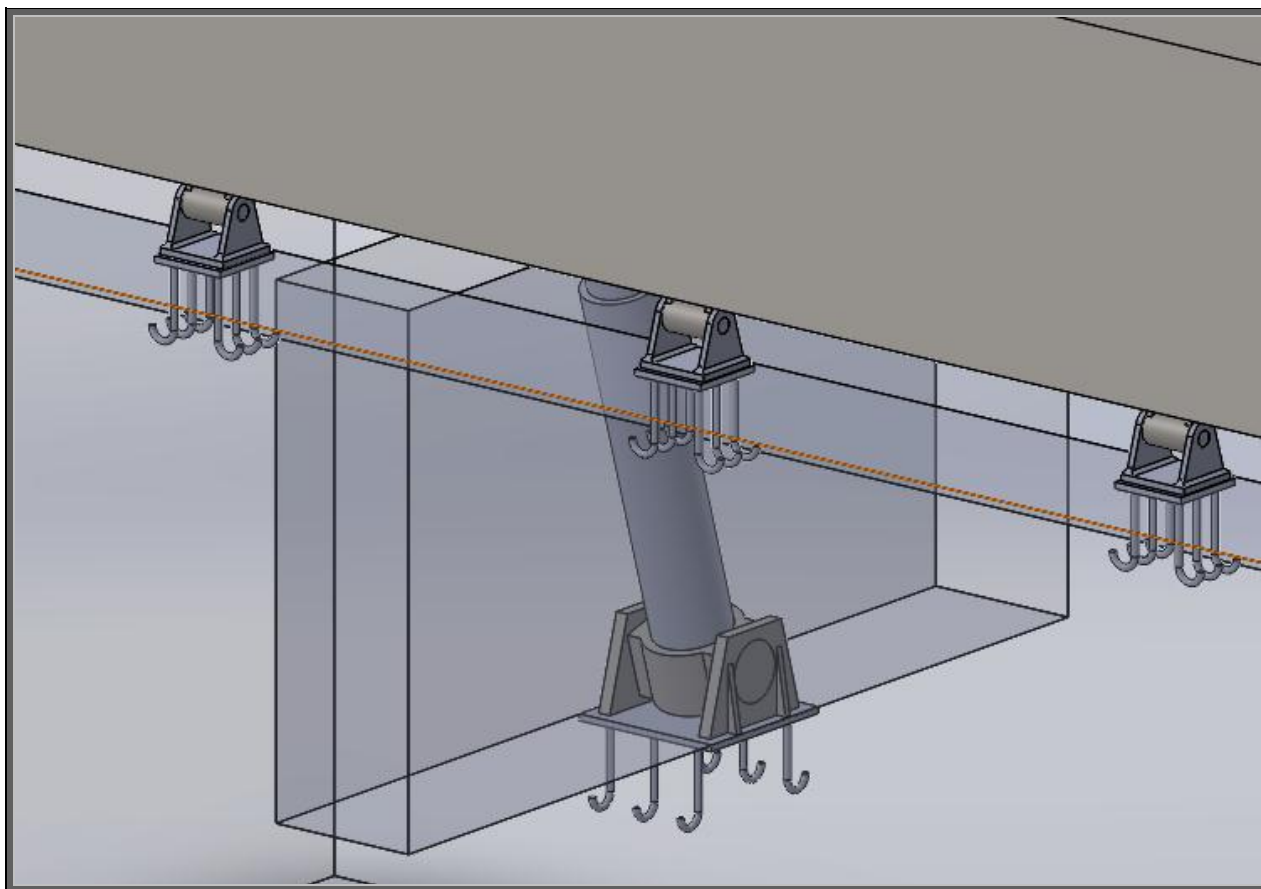
A comporta será apoiada por 06 pontos de rotulados próximo a aresta inferior do paramento e 02 pontos de suspensão intermediários, conforme imagem abaixo e detalhado na prancha P.E.D.F.B-EII-06B do anexo.



Os 06 pontos rotulados frontais serão formados por mancais e pinos, formando uma espécie de dobradiça. Os mancais devem ser alinhados e só então soldados nas peças fixas embutidas no concreto.



Os mancais serão formados por chapas SAE 1020 de 1" e buchas de bronze grafitadas. Já os pinos que escorregarão sobre as buchas de bronze devem ser fabricados em aço inox AISI 304. O projeto pode ser consultado no anexo através da prancha P.E.D.F.B-EII-06C



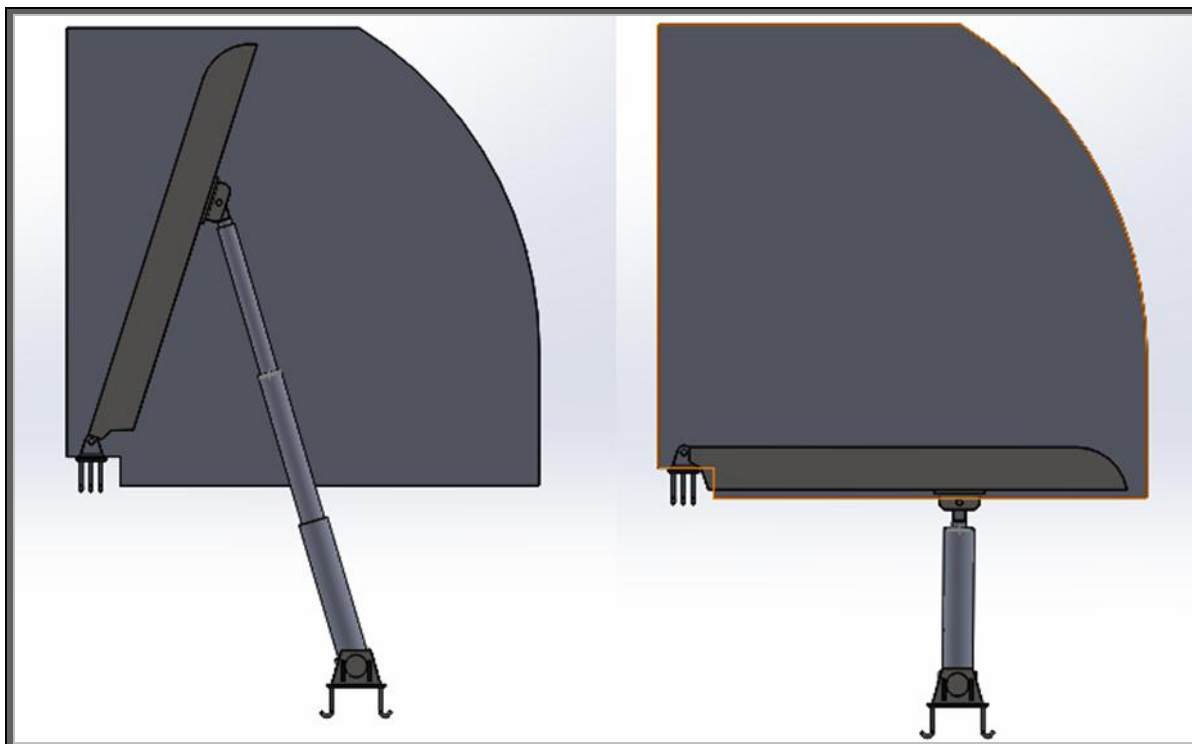
A comporta possuirá dois pontos de suspensão, convenientemente projetados, para permitir a sua movimentação com cilindros hidráulicos.

Os cilindros hidráulicos devem ser rotulados nas extremidades. Devem ser construídos em aço carbono e as hastes de acionamento devem ser revestidas com cromo duro para garantir durabilidade ao equipamento.

Cada cilindro deve possuir a capacidade de içamento nominal de 100 toneladas e deve ser projetado para suportar 1,5 vezes da capacidade nominal.

Os cilindros devem ser do modelo telescópico com duplo estágio, possuir amplitude de ação de 3150mm e pistão com diâmetro de 280mm.

Os cilindros serão operados através da variação de pressão de óleo proveniente da unidade hidráulica, que por sua vez possuirá pressão normal de trabalho de 160bar. Contudo os cilindros devem resistir com segurança a pressão máxima de 250 bar.



A unidade hidráulica, posicionada ao lado da comporta, será fabricada em chapa de aço carbono e sobre ela serão montadas as motobombas de engrenagem de corrente alternada, a válvula reguladora de pressão, o filtro de pressão e as válvulas de comando dos cilindros hidráulicos.

A unidade será equipada com um manômetro para visualização local da pressão fabricado em caixa de aço, bem como um pressostato com contato NA para indicação de pressão normal de operação. Também será instalado um visor de nível vertical com medição volumétrica.

Essa unidade hidráulica será comandada automaticamente, através de uma lógica de níveis de operação implantada no painel elétrico e comandada pelos sensores de medição de nível tipo ultrassônico. Ambos inclusos no fornecimento. A pressão de trabalho deverá ser de 160bar, porem ela deve ter a capacidade de trabalhar em até 250bar.

Devem ser ainda fornecidas todas as válvulas conexões e as tubulações com respectivos suportes necessárias para a interligação da unidade hidráulica com o respectivo cilindro, sendo que essas conexões deve ser dimensionadas para a pressão máxima de trabalho de 250 bar.

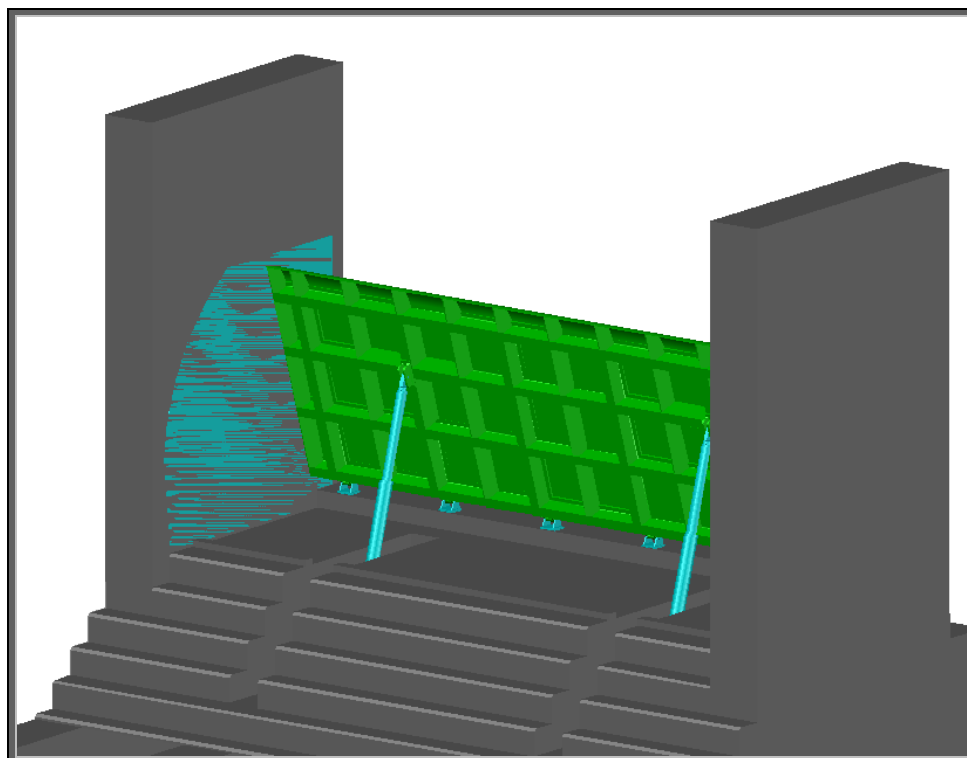
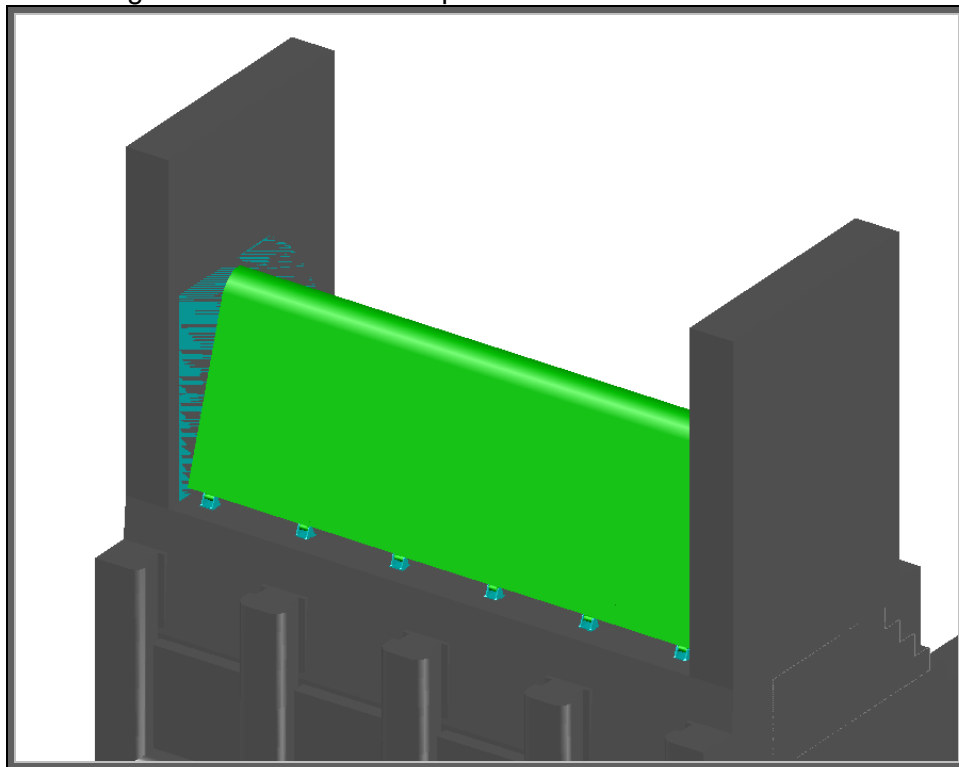
Os trechos da tubulação hidráulica que ficar em contato com a água devem ser em aço inox e anilhada.

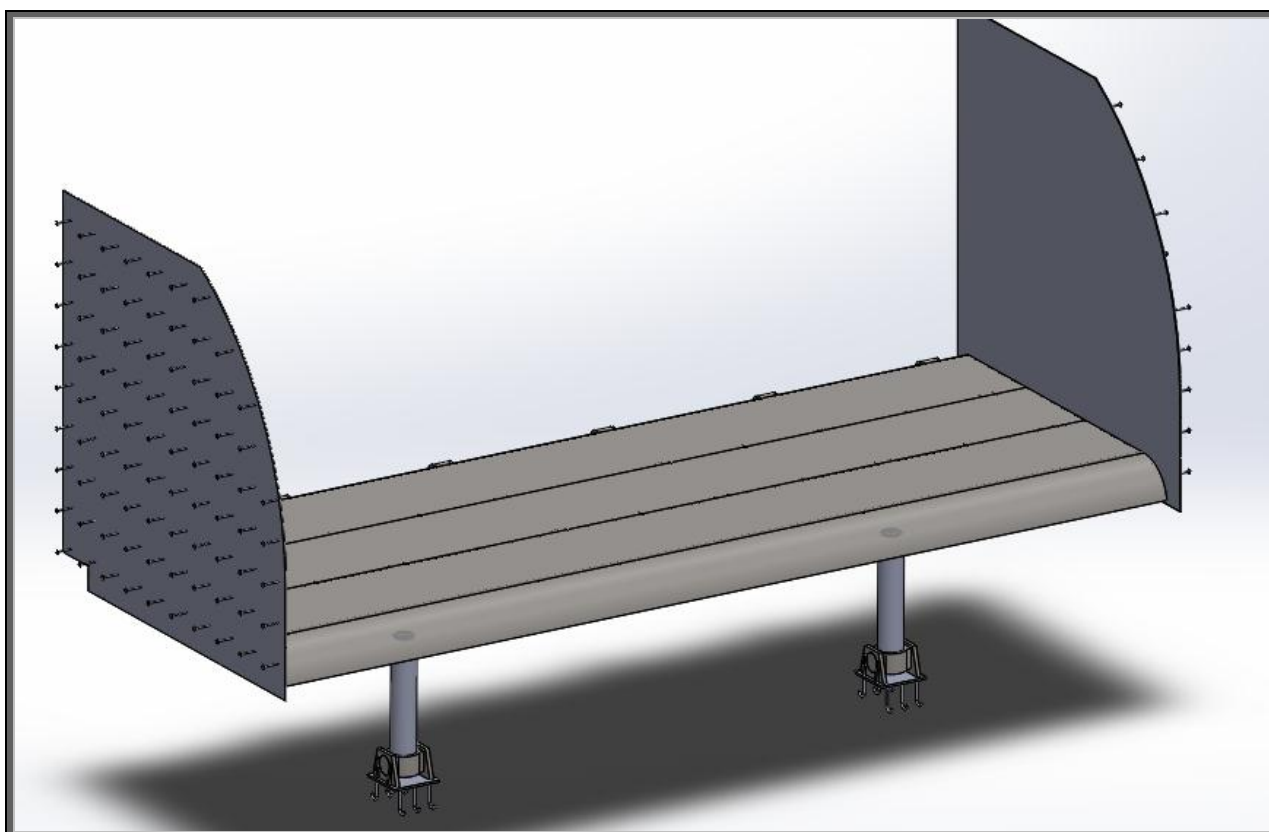
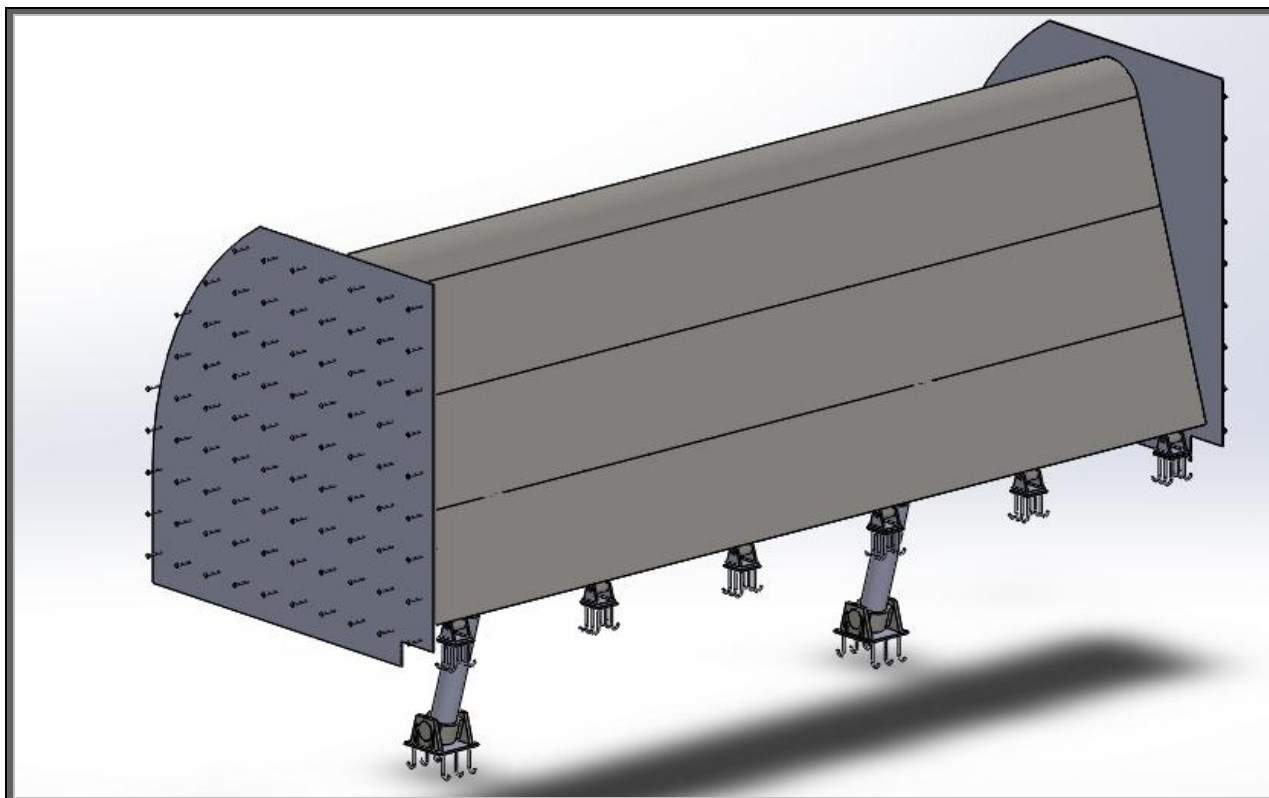
As peças fixas de primeiro estágio devem ser constituídas basicamente por soleira, apoio da vedação, guias de deslizamento e parafusos niveladores, fabricados em estrutura laminada de aço carbono SAE 1020, nas dimensões definidas em função dos esforços exigidos. O apoio da vedação será em aço inoxidável AISI 304 com espessura final média de 3,0 mm.

As peças ou partes que necessitem de manutenção preventiva ou substituição periódica deverão ser facilmente acessíveis e projetadas de modo a facilitar ao máximo essas operações. As peças que, pelas suas dimensões, forma, ou qualquer outra razão, necessitem de recursos que facilitem o seu manuseio, deverão ser dotadas de alças de suspensão, orifícios roscados, suportes etc.

A variedade dentro de cada tipo de componente padronizado deverá ser mínima, inclusive para os componentes comerciais. Os equipamentos fornecidos por um mesmo fornecedor deverão ser idênticos, e as tolerâncias dimensionais das partes individuais deverão ser tais que permitam a intercambiabilidade entre os componentes similares dos equipamentos. As peças sobressalentes deverão ser do mesmo material e qualidade das peças originais dos equipamentos.

Abaixo algumas imagens ilustrativas da comporta a ser fornecida:





b) OPERAÇÃO

A comporta basculante, que será instalada a 29m da entrada do túnel de drenagem do córrego

Urutago, possuirá como função principal a regulação do nível do córrego Urutago e consequentemente do rio Marrecas.

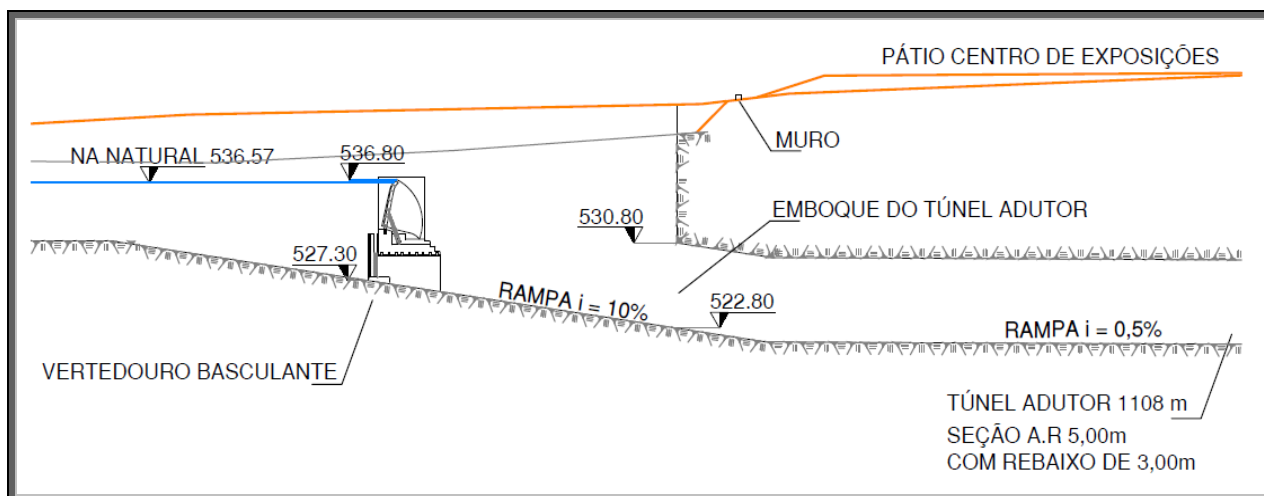


Figura 8 - Perfil do emboque do túnel contendo a localização da comporta basculante.

O projeto prevê o nível normal do córrego Urutago na elevação 536,57m. Nessa condição a comporta deverá permanecer fechada.

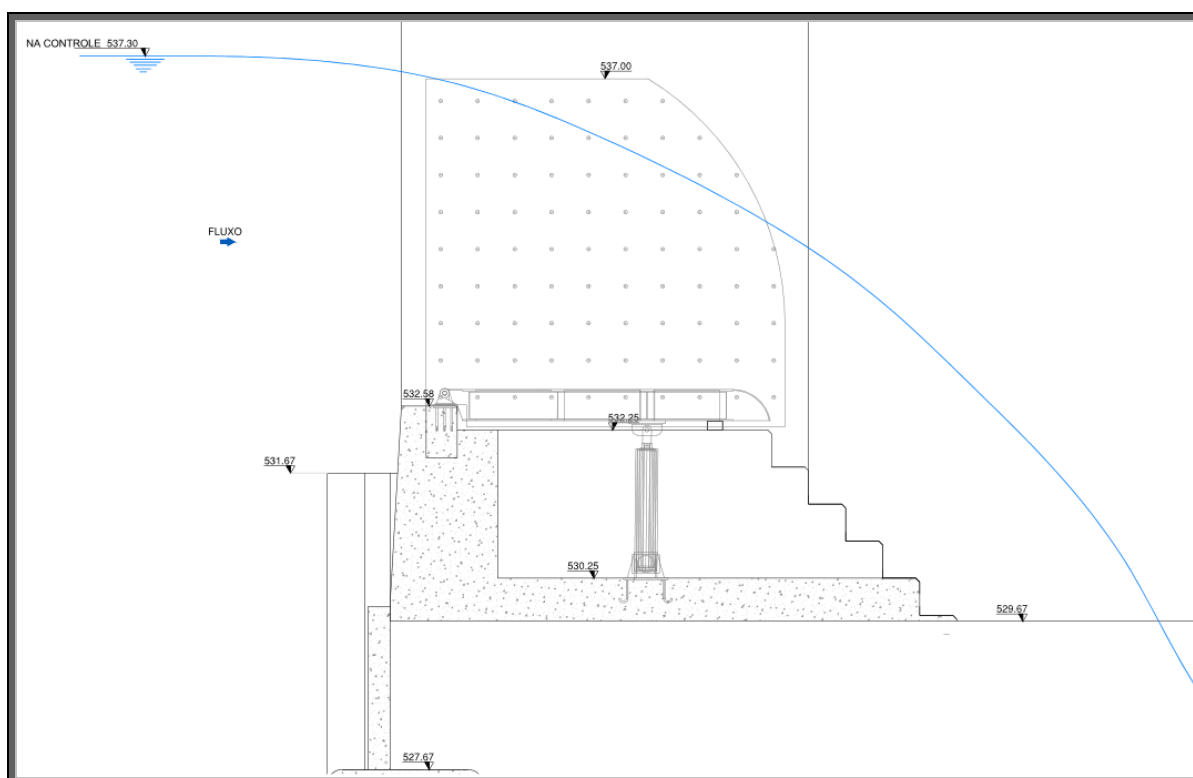
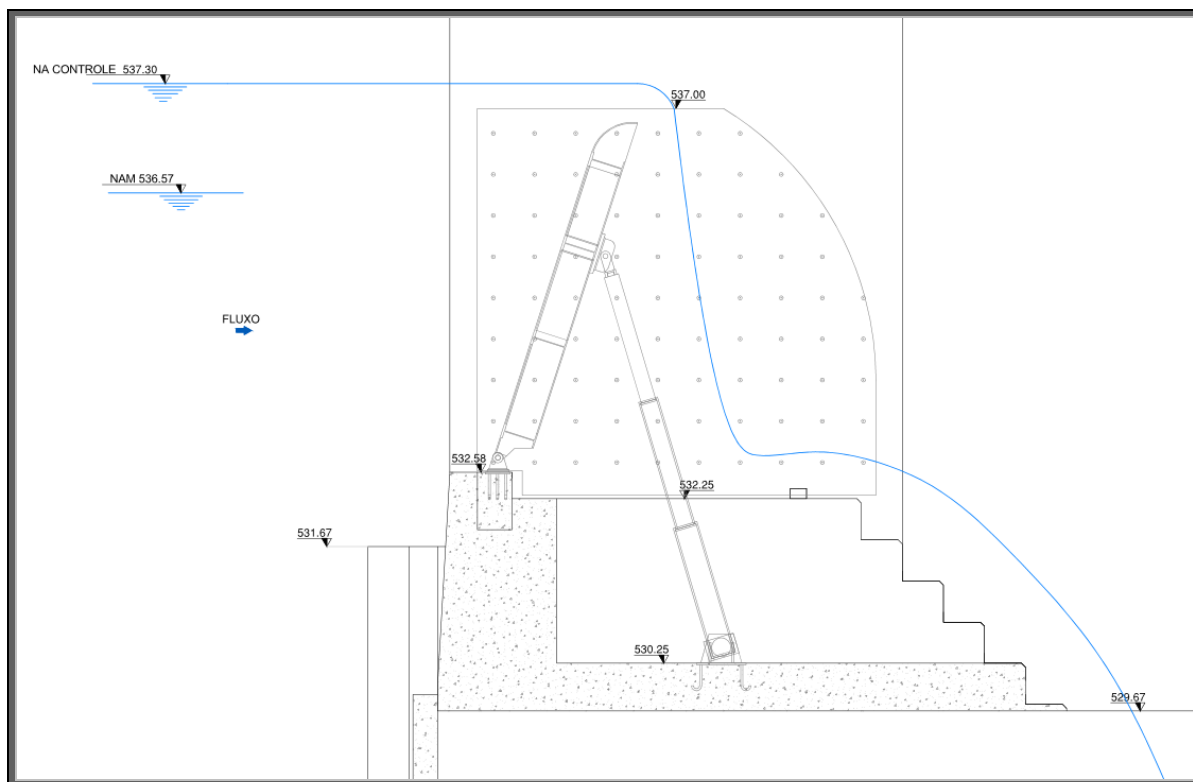
Numa eventual cheia, quando o nível do Urutago alcançar 536,80m deve-se enviar um sinal de alerta para a central de operação. Ainda sim, poderá haver uma carga d'água de até 0,50m passando sob a comporta, atingindo a el. 537,30m.

Para vazões com o atingimento de cotas superiores à el. 537,30m, a automação da comporta deverá iniciar automaticamente o processo de sua abertura, gradativamente, com o intuito de manter o nível do Urutago estabilizado na el. 537,30m.

Sensores de nível localizados a montante da comporta deverão realizar essa leitura e envia-las ao software que comanda a operação da comporta.

A abertura será executada sob condição de pressões máximas de 4,72 mca e ocorrerá pela própria ação da água, com a desenergização da válvula (NA) localizada no bloco "manifold" da unidade hidráulica, que mantém o óleo pressurizado nos cilindros. Para tanto, deve-se calibrar o giclê de retorno do óleo de maneira que o mesmo não permita uma descida abrupta da comporta.

A operação de fechamento é efetuada a partir de um comando local do quadro de elétrico, incluso nesse fornecimento, com o aumento da pressão de óleo nos cilindros hidráulicos. O comando é dado a partir do quadro de controle local, acionando os as bombas de óleo da Unidade Hidráulica. O óleo sob pressão atua sobre os servomotores hidráulicos.



c) Dimensionamento

Todos os equipamentos, materiais e componentes incluídos no fornecimento devem ser Materiais novos, da melhor qualidade e de conformidade com o objetivo para o qual serão destinados. Estes materiais deverão ser fornecidos de acordo com as últimas especificações das Normas da ABNT, da American Society for Testing and Materials (ASTM) ou equivalente DIN.

A fabricação deverá ser segundo as técnicas modernas e seguindo os requisitos das Normas ASTM, AWS e ANSI, conforme suas últimas revisões, exceto onde especificado diferentemente.

As soldas deverão preencher os requisitos da última edição da "Standart Qualification Procedure" da American Welding Society (AWS), ou das correspondentes Normas DIN.

Para o dimensionamento desse hidromecânico, o cálculo das tensões deverá levar em consideração todas as hipóteses possíveis, caso por caso, tais como influência de cargas alternadas, vibrações, choques, fadiga, etc., e deverá ser baseado na teoria mais adequada para cada tipo de material e situação específica. Deverão também considerar as condições mais desfavoráveis a que estiverem sujeitas (durante a operação, montagem, ensaios de campo e transporte).

A análise de tensões deverá ser feita para todos os equipamentos, suportes ou bases, e seus componentes, sob cada condição de carga de projeto, considerando-se o seguinte:

- Níveis de tensão máxima e distribuição de tensões, com indicação dos picos de tensão em pontos críticos e pressões de contato;
- Deformações e deflexões;
- Segurança contra ressonâncias entre a frequência natural e a induzida em partes da estrutura;
- Segurança contra fadiga;
- Tensões provenientes do torque máximo, em equipamentos bloqueados, não deverão exceder a 80% do limite de resistência de escoamento do material empregado;
- Tensões Admissíveis.

Quando os componentes dos equipamentos estiverem sujeitos às condições máximas normais de operação, ou estiverem sujeitas à máxima pressão hidrostática, incluindo o aumento de pressão devido à rejeição a plena carga, a tensão no material usado não excederá os seguintes valores:

MATERIAL	Tensão Máxima Admissível	
	Componentes Sujeitos a Cargas Dinâmicas	Componentes Sujeitos a Cargas Estáticas
Ferro Fundido		
Tração	10% do LR	15% do LR
Compressão	70 MPa	100 MPa
Cisalhamento	14 MPa	14 MPa
Ferro Fundido Nodular		
Tração ou Compressão	A menor entre 17% do LR ou 25% do LE	A menor entre 25% do LR ou 40% do LE
Aço Carbono e Aço Liga Fundidos		

Tração ou Compressão	A menor entre 20% do LR ou 33% do LE	A menor entre 25% do LR ou 50% do LE
Aço Forjado e Chapas de Aço Laminado		
Tração	A menor entre 30% do LR ou 55% do LE	A menor entre 33% do LR ou 55% do LE
Compressão	60% da Tensão Admissível à Tração	60% da Tensão Admissível à Tração
Aços de Alta Resistência		
Tração ou Compressão	A menor entre 20% do LR ou 33% do LE	A menor entre 30% do LR ou 50% do LE
LE (Tensão de Escoamento) e LR (Tensão de Ruptura)		

No caso de cálculos realizados por elementos finitos, os limites de tensões poderão ser os definidos pelo Código ASME Seção II.

d) Pré-Dimensionamento

O pré dimensionamento aqui abordado tem como objetivo apresentar especificações mínima para a construção da comporta basculante.

Diversos modelos de comporta basculantes foram estudados e verificados em elementos finitos até chegar num que atendessem às especificações citadas no item anterior.

Por fim chegou-se a um modelo construído com as seguintes especificações:

- Paramento: SAE 1020 # ½"
- Chassi estrutural: ASTM A 572 Grau 50 - Perfil W 410 x 67
- Longarinas de reforço: SAE 1020 # ½"
- Reforço dos perfis: SAE 1020 # ½"
- Olhais para fixação dos cilindros: SAE 1020 # 1,½"
- Peças fixas Laterais: SAE 1020 # ½" e AISI 304 # 3,0mm

Os projetos específicos para construção desse hidromecânico pode ser consultado nos Anexos desse Memorial.

Os principais pesos para elaboração do orçamento são apresentados abaixo, contudo esses devem ser verificados pelos proponentes, tendo em vista que qualquer divergência ficará a encargo da contratada.

- Paramento: 12.500 kg
- Mancais: 6 x 30 kg
- Peças Fixas dos mancais: 6 x 30 kg
- Peças Fixas dos cilindros: 2 x 80 kg
- Peças Fixas Laterais: 2 x 2.150 kg

As tensões resultantes no paramento da comporta basculante, para os esforços sob condições de aplicação supracitadas, podem ser verificadas nas imagens abaixo:

Comporta fechada: NA 536,57m

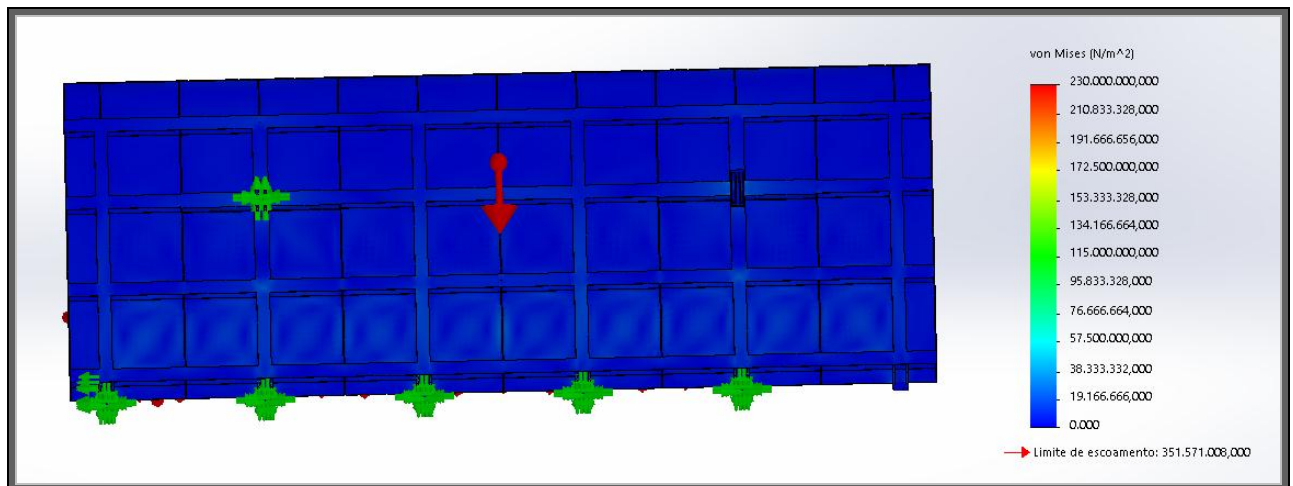


Figura 9 - Comporta fechada: NA 536,57m.

Tensão admissível do ASTM A 572 Grau 50: 230 Mpa
Máxima tensão no ASTM A 572 Grau 50: 38 Mpa

Tensão admissível do SAE 1020 50: 160 Mpa
Máxima tensão no ASTM A 572 Graus 50: 56 Mpa

Comporta fechada: NA 537,30m (vertendo 50 cm)

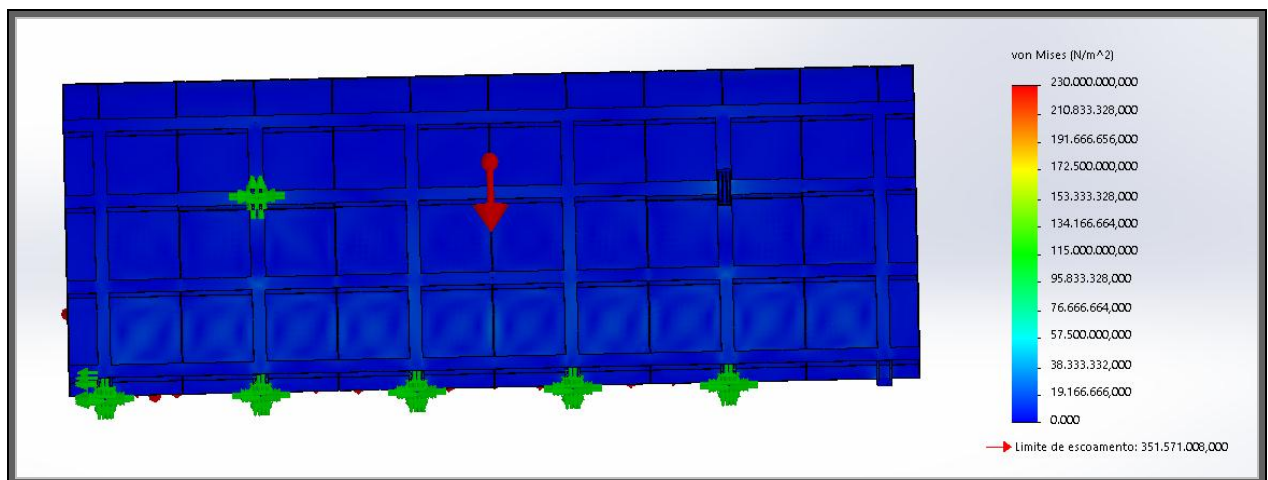


Figura 10 - Comporta fechada: NA 537,30m (vertendo 50 cm).

Tensão admissível do ASTM A 572 Grau 50: 230 Mpa
Máxima tensão no ASTM A 572 Grau 50: 57 Mpa

Tensão admissível do SAE 1020 50: 160 Mpa
Máxima tensão no ASTM A 572 Graus 50: 58 Mpa

Comporta regulando nível: NA 537,30m (vertendo 450 cm)

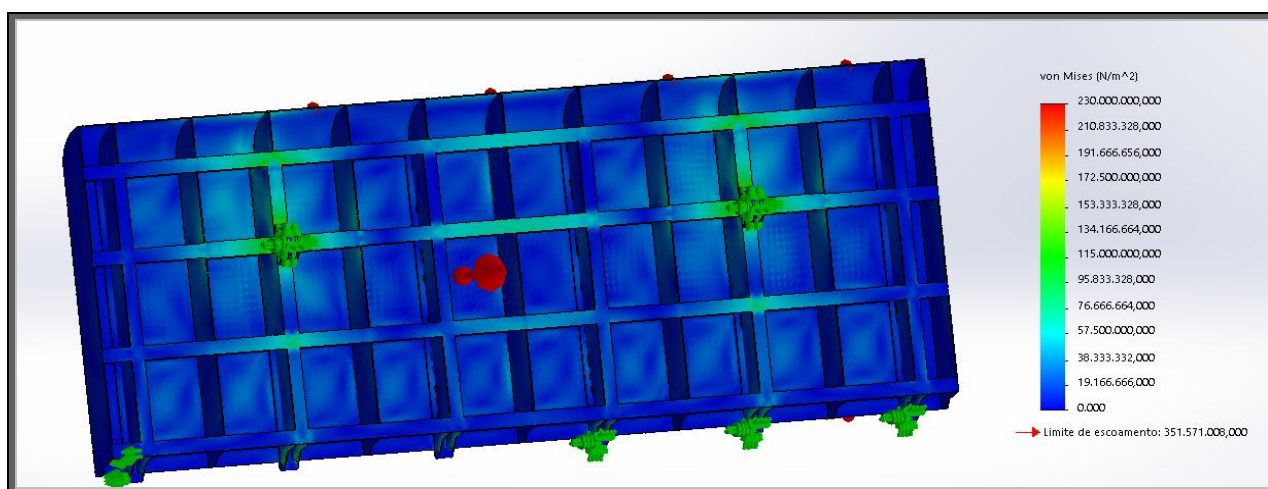


Figura 11 - Comporta regulando nível: NA 537,30m (vertendo 450 cm)

Tensão admissível do ASTM A 572 Grau 50: 230 Mpa
Máxima tensão no ASTM A 572 Grau 50: 153 Mpa

Tensão admissível do SAE 1020 50: 160 Mpa
Máxima tensão no ASTM A 572 Graus 50: 134 Mpa

Comporta aberta (apoiada no descanso): NA Max 542m TR 10.000 (vertendo 942 cm)

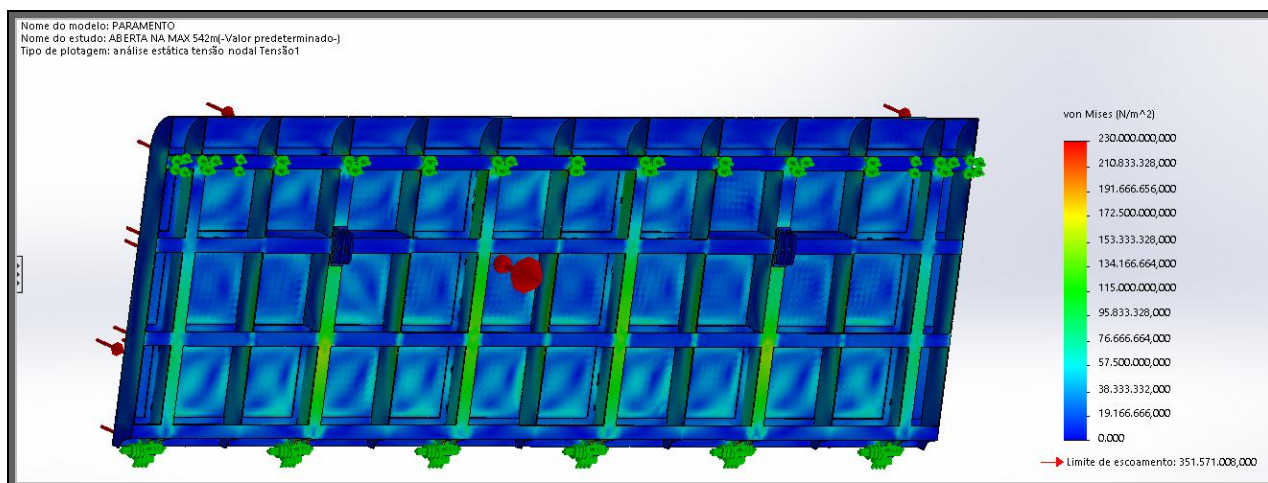


Figura 12 - Comporta aberta (apoiada no descanso): NA Max 542m TR 10.000 (vertendo 942 cm)

Tensão admissível do ASTM A 572 Grau 50: 295 Mpa (Caso excepcional)
Máxima tensão no ASTM A 572 Grau 50: 134 Mpa

Tensão admissível do SAE 1020 50: 210 Mpa (Caso excepcional)
Máxima tensão no ASTM A 572 Graus 50: 210 Mpa

e) Pintura

A pintura de todos os hidromecânicos deverá seguir os procedimentos determinados na NBR-11389 e resumidos abaixo.

Todo o material em aço carbono deve ser jateado com granalhas de aço antes da realização

da pintura.

Após a limpeza as peças em contato com a água devem receber duas demãos de tinta Epóxi totalizando uma espessura final de 400 micrometros.

As peças que não ficarem expostas a água devem receber uma demão de tinta Epóxi com uma espessura final de 30 micrometros.

As superfícies embutidas em concreto não precisam sofrer qualquer tratamento superficial. As superfícies usinadas devem ser cobertas com graxa adequada ou verniz anti-corrosivo apropriado.

f) Manual de operação e manutenção

Deverá ser fornecido um manual contendo as descrições e instruções completas e detalhadas para a operação e manutenção dos subsistemas e dos equipamentos, tendo sempre em vista o melhor desempenho e a máxima segurança pessoal.

Esse manual incluirá também:

- Determinação dos ciclos e operação com recomendações quanto a testes.
- Calibragem, alteração ou substituição de partes funcionais ou não funcionais dos subsistemas e equipamentos, de acordo com um programa de manutenção periódica.
- Tabela de lubrificação periódica com indicação dos tipos de lubrificantes recomendados, com seus equivalentes de diversos fornecedores.
- Listas de todas as peças dos equipamentos, com números de catálogos e outras informações necessárias à aquisição de peças de reposição.

g) Garantia

A GARANTIA TÉCNICA será de 24 (vinte e quatro) meses contados da data de entrada em operação dos equipamentos ou de 30 (trinta) meses contados da entrega EX-WORKS dos equipamentos, devendo prevalecer o que ocorrer primeiro desde que as seguintes condições tenham sido atendidas:

- Manuseio na obra e armazenamento em local adequado;
- Operações dentro do limite de suas capacidades, conforme especificado nesse memorial;
- Realização periódica das devidas manutenções preventiva, de acordo com as informações inclusas nos manuais de operação e manutenção, a serem fornecidas pela contratada;

Durante o período de garantia técnica, no caso de falha ou defeito de quaisquer bens ou serviços, incluindo, mas não se limitando a equipamentos, materiais, serviços, devido a falha de projeto, defeitos de materiais e/ou de execução, ou, ainda, se tais bens e serviços deixarem de estar em conformidade com as condições previstas nesse memorial, os mesmos deverão ser re-projetados, reparados ou substituídos, conforme o caso, pelo prazo dessa garantia, pela contratada, à sua exclusiva expensas.

Todos os custos relativos aos serviços de engenharia e projeto, reparos e substituições, remoção de equipamentos e/ou materiais necessários, serão de exclusiva responsabilidade da contratada.

A garantia não é válida se for constatado que o defeito ou avaria tenha sido ocasionado por acidentes, desgaste normal, negligências, manobra indevida, tratamento inadequado ou descuido, terrenos impróprios para construção, defeitos químicos, defeitos nos equipamentos elétricos, ações de intempéries, armazenagens prolongadas em ambientes inadequados, montagens executadas fora das normas técnicas apresentadas pela contratada em seus manuais.

10.4. Abrigo da unidade hidráulica da comporta basculante

O abrigo da unidade hidráulica da comporta basculante será locada na margem esquerda do canal de aproximação do túnel.

Será instalado sobre base do tipo radier em concreto fck 25 MPA e armadura em tela telcon Q138. As dimensões da base são 3,65 m x 2,40m x 0,20m. Seu quantitativo encontram-se nos sub itens 4.5 e 4.6 respectivamente.

As dimensões do abrigo são 3,15m X 1,87m x 2,90m.

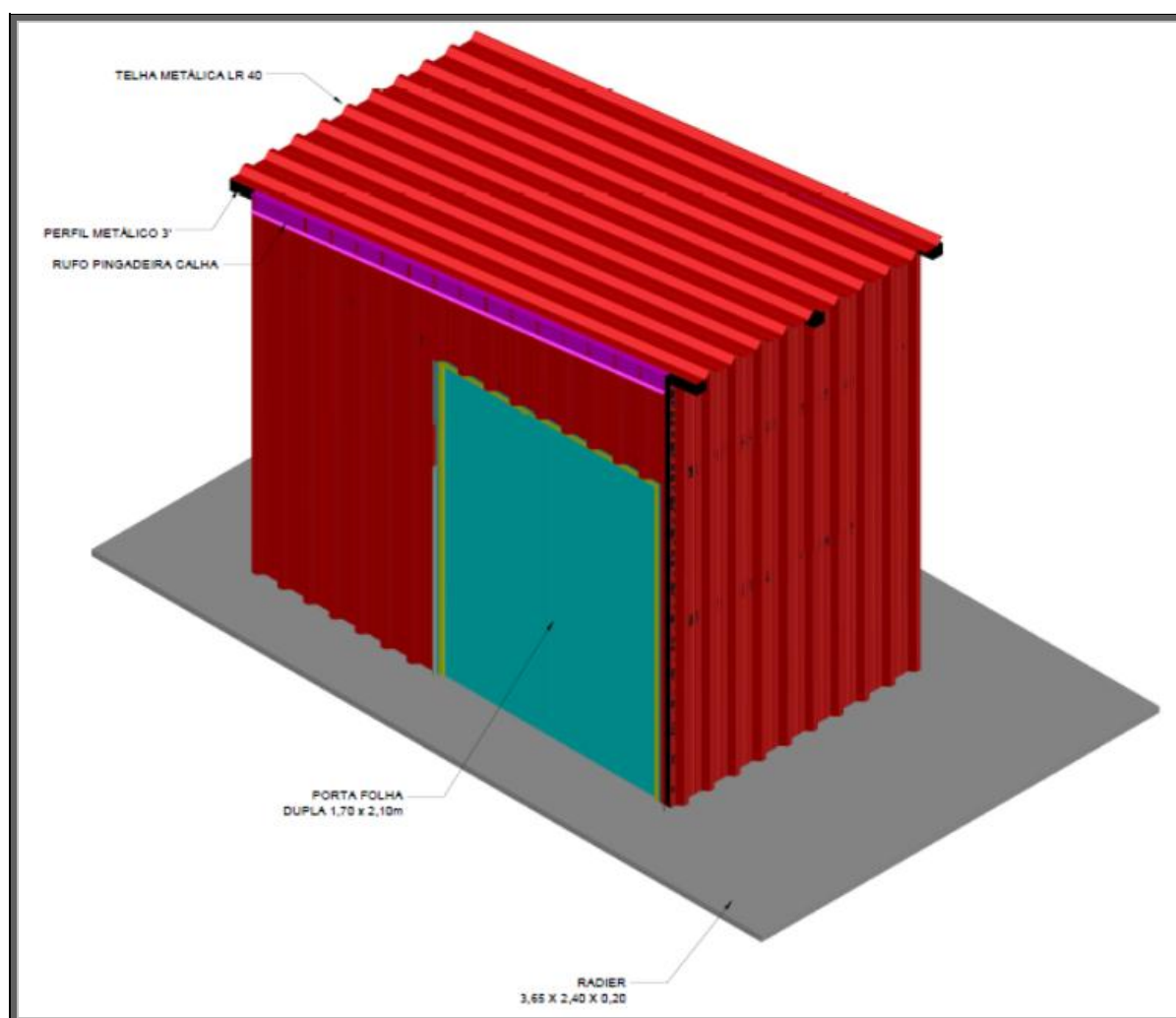


Figura 13 - Abrigo da unidade hidráulica da comporta basculante.

O projeto encontra-se disponível no desenho P.E.D.F.B-EII – 06E e a lista de materiais encontra-se disponível no desenho P.E.D.F.B-EII-06D.

A região será cercada e haverá um portão de acesso para vistoria ou manutenção.

10.5. Método construtivo do Túnel de Adução

O processo de escavação do túnel adutor, emboque e desemboque deverá prever no mínimo os seguintes procedimentos a serem cumpridos pelo proponente:

Comprimento total.....1108m
Área total.....37,31m²
Primeira fase: Seção arco retângulo.....D=5m
Segunda fase rebaixo.....3m
Estaqueamento Marcas pintadas na lateral do túnel a cada 20m

10.5.1. Sequencia construtiva a partir da escavação dos espelhos emboque e desemboque

1. Marcação topográfica;
2. Perfuração;
3. Carga e detonação;
4. Ventilação;
5. Retirada do material;
6. Bate choco e aplicação de tirantes e tratamentos (se necessário);
7. Repetir ciclo.

A escavação do túnel é prevista concomitantemente pelas duas frentes, sendo, montante e jusante.

Após a abertura total da fase 01, a ventilação forçada pode ser dispensada e deve ser iniciada de rebaixo da fase 02.

É oportuno mencionar que esta escavação também poderá ser realizada em fase única a depender dos equipamentos disponíveis pelo contratado.

A limpeza do túnel, deve atender ao gabarito especificado, não necessitando de limpeza fina ou concretagem de piso para a sua entrega.

É imprescindível que as detonações sejam realizadas com o devido controle de abalo sísmico afim de evitar o comprometimento de edificações existentes nos entornos da obra.

10.5.2. Tratamentos no túnel adutor

Com as informações obtidas na campanha de sondagem realizada para o projeto do Túnel de Desvio do Rio Marrecas, verificou-se que o maciço rochoso é de boa qualidade (A1, C1 e F2), assim, acredita-se que a sua categoria de suporte será 1 pelo índice Q de Barton nos locais onde foram executadas sondagens.

No início e no final do túnel, segundo os resultados das sondagens realizadas nas proximidades, a rocha é de boa qualidade com recuperação contínua de 100%.

No emboque do túnel por se tratar de uma região com menor confinamento recomenda-se tratamento sistemático nos primeiros 80 metros, sendo a categoria de suporte 2, considerando a aplicação de 1 tirante a cada 2,0 metros, dependendo da qualidade da rocha encontrada durante a escavação.

Nos últimos 40 metros a categoria de suporte indicada também é 2, considerando a aplicação de 1 tirante a cada 2,0 metros, devendo ser definido a necessidade desse tratamento em função da qualidade da rocha escavada.

Desta forma, estima-se que serão necessários 60 tirantes de 03,00 metros com 100kN de pressão e diâmetro de 1" para eventual tratamento do teto..

Aplicação de 50m³ de concreto projetado, com espessura 5 cm e 480 kg de tela telcon, para eventual tratamento de teto.

10.5.3. Escavação em rocha a Céu aberto Espelhos de emboque e desemboque

Emboque 15.077m³ de rocha com pré fissuramento de $h=18 \times 30m = 2055m^2$;

Desemboque 8.000m³ com pré fissuramento de $h=18 \times 30m = 540m^2$;

DMT 1,75 km até o pátio de bota fora;

Aplicação de 25 tirantes de 03,00 metros com 100KN de pressão para o enfilamento no emboque do túnel e outros 25 tirantes com as mesmas características para o enfilamento no desemboque do túnel.

Aplicação de 40 tirantes de 1" x 3m com resina pega rápida e placa, para tratamento das laterais de emboque e desemboque;

Aplicação de 50m³ de concreto projetado, com espessura 10cm e tela telcon, para tratamento de espelhos de emboque e mais 50m³ para o tratamento no desemboque.



Figura 14 - Exemplo de tratamento do espelho do emboque / desemboque com camada de concreto projetado.



Figura 15 - Exemplo de tratamento do espelho do emboque / desemboque com camada de concreto projetado e tirantes.



Figura 16 - Exemplo de camboteamento com a instalação de tirantes de estabilização na abóboda do túnel.



Figura 17 - Exemplo de camboteamento com a instalação de tirantes de estabilização na abóboda do túnel.

A princípio, conforme relatório geológico do túnel (anexo), observando as sondagens realizadas e a classificação geotécnica da obra, não haverá a necessidade de revestimento em concreto projetado fck 25 MPa no interior do túnel adutor.

No entanto, este projeto recomenda prever um volume mínimo na licitação de 50 m³ no interior do túnel para tratamentos eventuais.

O proponente deverá consultar os boletins geológicos disponíveis e avaliar a necessidade de tratamentos adicionais para a escavação do túnel, os quais não serão objeto de aditivo correndo por conta e risco do proponente.

Empresa executora deverá registrar diariamente o avanço das escavações e atualizar a contratante (Prefeitura de Francisco Beltrão) em frequência semanal.

Deverão ser executados viradouros a cada 130m totalizando 7 estruturas. Este custo foi contabilizado no sub item 3.3 do orçamento. A locação encontra-se disponível no desenho P.E.D.F.B-EII-04A.

Após a conclusão do túnel adutor, tais viradouros deverão ser preenchidos, visando evitar ações na paredes oriundas dos vórtices que seriam formados. Este custo foi contabilizado no sub item 3.4 do orçamento.

O proponente deverá considerar em seu orçamento, equipamento para a drenagem de águas acumuladas no interior do túnel escavado pelo setor de montante, que por ventura possam

existir.

Já o vertimento de águas do setor de jusante será drenado naturalmente por gravidade.

O proponente deverá considerar em seu orçamento, equipamento para a drenagem de águas acumuladas no interior do túnel escavado pelo setor de montante, que por ventura possam existir.

Ressalta-se que, as instalações elétricas, instalações de drenagem das obras, instalação das linhas de água de serviço, instalação da linha de ventilação, bem como, sua manutenção durante a obra são de inteira responsabilidade do contratado.

O ponto de entrada de energia será de responsabilidade da contratante. O consumo deverá ser previsto e custeado pelo contratado.

Todos estes serviços e insumos devem estar inclusos no preço ofertado na proposta.

10.6. Isolamento das áreas de emboque e desemboque

A região de emboque do túnel possui expressiva altura entre o fundo e a cota de proteção.

Além disto, nos casos de cheias onde haverá a operação do túnel adutor, o sistema oferece risco de vida em caso de acesso não autorizado as áreas de emboque e desemboque.

Portanto, foi previsto no projeto, o isolamento das áreas através de cerca e sinalização de perigo. Apresentamos a seguir a relação de materiais necessários.

	DESCRIÇÃO	QTDE	UNID
EMBOQUE	Cerca galvanizado tipo tela alambrado (abertura máxima da malha 1,5" com 270 cm de altura)	120	m
	Postes de concreto para cerca (seção mínima 12 cm x 12 cm x 300 cm)	61	Unid.
	Baldrame (base para os postes e cerca)	120	m
	Arame farpado (120 m x 3 linhas)	360	m
	Arame liso para travamento em duas seções da tela (120m x 2 linhas)	240	m
	Portão de acesso (2 x B = 160cm x H = 300 cm)	1	Unid.
	Placas de sinalização de área de segurança	12	Unid.

	DESCRIÇÃO	QTDE	UNID
DESEMBOQUE	Cerca galvanizado tipo tela alambrado (abertura máxima da malha 1,5" com 270 cm de altura)	168	m
	Postes de concreto para cerca (seção mínima 12 cm x 12 cm x 300 cm)	85	Unid.
	Baldrame (base para os postes e cerca)	168	m
	Arame farpado (120 m x 3 linhas)	504	m
	Arame liso para travamento em duas seções da tela (120m x 2 linhas)	360	m
	Portão de acesso (2 x B = 160cm x H = 300 cm)	1	Unid.
	Placas de sinalização de área de segurança	17	Unid.

O baldrame foi considerado na planilha de orçamento por m³ no sub item 2.11 para o emboque e 2,12 para o desemboque.

Os demais componentes para a construção da cerca foi inserido na planilha de orçamento no sub item 2,13 para o emboque e 2,14 pra o desemboque, considerando o preço global por metro.

10.7. Generalidades

Por se tratar de uma obra de escavação em área urbana, a detonação do túnel e dos trechos à céu aberto deverá ocorrer, sobretudo sobre as seguintes premissas:

Todas as operações envolvendo explosivos e acessórios devem observar as recomendações de segurança do fabricante, sem prejuízo do contido nas Normas Reguladoras de Mineração – NRM.

O transporte e utilização de material explosivo devem ser efetuados por pessoal devidamente treinado, respeitando-se as Normas do Departamento de Fiscalização de Produtos Controlados do Ministério da Defesa e legislação que as complementa.

O plano de fogo da mina deve ser elaborado por profissional legalmente habilitado.

A execução do plano de fogo, operações de detonação e atividades correlatas devem ser supervisionadas ou executadas pelo técnico responsável ou pelo bláster legalmente registrado.

Ao técnico responsável ou bláster compete:

- a) ordenar a retirada dos paíóis, o transporte e o descarregamento dos explosivos e acessórios nas quantidades necessárias ao posto de trabalho a que se destinam;
- b) orientar e supervisionar o carregamento dos furos, verificando a quantidade carregada;
- c) orientar a conexão dos furos carregados com o sistema de iniciação e a seqüência de fogo;
- d) solicitar a execução das medidas de concentração gasosa, antes e durante o carregamento dos furos, em frentes de trabalho sujeitas a emanações de gases explosivos, respeitando o limite constante no subitem 8.1.12.1 da [NRM-08](#);
- e) certificar-se do adequado funcionamento da ventilação auxiliar e da aspersão de água nas frentes em desenvolvimento;
- f) certificar-se de que não haja mais pessoas na frente de desmonte e áreas de risco antes de proceder a detonação;
- g) iniciar todas as detonações na área da mina, que devem ser precedidas de avisos escritos e sonoros, de comunicação e de interdição das vias de acesso à área de risco;
- h) certificar-se da inexistência de fogos falhados e, se houver, adotar as providências previstas no subitem 16.4.5 e
- i) comunicar ao responsável pela área ou frente de serviço o encerramento das atividades de detonação.

O técnico responsável, bláster ou qualquer outro trabalhador deve informar imediatamente ao responsável pela mina o desaparecimento de explosivos e acessórios, por menor que seja a quantidade, para que sejam tomadas as providências no sentido de informar às autoridades competentes nos termos da legislação vigente.

O manuseio de explosivos e acessórios é privativo de pessoal habilitado, conforme legislação em vigor.

É proibido detonar utilizando-se rede elétrica em desacordo com a orientação dos fabricantes e as normas técnicas vigentes.

Em minas subterrâneas só é permitido o uso de explosivos de segurança.

Em minas com emanções comprovadas de gases inflamáveis ou explosivos só é permitido o uso de explosivos adequados à estas condições.

Acima de 0,8% (zero vírgula oito por cento) em volume de metano no ar é proibido desmonte com explosivo.

Em minas subterrâneas é proibida a utilização de tamponamento com materiais plásticos ou derivados de petróleo.

10.8. Desmonte de Rocha com Uso de Explosivos

Em cada mina, onde seja necessário o desmonte de rocha com uso de explosivos, deve estar disponível plano de fogo no qual conste:

- a) disposição e profundidade dos furos;
- b) quantidade de explosivos;
- c) tipos de explosivos e acessórios utilizados;
- d) sequência das detonações;
- e) razão de carregamento;
- f) volume desmontado e
- g) tempo mínimo de retorno após a detonação.

O desmonte com uso de explosivos deve obedecer as seguintes condições:

- a) ser precedido do acionamento de sirene;
- b) a área de risco deve ser evacuada e devidamente vigiada;
- c) horários de fogo previamente definidos e consignados em placas visíveis na entrada de acesso às áreas da mina;
- d) dispor de abrigo para uso eventual daqueles que acionam a detonação e
- e) seguir as normas técnicas vigentes e as instruções do fabricante.

Na interligação de duas frentes em subsolo devem ser observados os seguintes critérios:

- a) retirada total do pessoal das duas frentes quando da detonação de cada frente;
- b) detonação não simultânea das frentes;
- c) estabelecer a distância mínima de segurança para a paralisação de uma das frentes e
- d) o técnico responsável ou bláster deve certificar-se que não haja fogos falhados em ambas as frentes.

O retorno à frente detonada só é permitido com autorização do responsável pela área e após verificação da existência das seguintes condições:

- a) dissipação dos gases e poeiras, observando-se o tempo mínimo determinado pelo projeto de ventilação e plano de fogo;
- b) confirmação das condições de estabilidade da área e
- c) marcação e eliminação de fogos falhados.

Na constatação ou suspeita de fogos falhados no material detonado, após o retorno às atividades, devem ser tomadas as seguintes providências:

- a) os trabalhos devem ser interrompidos imediatamente;

- b) o local deve ser evacuado e
- c) informado o técnico responsável ou bláster para adoção das providências cabíveis.

A retirada de fogos falhados deve ser executada pelo técnico responsável ou bláster ou, sob sua orientação, por trabalhador qualificado e treinado.

A retirada de fogos falhados só pode ser realizada através de dispositivo que não produza faíscas, fagulhas ou centelhas.

Os explosivos e acessórios de fogos falhados devem ser recolhidos a seus respectivos depósitos, após retirada imediata da escorva entre eles.

É proibido o aproveitamento de restos de furos falhados na fase de perfuração.

Para os trabalhos de aprofundamento de poços e rampas devem ser atendidos os seguintes requisitos adicionais:

- a) o transporte dos explosivos e acessórios para o local do desmonte só deve ocorrer separadamente e após ter sido retirado todo o pessoal não autorizado;
- b) antes da conexão das espoletas elétricas com o fio condutor devem ser desligadas todas as instalações elétricas no poço ou rampa;
- c) antes da religação é necessário verificar se as instalações estão intactas;
- d) a detonação só deve ser acionada da superfície ou de níveis intermediários e
- e) os operadores de poços e rampas devem ser devidamente informados do início do carregamento.

Em minas a céu aberto, próximas de habitações, vilas, fábricas, redes de energia, minas subterrâneas, construções subterrâneas e obras civis, tais como pontes, oleodutos, gasodutos, minerodutos, subestações de energia elétrica, além de outras obras de interesse público devem ser definidos perímetros de segurança e métodos de monitoramento e apresentados no Plano de Lavra ou quando exigidos, a critério do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

Definidos os perímetros de segurança e respectivos métodos de monitoramento, os mesmos podem ser alterados mediante avaliação técnica, que comprove as possíveis mudanças, sem danos às estruturas passíveis de influência da atividade, submetidos à apreciação do DNPM.

Não devem ocorrer lançamentos de fragmentos de rocha além dos limites de segurança da mina.

Devem ser adotadas técnicas e medidas de segurança no planejamento e execução do desmonte de rocha com o uso de explosivos.

As detonações devem ser limitadas a um mínimo de horários determinados, conhecidos dos trabalhadores e da vizinhança da mina.

O monitoramento de vibrações no solo e o ruído no ar decorrentes detonações deve ser realizado nas obras civis próximas ao local de detonação e manter-se dentro dos seguintes limites máximos:

a) velocidade de vibração da partícula: 15 mm/s (quinze milímetros por segundo) – componente vertical e

b) sobrepressão sonora: 134 dB (A) (cento e trinta e quatro decibéis).

Deve ser realizado estudo para o ajuste do plano de fogo de modo a atender aos limites do item anterior observando os seguintes critérios técnicos:

a) determinação da relação empírica entre a velocidade de partícula e a distância escalonada;

b) as distâncias graduadas são definidas pela função $(D/Q)^{1/2}$; onde D é a distância radial ao ponto de detonação e Q é o peso da carga máxima por espera e

c) a velocidade de partícula máxima V_p é relacionada com a distância escalonada pela seguinte relação:

$$V_p = k (D/Q^{1/2})^{-b}$$

Onde:

V_p = velocidade de partícula de pico;

D = distância da detonação ao ponto de medição;

Q = carga máxima por espera (peso);

k e b = fator do local. São constantes que devem ser determinadas por medições em cada local de desmonte em particular.

10.9. Destinação do volume escavado do túnel

As escavações do túnel extraídas pelo emboque e também pelo desemboque serão diretamente depositadas na região onde será construída a barragem.

Considerando o trajeto pela margem esquerda do rio Marrecas, a DMT à partir do emboque do túnel até a PR – 483 é de 4,65 km. Da ponte até o eixo da barragem, a DMT é de 7,62 km. A DMT total à partir do desemboque até a barragem será de 12,27 km.

Considerando o trajeto pela margem esquerda do rio Marrecas, a DMT à partir do desemboque do túnel até a PR – 483 é de 5,86 km. Da ponte até o eixo da barragem, a DMT é de 7,62 km. A DMT total à partir do desemboque até a barragem será de 13,48 km.

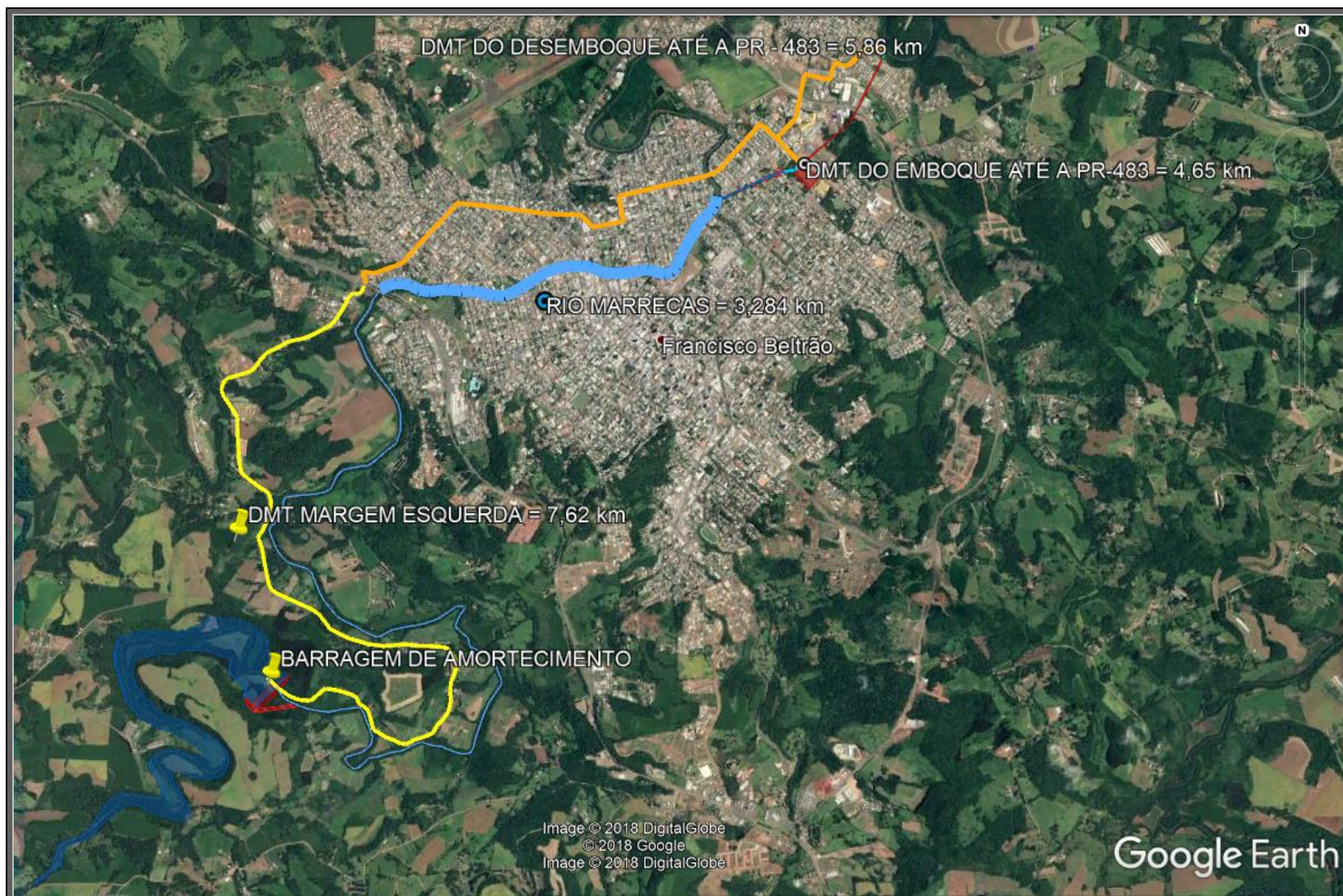


Figura 18 - Foto aérea escavação do túnel – Considerando trajeto pela margem esquerda → DMT emboque até a barragem = 12,27 km e DMT desemboque até a barragem = 13,48 km Fonte: Google Earth.

10.10. Considerações

Todas as escavações são de responsabilidade da empresa executora vencedora da Licitação da obra, inclusive escavações em solo, escavações em rocha a céu aberto dos respectivos canais de emboque e desemboque e a escavação subterrânea propriamente dita.

É imprescindível que as escavações sejam realizadas com o devido controle de abalo sísmico a fim de evitar o comprometimento de edificações existentes nos entornos da obra.

A movimentação das máquinas e caminhões deve ocorrer, sobretudo respeitando as limitações impostas nas vias quanto os limites de velocidade, placas de sinalização e o Código de Trânsito Brasileiro.

Os licenciamentos ambientais para a sustentação dos editais de licitação destas obras são de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, bem como as liberações fundiárias para a implantação deste projeto.

Importante ressaltar que, a prefeitura municipal de Francisco Beltrão deve especificar os turnos de trabalho os quais terão impacto incisivo nos custos de execução do túnel:

Caso seja assegurado ao proponente, o trabalho em turno integral (24 horas), são esperados menores custos globais.

Caso o turno seja contingenciado (8 horas + 2 horas extras), correspondendo ao período diurno somente, os custos de implantação serão superiores.

A licitação do túnel deve possibilitar os proponentes optarem pela execução em duas etapas, tal como aqui detalhado, ou, alternativamente, em etapa única, desde que, mantendo a seção com área especificada de 37,31m².

O objetivo desta liberalidade é capturar o menor custo global de escavação de acordo com os equipamentos disponíveis de cada proponente.

10.11. Desenhos do projeto executivo do emboque, desemboque e túnel adutor.

P.E.D.F.B-EII-04A - LOCAÇÃO CANAL DE APROXIMAÇÃO E TÚNEL DE ADUÇÃO;

P.E.D.F.B-EII-04B - PLANO DE ESCAVAÇÃO CANAL DE APROXIMAÇÃO E BLOCO BASCULANTE;

P.E.D.F.B-EII-04BB - COR.URUTAGO DETALHE;

P.E.D.F.B-EII-04C - TÚNEL DE ADUÇÃO - PERFIL E DETALHES;

P.E.D.F.B-EII-04CC - TÚNEL DE ADUÇÃO - DETALHE CONCRETO PROJETADO;

P.E.D.F.B-EII-04D - SEÇÕES EMBOQUE DESEMBOQUE;

P.E.D.F.B-EII-04E - PLANO DE ESCAVAÇÃO DESEMBOQUE TUNEL;

P.E.D.F.B-EII-04F - SONDAGENS EXECUTADAS;

P.E.D.F.B-EII-04G - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.0 FÔRMAS;
P.E.D.F.B-EII-04H - BLOCO BASCULANTE - SEÇÕES S.1 E S.2 FÔRMAS;
P.E.D.F.B-EII-04I - BLOCO BASCULANTE - SEÇÕES S.3 E S.4 FÔRMAS;
P.E.D.F.B-EII-04J - BLOCO BASCULANTE - SEÇÕES S.5 E S.6 FÔRMAS;
P.E.D.F.B-EII-04K - BLOCO BASCULANTE - SEÇÕES S.7 E S.8 FÔRMAS;
P.E.D.F.B-EII-04L - BLOCO BASCULANTE - SEÇÕES S.9 E S.10 FÔRMAS;
P.E.D.F.B-EII-04M - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.00 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04N - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.0 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04O - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.2 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04P - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.3 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04Q - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.4 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04R - BLOCO BASCULANTE - SEÇÕES S.5 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04S - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.6 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04T - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.7 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04U - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.9 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04V - BLOCO BASCULANTE - SEÇÃO S.10 ARMADURA;
P.E.D.F.B-EII-04W - PLANTA DE CHUMBADORES;
P.E.D.F.B-EII-04X - BLOCO BASCULANTE - RESUMO DE AÇO;
P.E.D.F.B-EII-05A - MAPA GEOLOGICO GEOTECNICO;
P.E.D.F.B-EII-05B - PERFIL GEOLOGICO GEOTECNICO;
P.E.D.F.B-EII-05C - ASPECTOS CONSTRUTIVOS;
P.E.D.F.B-EII-05D - ASPECTOS CONSTRUTIVOS;
P.E.D.F.B-EII-05E - TRATAMENTO EMBOQUE E DESEMBOQUE;
P.E.D.F.B-EII-05F - CATEGORIAS DE SUPORTE;
P.E.D.F.B-EII-05G - ENFILAMENTO EMBOQUE E DESEMBOQUE;
P.E.D.F.B-EII-05H - BOLETIM DE MAPEAMENTO;
P.E.D.F.B-EII-06A - BLOCO BASCULANTE - DETALHES DE IMPLANTAÇÃO;
P.E.D.F.B-EII-06B - BLOCO BASCULANTE - DETALHES DE IMPLANTAÇÃO;
P.E.D.F.B-EII-06C - BLOCO BASCULANTE - DETALHES DE FABRICAÇÃO;
P.E.D.F.B-EII-06D - LISTA DE MATERIAIS ABRIGO UNIDADE HIDRAULICA
P.E.D.F.B-EII-06E - SEÇÕES PERFIS METÁLICOS.

Acompanha este memorial, o relatório de análise geológica específica deste túnel sob a responsabilidade do profissional Geólogo Eduardo Gabriel de Pauli Baptista com CREA SC sob número 094.145-0-SC.

Tais estudos são sustentados pela ART sob número 6743263-0.

Francisco Beltrão, PR, outubro de 2018.