

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

MEMORIAL DESCRITIVO DO TÚNEL DE MACRODRENAGEM PARA CONTROLE DAS CHEIAS NA BACIA DO RIO XANXERÊ

MEMORIAL DESCRITIVO

MEMORIAL DESCRITIVO DO TÚNEL DE MACRODRENAGEM PARA CONTROLE DE CHEIAS NA BACIA DO RIO XANXERÊ



TÚNEL DE DRENAGEM

RELATÓRIO FINAL
VOLUME I – TEXTOS

PMX-B-GRRL-0001

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO	8
2.	ESPECIFICAÇÕES, NORMAS E DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS RELACIONADOS AO TÚNEL	8
3.	DETALHAMENTO DO PROJETO	11
3.1	DESCRIÇÃO DO PROJETO DO TÚNEL DE MACRODRENAGEM	11
3.2	CAMPANHA DE SONDAGEM.....	12
3.2.1	Sondagem a Percussão (SPT)	13
3.2.2	Sondagens mistas	13
3.2.2.1	SM01	15
3.2.2.2	SM02.....	20
3.2.2.3	SM03	25
3.2.2.4	SM04.....	31
3.2.2.5	SM05.....	37
3.2.2.6	SM06	43
3.2.2.7	SM07	50
3.3	DIMENSIONAMENTO DO TÚNEL ADUTOR	55
3.4	DIMENSIONAMENTO DO MURO DE CAPTAÇÃO	56
3.5	EMBOQUE E DESEMBOQUE DO TÚNEL DE MACRODRENAGEM.....	56
3.6	CORTINAS DE ESTACAS.....	58
3.7	ESCAVAÇÃO EM SOLO MOLE – EMBOQUE DO TÚNEL	67
3.8	ESCAVAÇÃO EM CASCALHO – EMBOQUE DO TÚNEL.....	70
3.8.1	Trecho do canal de aproximação - emboque.....	71
3.8.2	Trecho do canal de aproximação - desemboque.....	73
3.9	MUROS – EMBOQUE DO TÚNEL.....	75
3.10	ESCAVAÇÃO SUBTERRÂNEA.....	81
3.10.1	Shaft vertical/curva/trecho de transição	81
3.10.1.1	Concretagem do shaft.....	83
3.10.2	Trecho do canal de aproximação	86
3.10.3	Trecho do túnel do km 0+3,25 ao km 0+943.....	87

3.10.3.1 Escavação subterrânea e carregamento do material da calota do túnel classe IV – DMT de 0 a 200m (item 2.3.1 do orçamento)	87
3.10.3.2 Escavação subterrânea e carregamento do material da calota do túnel classe III – DMT de 0 a 200m	87
3.10.3.3 Escavação subterrânea e carregamento do material da calota do túnel classe I – DMT de 0 a 200m	88
3.10.3.4 Concreto projetado via seca	88
3.10.3.5 Tela de aço	89
3.10.3.6 Tirante de barra de aço	89
3.10.3.7 Concreto	90
3.10.3.8 Armação	90
3.10.3.9 Formas	91
3.10.3.10 Aço para chumbadores	91
3.10.3.11 Tubo de PVC	91
3.10.4 Trecho do desemboque	92
3.10.4.1 Aduelas	92
3.10.4.2 Concreto	93
3.10.4.3 Formas	93
3.10.4.4 Armação	94
3.10.4.5 Aterro	94
3.10.4.6 Concreto projetado	95
3.10.4.7 Armação tela de aço	95
3.10.4.8 Chumbador de aço CA-50	96
3.10.4.9 Tubo de PVC	96
3.10.4.10 Concreto projetado via seca	96
3.10.4.11 Armação de tela de aço – concreto projetado	97
3.10.5 Escavação subterrânea: trechos do desenho (trecho 1, trecho 2 e trecho 3)	97
3.10.5.1 Trecho 1	98
3.10.5.2 Trecho 2	99
3.10.5.3 Trecho 3	101
3.11 BOTA FORA	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planta de locação do emboque do túnel.....	11
Figura 2: Rodovia Ulysses Guimarães (BR 282).....	12
Figura 3: Planta de locação das sondagens a percursão.....	13
Figura 4: Planta com locação das sondagens mistas.....	14
Figura 5: Sondagens mistas.....	14
Figura 6: Execução de sondagem SM01.....	16
Figura 7: Testemunho SM01.....	16
Figura 8: Boletim de perfil de sondagem SM01.....	18
Figura 9: Execução de sondagem SM02.....	20
Figura 10: Testemunho SM02.....	21
Figura 11: Boletim de perfil de sondagem SM02.....	23
Figura 12: Execução de sondagem SM03.....	25
Figura 13: Testemunho SM03.....	26
Figura 14: Boletim de perfil de sondagem SM03.....	29
Figura 15: Execução de sondagem SM04.....	31
Figura 16: Testemunho SM04.....	32
Figura 17: Boletim de perfil de sondagem SM04.....	34
Figura 18: Execução de sondagem SM05.....	37
Figura 19: Testemunho SM05.....	38
Figura 20: Boletim de perfil de sondagem SM05.....	40
Figura 21: Execução de sondagem SM06.....	43
Figura 22: Testemunho SM06.....	44
Figura 23: Boletim de perfil de sondagem SM06.....	47
Figura 24: Execução de sondagem SM07.....	50
Figura 25: Testemunho SM07.....	51
Figura 26: Boletim de perfil de sondagem SM07.....	52
Figura 27: Dimensionamento do Túnel Adutor.....	55
Figura 28: Cálculo entrada de água.....	56
Figura 29: Planta de locação do túnel – emboque com imagem (desenho PMX-B-TUDE-0005-0).....	57

Figura 30: Perfil do emboque do túnel desenho (PMX-B-TUDE-0006-0).....	57
Figura 31: Planta do desemboque do túnel desenho (PMX-B-TUDE-0034-0).....	58
Figura 32: Estaca raiz (PMX-B-TUDE-0013-0).....	59
Figura 33: Esforço cortante e momento atuantes sobre as estacas.....	62
Figura 34: Dimensionamento da armadura da estaca.....	63
Figura 35: Detalhe da armadura da estaca.....	64
Figura 36: Detalhe da armadura perfil longitudinal.	65
Figura 37: Estaca raiz perfil A e B (PMX-B-TUDE-0015-0)	66
Figura 38: Quantidade de aço – estaca raiz (item 2.2.5 do orçamento).....	66
Figura 39: Quantidade de aço – estaca raiz (item 2.2.11 e 2.2.12 do orçamento).	67
Figura 40: Arranjo geral - emboque do túnel.	68
Figura 41: Planta de locação do emboque do túnel.....	68
Figura 42: Planta escavação solo mole – emboque do túnel (PMX-B-TUDE-0007-0).	69
Figura 43: Seção escavação solo mole – emboque do túnel (PMX-B-TUDE-0008-0).	70
Figura 44: Seção escavação solo mole 02 – emboque do túnel (PMX-B-TUDE-0009-0).	70
Figura 45: Planta escavação cascalho – emboque do túnel.....	72
Figura 46: Seção escavação cascalho – emboque do túnel.	72
Figura 47: Seção escavação cascalho 02 – emboque do túnel.....	73
Figura 48: Planta de locação do túnel – desemboque sem imagem (PMX-T-B-TUDE-0035-0).	74
Figura 49: Perfil do Canal de ligação do desemboque até o leito natural do Rio Xanxerê/detalhes (PMX-T-B-TUDE-0036-0).....	75
Figura 50: Planta do muro - emboque do túnel desenho (PMX-B-TUDE-0017-0).	75
Figura 51: Seção A do muro desenho (PMX-B-TUDE-0018-0).....	76
Figura 52: Seção B do muro (cota 776,40 à 764m) desenho (PMX-B-TUDE-0019-0).	77

Figura 53: Seção B do muro (cota 764,00 a 776,40m) desenho (PMX-B-TUDE-0020-0).....	78
Figura 54: Seção B do muro (concreto projetado via seca) desenho (PMX-B-TUDE-0021-0).....	79
Figura 55: Perfil longitudinal do shaft desenho (PMX-B-TUDE-0022-0).....	81
Figura 56: Perfil longitudinal classes de concreto cota 764,00m à 740,53m - desenho (PMX-B-TUDE-0023-0).....	85
Figura 57: Perfil longitudinal classes de concreto cota 764,00m à 740,53m - desenho (PMX-B-TUDE-0024-0).....	86
Figura 58: Categorias de suporte.....	98
Figura 59: Planta escavação subterrânea - trecho 1.....	99
Figura 60: Perfil de escavação subterrânea - trecho 1.....	99
Figura 61: Planta escavação subterrânea - trecho 2.....	100
Figura 62: Perfil de escavação subterrânea - trecho 2.....	100
Figura 63: Planta escavação subterrânea - trecho 3.....	101
Figura 64: Perfil de escavação subterrânea - trecho 3.....	101
Figura 65: Bota fora.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros do solo.....	60
Tabela 2: Coeficiente de empuxo ativo.....	60
Tabela 3: Empuxo ativo.....	61
Tabela 4: Escavação em solo mole.....	69
Tabela 5: Escavação em cascalho-emboque.....	71
Tabela 6: Armação aço CA-50 muros de gravidade e laje inferior (item 2.2.7 do orçamento).....	73
Tabela 7: Escavação em cascalho-desemboque.....	74
Tabela 8: Armação concretos fck 35MPa.....	77
Tabela 9: Concreto projetado.....	78
Tabela 10: Tela Metálica.....	79
Tabela 11: Forma de compensado.....	80
Tabela 12: Chumbador de aço.....	80
Tabela 13: Chumbador de aço.....	87
Tabela 14: Escavação no desemboque material de 3ª categoria.....	92
Tabela 15: Escavação no desemboque material de 3ª categoria.....	93
Tabela 16: Concreto fck 20 MPa.....	93
Tabela 17: Armação.....	94
Tabela 18: Armação.....	94
Tabela 19: Concreto projetado.....	95
Tabela 20: Concreto projetado via seca.....	95
Tabela 21: Tubo PVC.....	96

1. APRESENTAÇÃO

Para o controle de cheias é possível elencar diversas soluções exequíveis, porém nesta primeira etapa para o controle das cheias na região central do município de Xanxerê, está prevista a implantação do túnel de macrodrenagem. Cabe ressaltar que o túnel irá minimizar os alagamentos, mas não será suficiente para acabar com as enchentes como um todo no município, onde posteriormente deverão ser empregadas outras soluções conjuntas.

Diante disso, o presente memorial descritivo e de cálculo refere-se ao projeto básico do túnel de macrodrenagem para controle das cheias na bacia do Rio Xanxerê na região central do município, de modo que, o objetivo deste documento é apresentar as campanhas de sondagem, o dimensionamento do túnel de macrodrenagem, os detalhamentos das escavações em solo, cascalho e subterrânea, assim como das estruturas de concreto.

2. ESPECIFICAÇÕES, NORMAS E DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS RELACIONADOS AO TÚNEL

Na elaboração do projeto do túnel de macrodrenagem em questão, para os cálculos, projetos e detalhamentos, considerou-se os procedimentos estabelecidos nas especificações, normas e diretrizes apresentadas a seguir:

- ET – Especificação técnica Estaca Raiz (PMX-B-GRET-0001-0);
- ET – Especificação técnica para execução de sondagens e trincheiras (PMX-B-GRET-0002-5);
- ET – Especificação técnica Concreto/Formas/Armadura (PMX-B-GRET-0003-0);
- ET Especificação técnica para escavação em solos moles (PMX-B-GRET-0004-0);
- ET – Especificação técnica de obras de terra (PMX-B-GRET-0005-0);
- ET – Especificação técnica Tratamentos típicos propostos no túnel (PMX-B-GRET-0006-0);

- Manual de Sondagens ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 5ª Edição 2013;
- Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT – ABNT NBR 6484;
- *Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes* – ASTM D1587-08;
- Ensaios de Permeabilidade em Solos – ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia;
- Projeto e execução de fundações – ABNT NBR 6122;
- Projeto de estruturas de concreto – ABNT NBR 6118;
- Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento – ABNT NBR 12655;
- Solos e Rochas – Simbologia – ABNT NBR 13441;
- Cimento Portland – Requisitos - ABNT NBR 16697;
- Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova - ABNT NBR 5738;
- Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos - ABNT NBR 5739;
- Agregados para concreto – Requisitos - ABNT NBR 7211;
- Concreto dosado em central – preparo, fornecimento e controle - ABNT NBR 7212;
- Agregados – Determinação da composição granulométrica – método de ensaio - ABNT NBR 17054;
- Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - ABNT NBR 11768;
- Água para amassamento do concreto - ABNT NBR 15900;
- Agregado miúdo – determinação da densidade e da absorção de água - ABNT NBR 16916;
- Agregados – ensaio de resistência ao impacto e à abrasão Los Angeles - ABNT NBR 16974;
- Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado - ABNT NBR 9062;

- Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos - ABNT NBR 7215;
- ASTM C-191;
- Segurança de escavação a céu aberto – procedimento - ABNT NBR 9061;
- Solo – ensaio de compactação - ABNT NBR 7182;
- Tela de aço soldada nervurada para armadura de concreto – Requisitos - ABNT NBR 7481;

Normas para ensaios:

- Resíduo insolúvel - ABNT NBR NM 15;
- Resido insolúvel quando se adiciona material pozzolânico - ABNT NBR NN
- Perda ao fogo - ABNT NBR NM 18;
- Trióxido de enxofre - ABNT NBR NM 16 ou ABNT NBR 14656;
- Óxido de magnésio - ABNT NBR NM 14 ou ABNT NBR NM 11-2 ou ABNT
- Área específica - ABNT NBR 16372;
- Finura - ABNT NBR 11579;
- Expansibilidade - ABNT NBR 11582;
- Tempo de pega - ABNT NBR 16607;
- Anidrido carbônico - ABNT NBR NM 20;
- Resistência à compressão - ABNT NBR 7215;
- Determinação do teor de escória - ABNT NBR 5754;
- Enxofre na forma de sulfeto - ABNT NBR NM 19;
- Água de consistência da pasta - ABNT NBR 16606;
- Atividade do material pozzolânico - ABNT NBR 5752;
- Calor de hidratação - ABNT NBR 12006;
- Índice de brancura - ANT NBR NM 3.

Onde forem aplicáveis e não estiverem conflitantes com as presentes Especificações, deverão ser obedecidos os requisitos das seguintes coletâneas de normas, em suas últimas versões, atualizadas, mesmo que em suas menções nos textos sejam citadas versões eventualmente desatualizadas e/ou obsoletas.

No caso da CONSTRUTORA se apoiar em Normas e/ou Especificações diferentes das acima mencionadas e que sejam universalmente aceitas, as mesmas deverão ser claramente citadas e a sua aceitação ficará a critério da CONTRATANTE. Na eventual necessidade de serem executados serviços não especificados, o CONSTRUTOR somente poderá realizá-los após aprovação da especificação correspondente pela CONTRATANTE.

3. DETALHAMENTO DO PROJETO

3.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO DO TÚNEL DE MACRODRENAGEM

O emboque do túnel de drenagem ficará localizado na margem direita do rio Xanxerê, nas proximidades da rua Atanázio Antonio e Avenida La Salle, nas coordenadas latitude: -26.876825° e longitude: -52.409286° , conforme figura abaixo.

Figura 1: Planta de locação do emboque do túnel.



Fonte: o autor, 2024.

Seguindo pela rua José Bonifácio por aproximadamente 585m, até chegar na Rodovia Ulysses Guimarães (BR 282), conforme pode ser visualizado na figura

a seguir, onde o túnel passará por baixo da BR 282 a uma profundidade aproximada de 49,80m. Após passar pela rodovia tem-se o seu desemboque atrás da Mineral Gelos (Antiga pedreira do Westrich), nas coordenadas latitude: -26,884918° e longitude: -52.406084°, onde por meio de um canal de ligação entre o desemboque do túnel e a margem direita do rio Xanxerê, a água é restituída ao curso natural.

Figura 2: Rodovia Ulysses Guimarães (BR 282).



Fonte: o autor, 2024.

3.2 CAMPANHA DE SONDAGEM

A sondagem de solo é um processo de reconhecimento e caracterização do terreno, sendo a maneira de conhecer as características do terreno. Ele extrai informações importantes que auxiliam no desenvolvimento da obra. Como por exemplo, a identificação das diferentes camadas do solo, classificação de cada camada, o nível do lençol freático e a capacidade de carga ou resistência do solo em várias profundidades.

Para o projeto do túnel de macrodrenagem, foram realizadas sondagens a percussão (SPT) e sondagens mista, que serão apresentadas a seguir.

3.2.1 Sondagem a Percussão (SPT)

Na imagem seguir serão apresentadas as sondagens a percussão que foram realizadas (cor rosa) e as coordenadas de cada sondagem. O ensaio de penetração ou Standard Penetration Teste (SPT) é executado durante a sondagem a percussão, com o propósito de se obter os índices de resistência à penetração do solo.

Figura 3: Planta de locação das sondagens a percussão.



Fonte: o autor, 2024.

3.2.2 Sondagens mistas

A seguir são apresentadas as sondagens mistas que tem o intuito de apresentar a investigação do solo e rocha existente no traçado do túnel, com uma breve descrição de cada e o registro fotográfico dos testemunhos obtidos. Os Boletins de Perfil de Sondagem também estão apresentados a seguir.

Figura 4: Planta com locação das sondagens mistas.



Fonte: o autor, 2024.

Para a realização do projeto, foram previstas 7 sondagens, as quais estimou-se um perfil de solo e rocha, conforme apresentado na figura abaixo.

Figura 5: Sondagens mistas.

ITEM	SONDAGEM	PREVISTO SOLO (m)	PREVISTO ROCHA (m)	PREVISTO - PERF. TOTAL (m)	1ª FASE EXECUÇÃO (m)
1	SM01	7,50	29,00	36,50	OK
2	SM02	8,00	28,50	36,50	OK
3	SM03	10,00	32,20	42,20	OK
4	SM04	11,50	35,00	46,50	OK
5	SM05	15,00	50,00	65,00	OK
6	SM06	11,30	50,00	61,30	OK
7	SM07	9,80	40,00	49,80	OK
TOTAL (m)		73,10	264,70	337,80	272,80

Fonte: o autor, 2024.

Para a consolidação de um arranjo que pudesse seguramente abranger a contenção das cheias, foram desenvolvidos os seguintes estudos:

- Critérios de Projeto, contemplando equações e metodologias clássicas utilizadas no desenvolvimento deste relatório;
- Verificação do regime hidrológico (estudos hidrológicos) e problemática atual;

- Dimensionamento das seções transversais das obras de canalização;
- Estabelecimento do perfil longitudinal final das obras;
- Características preliminares das singularidades e obras especiais, tais como túnel de desvio de enchentes.

No projeto de drenagem da cidade de Xanxerê, foi previsto como Fase 1 a execução de um túnel adutor com seção final arco retângulo de 5,50m de altura e 4,80m de largura, ou seja, uma seção de 23,93m² e uma extensão hidráulica de 952,00m de comprimento e inclinação média de 1,00%, com sua cota de fundo inicial na el. 742,50m e término na el. 732,96m, permitindo de forma econômica e segura conduzir as cheias.

Foram executados 07 (sete) furos de sondagem rotativa mista para identificação do perfil abaixo da superfície de solo, tendo sido atingida a superfície de rocha dura, totalizando na SM-01 e SM-02 36,50 metros, e, na SM-03 42,00m e na SM-04 46,00m, SM-05 65,00m, SM-06 61,00m e SM-07 50,00m lineares de perfuração. Os furos foram realizados, estrategicamente posicionados sob o eixo do túnel adutor visando a confirmação da qualidade e classificação da rocha.

A campanha exploratória, além de seu caráter descritivo, permitiu consolidar a locação do túnel. As campanhas de sondagem realizadas e os boletins de perfil de sondagens podem ser observados nos subitens apresentados a seguir.

3.2.2.1 SM01

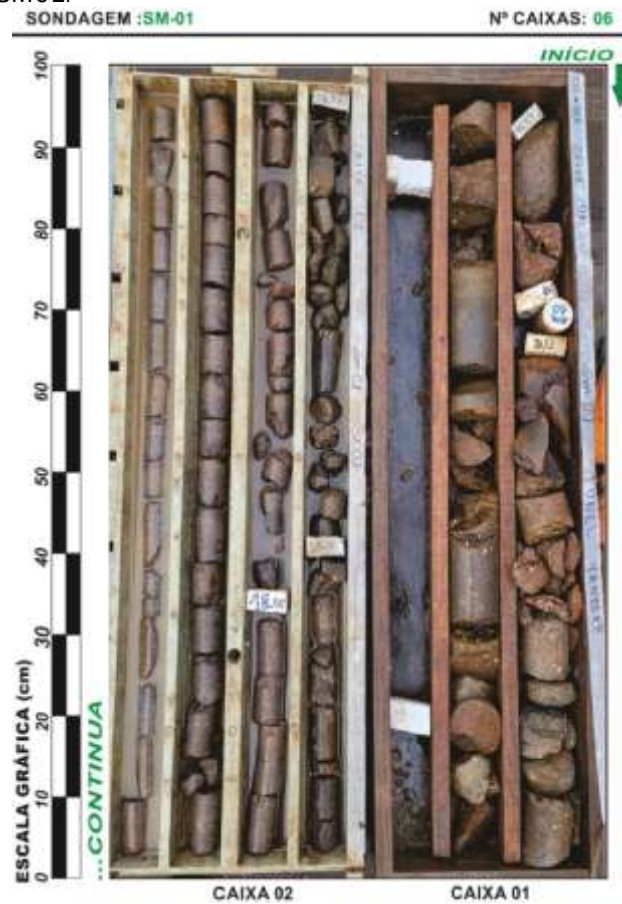
De acordo com a Geobras (2024), a sondagem mista (SM01) foi executada entre os dias 05 e 10 de abril de 2024. Atingiu 36,50 metros de profundidade, sendo limitada pelo cliente. A mesma apresentou quatro (04) camadas geológicas e cinco (05) camadas geotécnicas descritas no Boletim de Perfil Sondagem.

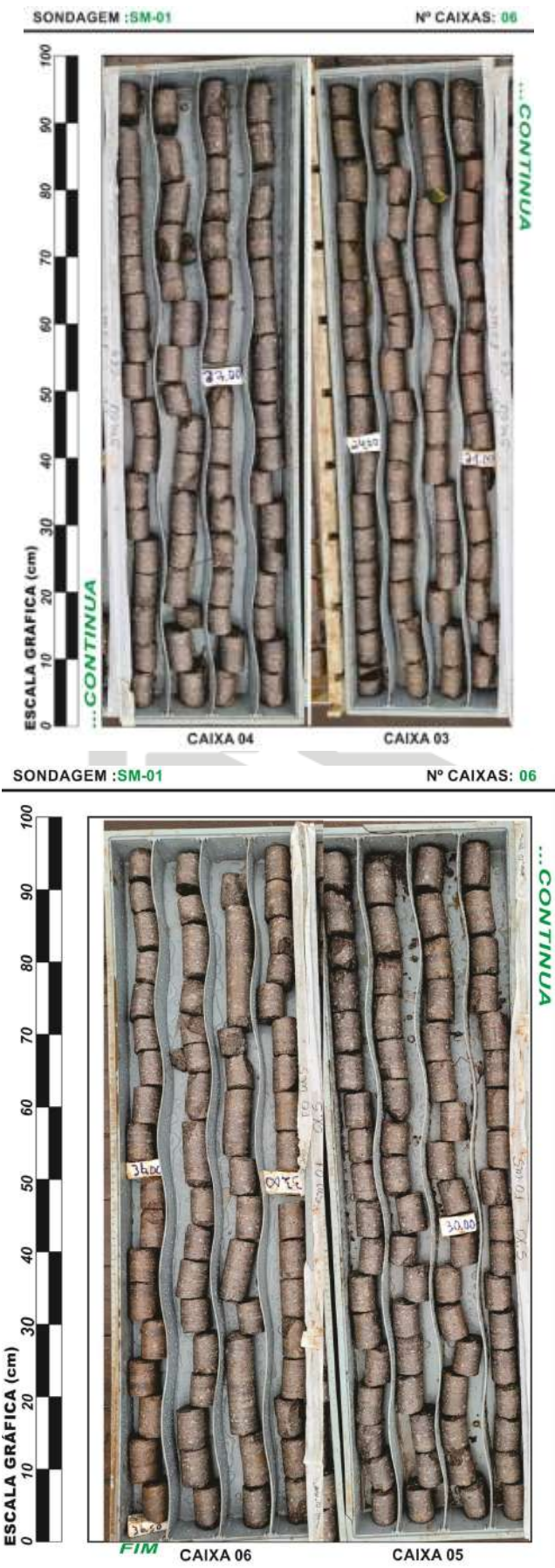
Figura 6: Execução de sondagem SM01.



Fonte: Geobras, 2024.

Figura 7: Testemunho SM01.

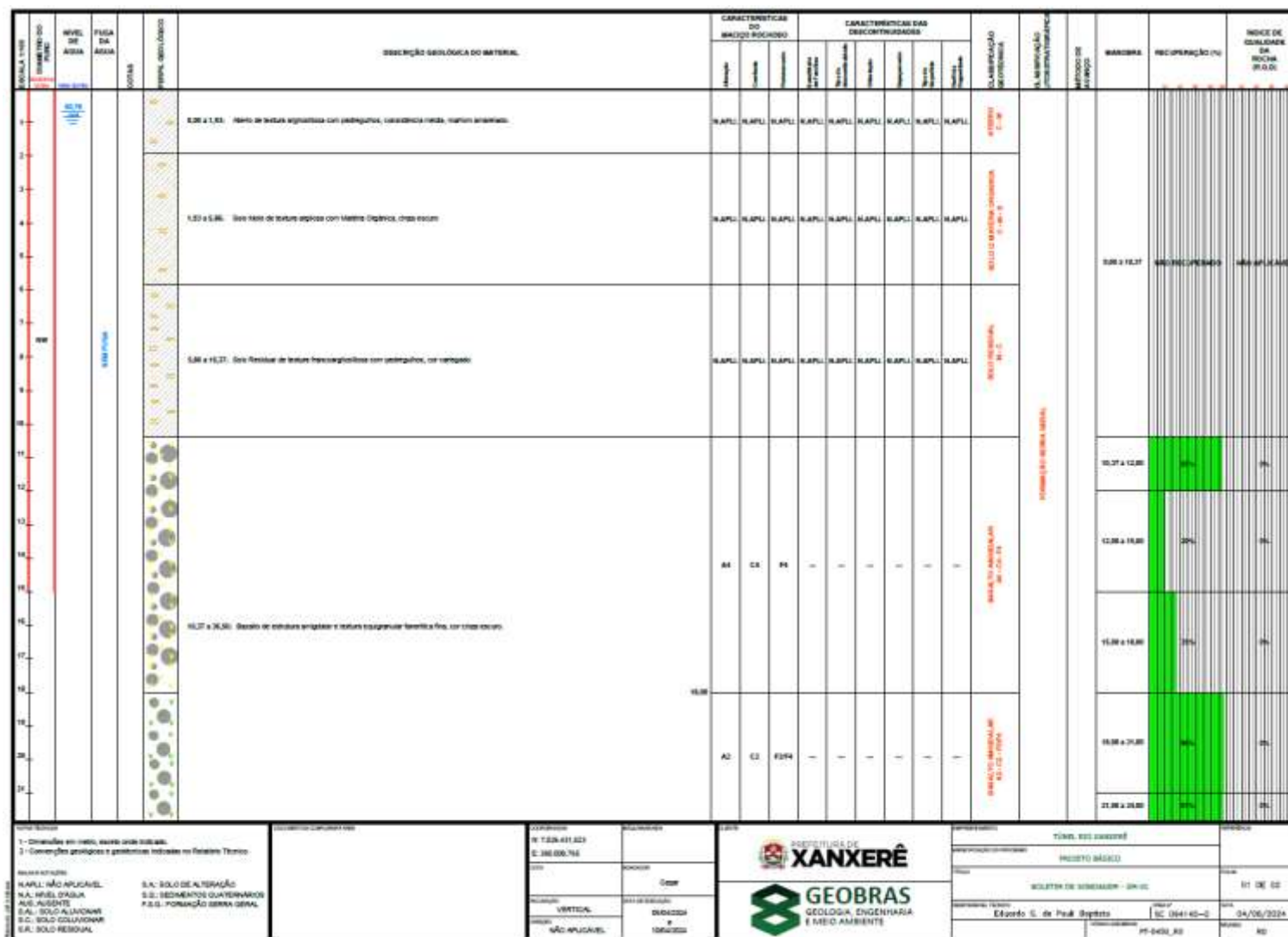




Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

Figura 8: Boletim de perfil de sondagem SM01.



[illegible]

Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

3.2.2.2 SM02

Sondagem Mista (SM-02) foi executada entre os dias 05 e 14 de abril de 2024. Atingiu 36,50 metros de profundidade, sendo limitada pelo cliente. A mesma apresentou quatro (04) camadas geológicas e cinco (05) camadas geotécnicas descritas no Boletim de Perfil Sondagem.

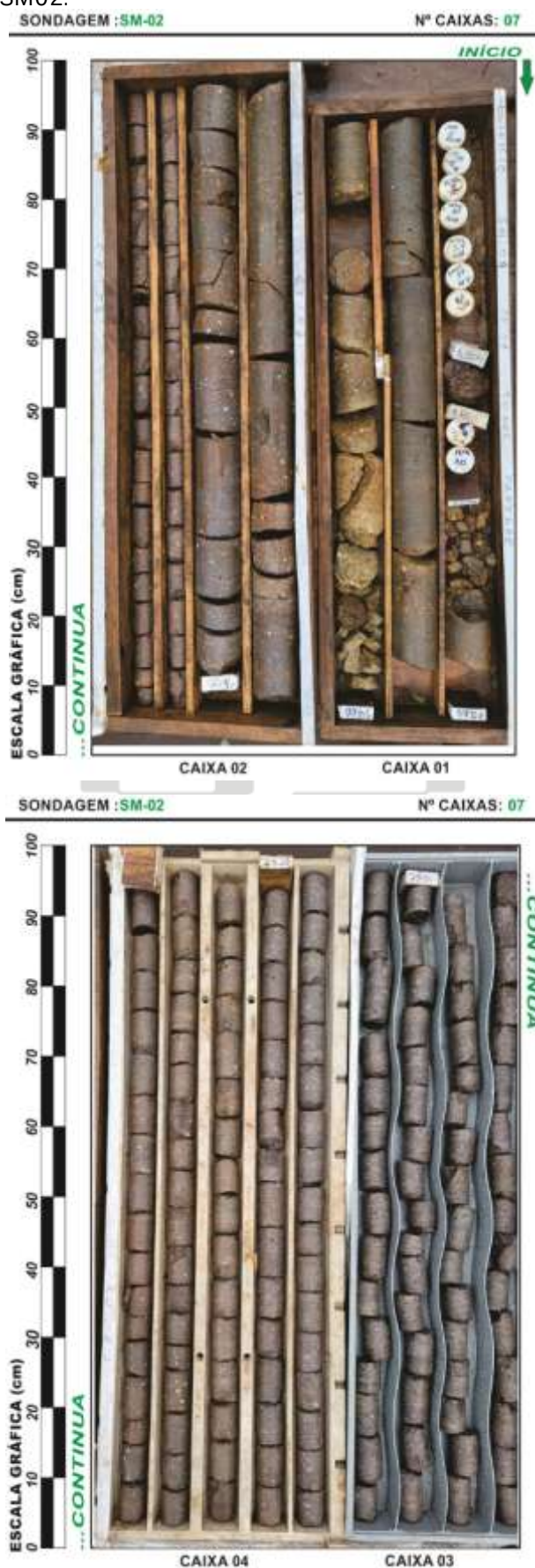
Figura 9: Execução de sondagem SM02.



Fonte: Geobras, 2024.

energias
renováveis

Figura 10: Testemunho SM02.



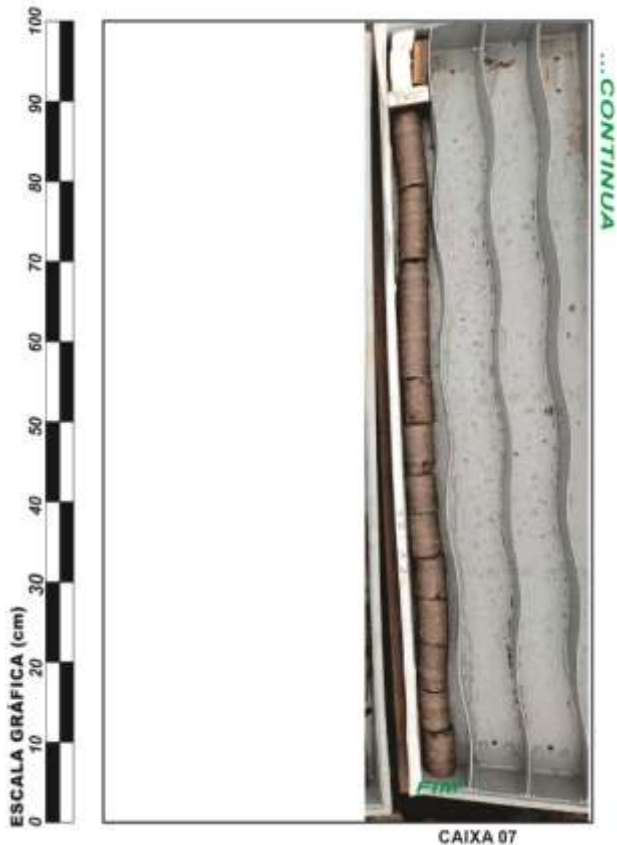
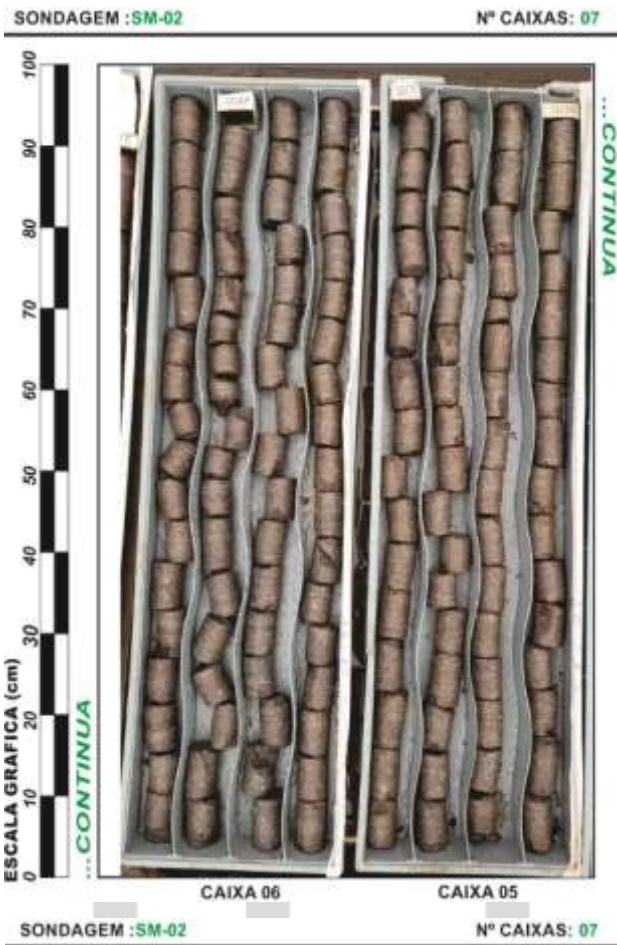
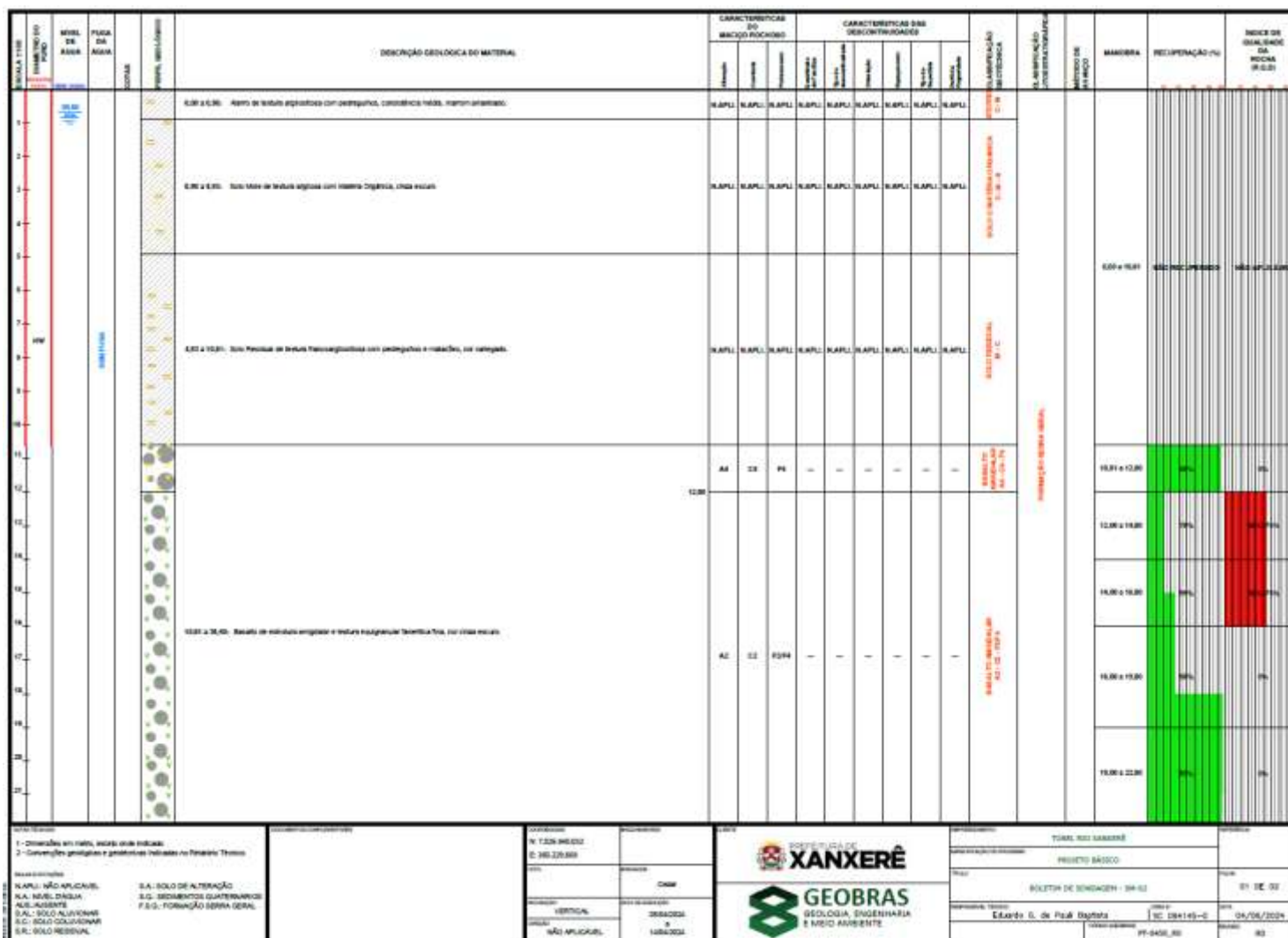


Figura 11: Boletim de perfil de sondagem SM02.



Escala 1:100 Característico do Ponto	Nível de Água	Fuga da Água	Cotas	Perfil, Moldeado	Descrição Geológica do Material	CARACTERÍSTICAS DO MACIÇO ROCHOSO								CARACTERÍSTICAS DAS DESCONTINUIDADES								CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO BRASIL 2006	1. Atribuição de Risco	Método de Proteção	Máscara	RECUPERAÇÃO (%)	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA (RQD)
						Abundância	Forma	Textura	Porosidade	Fraturabilidade	Alteração	Cor	Temperatura	Permeabilidade	Resistência	Permeabilidade	Resistência	Permeabilidade	Resistência	Permeabilidade							
22					Nível a 24,00: Base do corte em argila e argila																						

Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

3.2.2.3 SM03

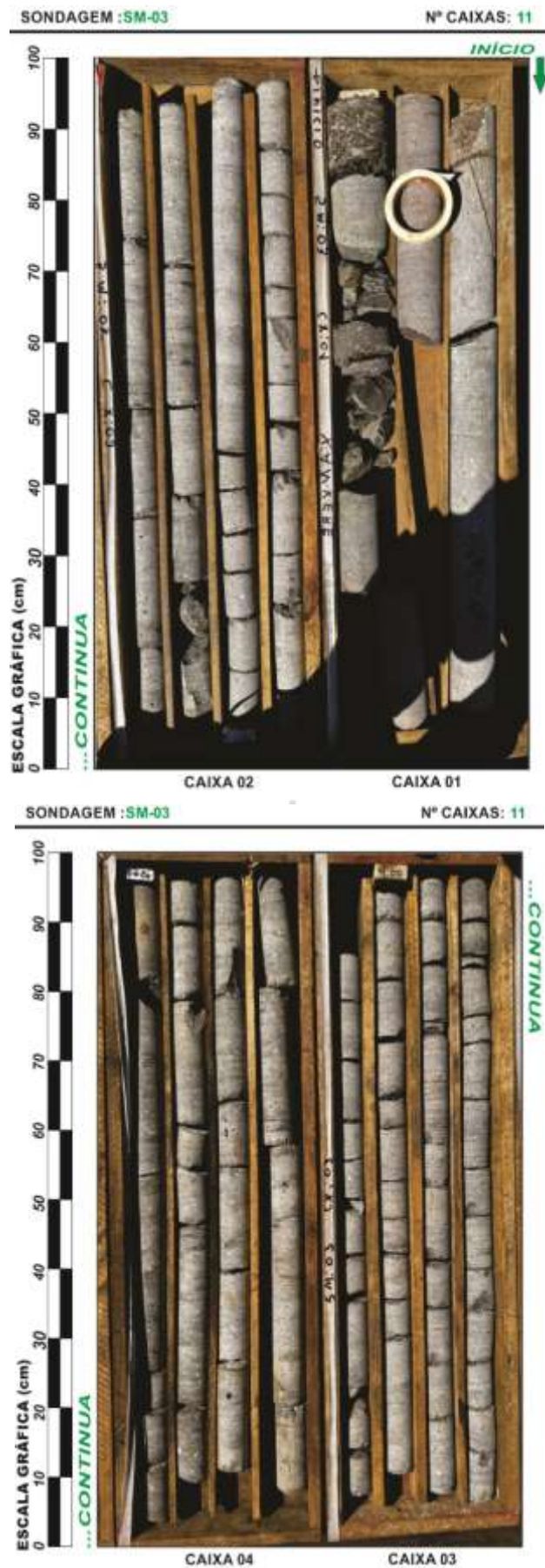
A Sondagem Mista (SM-03) foi executada entre os dias 25 e 27 de abril de 2024. Atingiu 42,00 metros de profundidade, sendo limitada pelo cliente. A mesma apresentou três (03) camadas geológicas e três (03) camadas geotécnicas descritas no Boletim de Perfil Sondagem.

Figura 12: Execução de sondagem SM03.

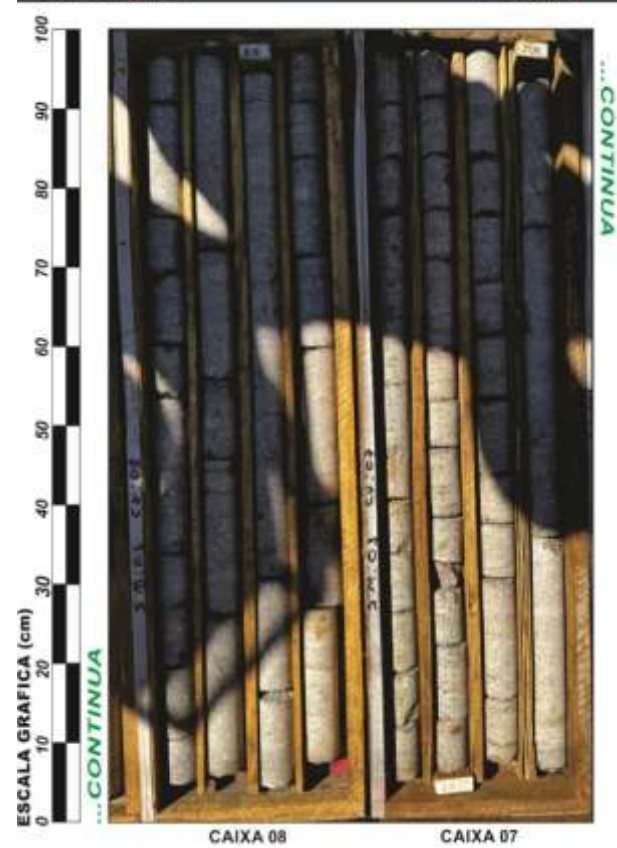


Fonte: Geobras, 2024.

Figura 13: Testemunho SM03.



NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.







[illegible]

Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

3.2.2.4 SM04

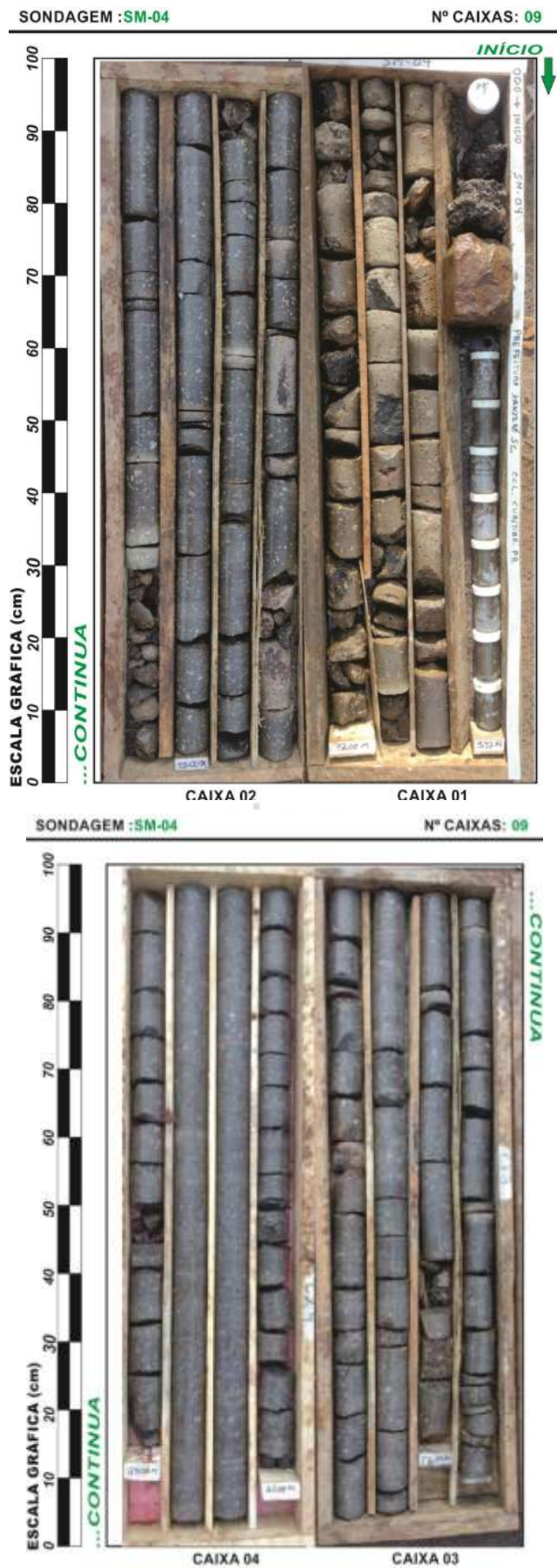
A Sondagem Mista (SM-04) foi executada entre os dias 24 e 26 de abril de 2024, próxima ao edifício Atlanta na travessa das ruas José Bonifácio e Independência. Atingiu 46,00 metros de profundidade, sendo limitada pelo cliente. A mesma apresentou sete (07) camadas geológicas e onze (11) camadas geotécnicas descritas no Boletim de Perfil Sondagem.

Figura 15: Execução de sondagem SM04.



Fonte: Geobras, 2024.

Figura 16: Testemunho SM04.



NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.



Fonte: Geobras, 2024.
NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.



[illegible]

GS energias renováveis

[illegible]

Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

3.2.2.5 SM05

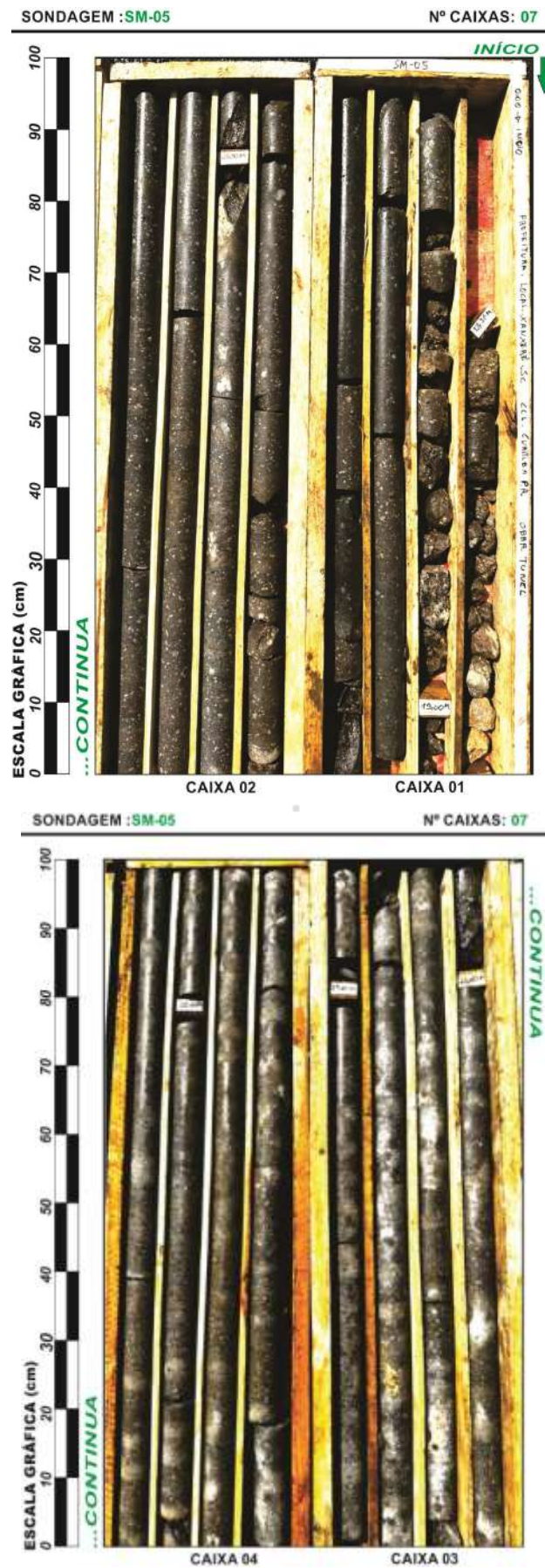
A Sondagem Mista (SM-05) foi executada entre os dias 02 e 04 de maio de 2024 próximo a empresa Imprimax. Atingiu 65,00 metros de profundidade, sendo limitada pelo cliente. A mesma apresentou quatro (04) camadas geológicas e cinco (05) camadas geotécnicas descritas no Boletim de Perfil Sondagem.

Figura 18: Execução de sondagem SM05.

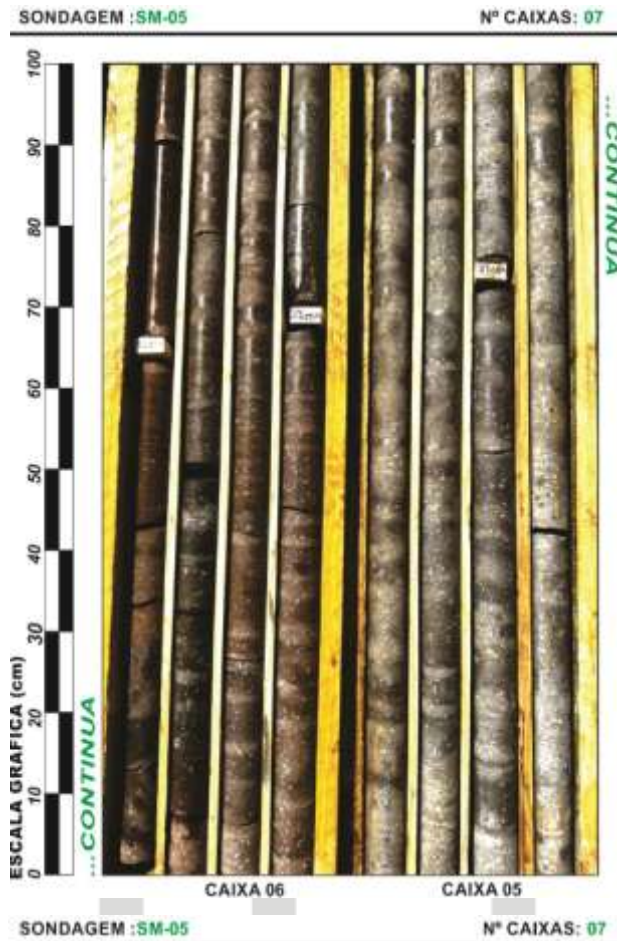


Fonte: Geobras, 2024.

Figura 19: Testemunho SM05.

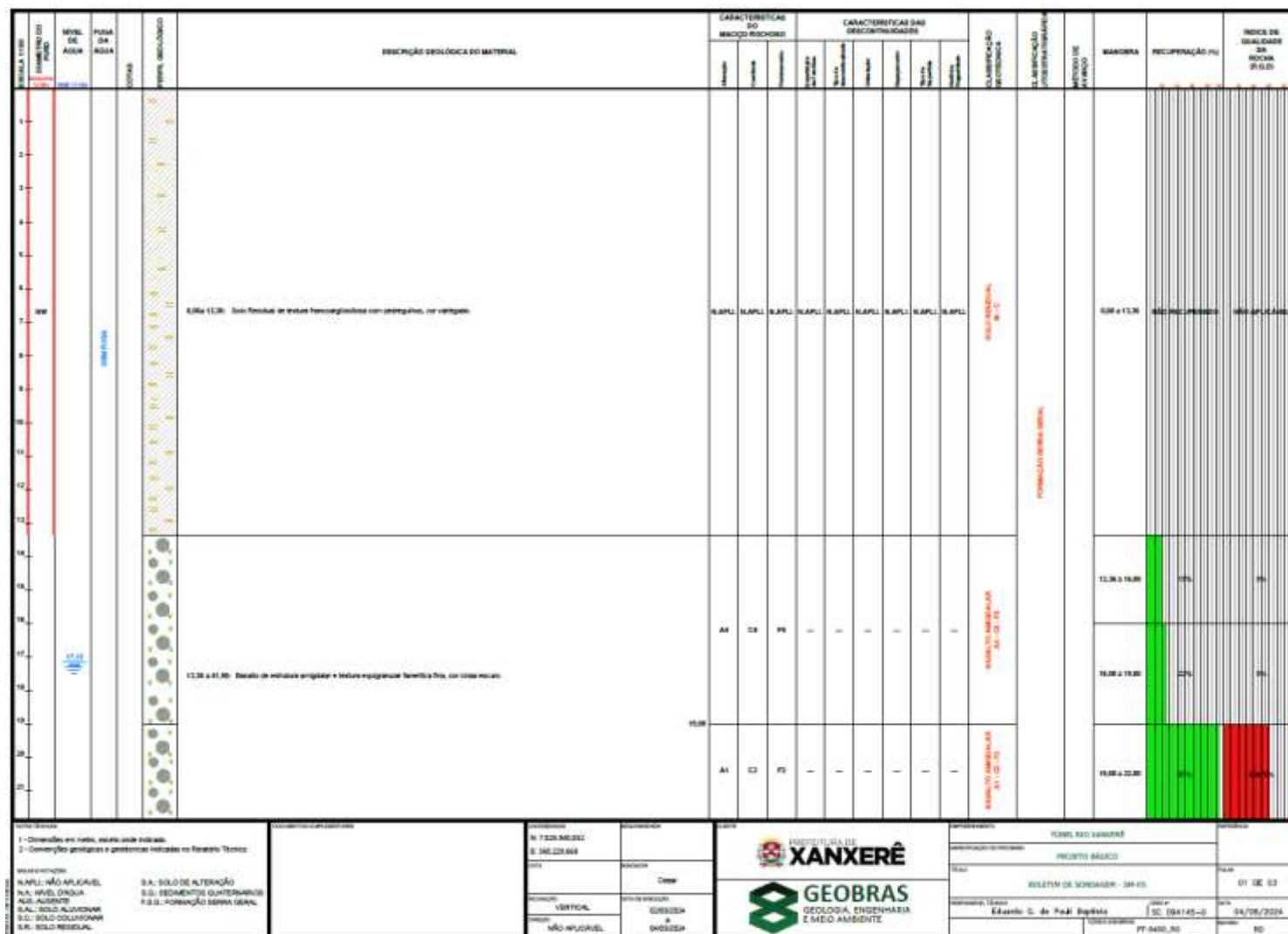


NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.



Fonte: Geobras, 2024.
NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

Figura 20: Boletim de perfil de sondagem SM05.



NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

ESCALA 1:100 DIÂMETRO DO FURO	NÍVEL DE ÁGUA	FUGA DA ÁGUA	COTAS	NÍVEL GEOLOGICO	DESCRIÇÃO GEOLOGICA DO MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DO MACIÇO ROCHOSO			CARACTERÍSTICAS DAS DESCONTINUIDADES							CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA	CLASSIFICAÇÃO DE ESTABILIDADE	MÉTODO DE AVANÇO	MANOBRAS	RECUPERAÇÃO (%)	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA (R.Q.D.)
						Alteração	Coerência	Fragmentação	Qualidade de 17 metros	Qualidade de 17 metros	Qualidade de 17 metros	Qualidade de 17 metros	Qualidade de 17 metros	Qualidade de 17 metros	Qualidade de 17 metros						
22	11,90m	11,10m																			
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
35																					
36																					
37																					
38																					
39																					
40																					
41																					
42																					
43																					
13,36 a 41,90: Basalto de estrutura amigdalar e textura equigranular fanerítica fina, cor cinza escuro.						A1	C2	F2	—	—	—	—	—	—	—	BASALTO AMIGDALAR A1 - C2 - F2	FORMAÇÃO SERRA GERAL		22,00 a 25,00	85%	96a100%
																			25,00 a 28,00	86%	96a100%
																			28,00 a 31,00	84%	96a100%
																			31,00 a 34,00	86%	96a100%
																			34,00 a 37,00	85%	96a100%
																			37,00 a 40,00	86%	96a100%
																			40,00 a 43,00	85%	75a80%
41,90 a 45,30: Brecha basáltica de estrutura cáctica, cor marrom avermelhada.						A2	C2	F3	—	—	—	—	—	—		BRECHA BASALTICA A2 - C2 - F3					

NOTAS TÉCNICAS

- 1- Dimensões em metro, exceto onde indicado.
2- Convenções geológicas e geotécnicas indicadas no Relatório Técnico.

SIGLAS E NOTAÇÕES

N.A.P.L.: NÃO APLICÁVEL
N.A.: NÍVEL D'ÁGUA
AUS.: AUSENTE
S.A.L.: SOLO ALUVIONAR
S.O.: SOLO COLUVIONAR
S.R.: SOLO RESIDUAL

S.A.: SOLO DE ALTERAÇÃO
S.Q.: SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS
F.S.G.: FORMAÇÃO SERRA GERAL

DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

COORDENADAS

N: 7.025.940,032
E: 360.229,668

COTA

VERTICAL

ORIENTAÇÃO

NÃO APLICÁVEL

AUTORIZAÇÃO

N: 7.025.940,032
E: 360.229,668

BOLETO

Cezar

DATA DE EMISSÃO

02/05/2024

a 04/05/2024

FONTE



EMPENHAMENTO

TUNEL RIO XANXERÊ

PROJETO BÁSICO

BOLETIM DE SONDAÇÃO - SM-05

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eduardo G. de Pauli Baptista

ORÇAMENTO: SC 094145-0

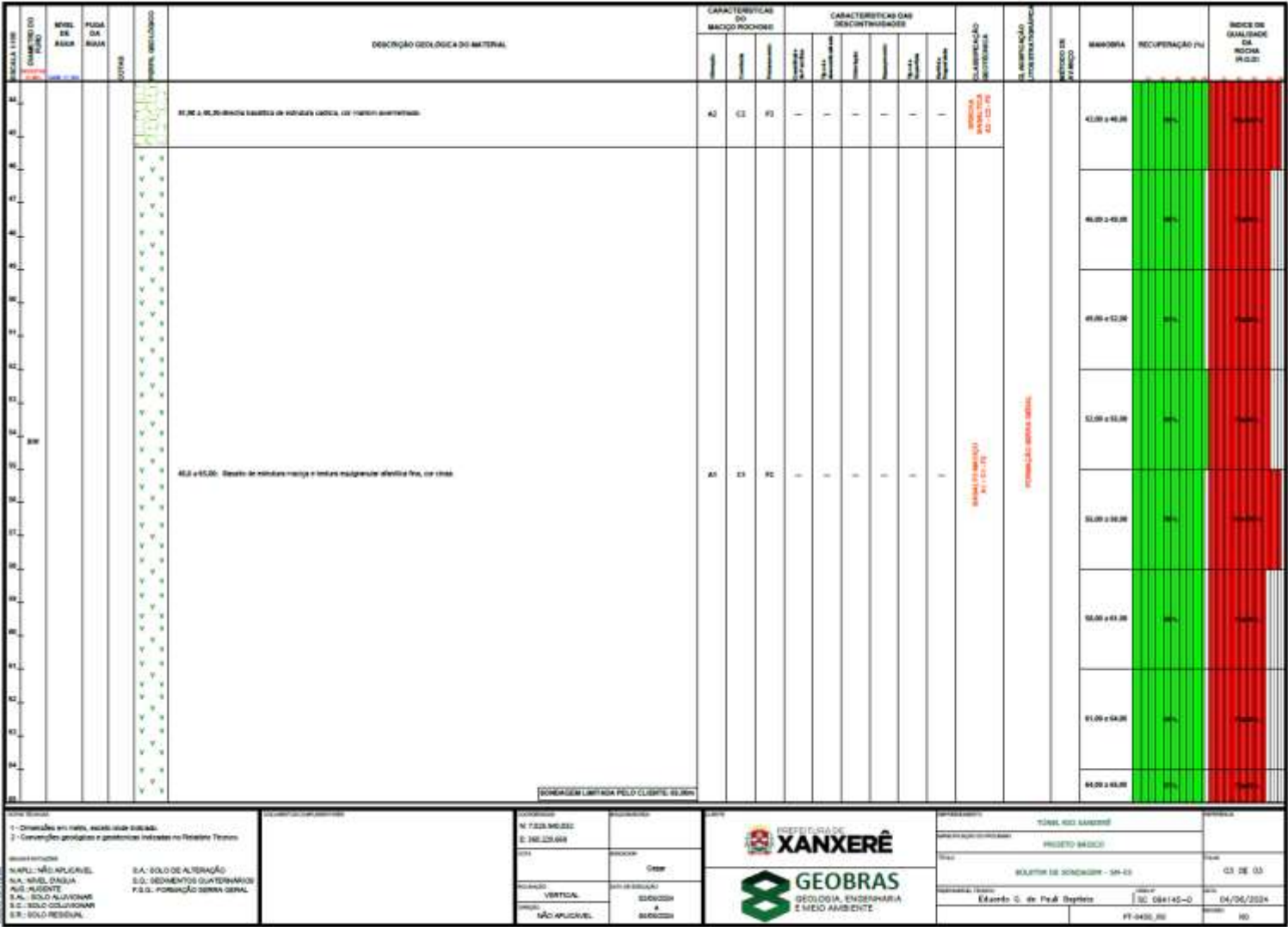
DATA: 04/06/2024

REVISÃO: PT-0450_R0

REVISÃO: RD

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.





Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.



3.2.2.6 SM06

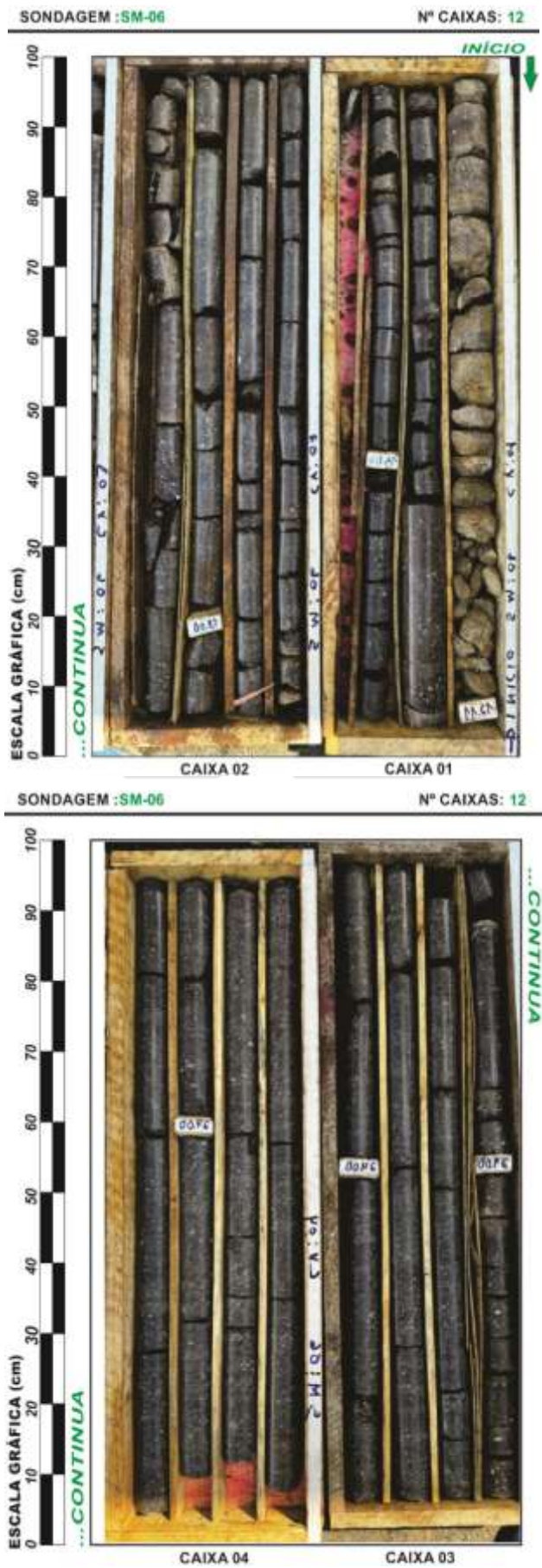
A Sondagem Mista (SM-06) foi executada entre os dias 28 de abril e 01 de maio de 2024 próximo a Barbearia e ao colégio Expressivo. Atingiu 61,00 metros de profundidade, sendo limitada pelo cliente. A mesma apresentou quatro (04) camadas geológicas e seis (06) camadas geotécnicas descritas no Boletim de Perfil Sondagem.

Figura 21: Execução de sondagem SM06.



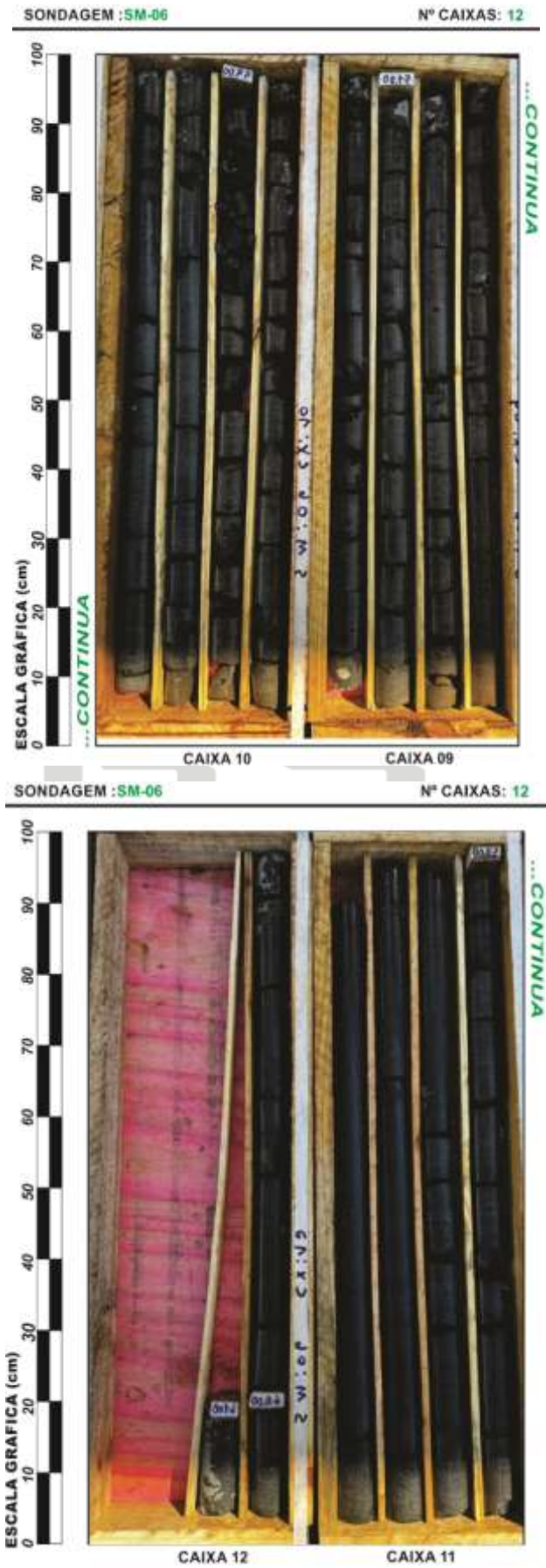
Fonte: Geobras, 2024.

Figura 22: Testemunho SM06.



NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

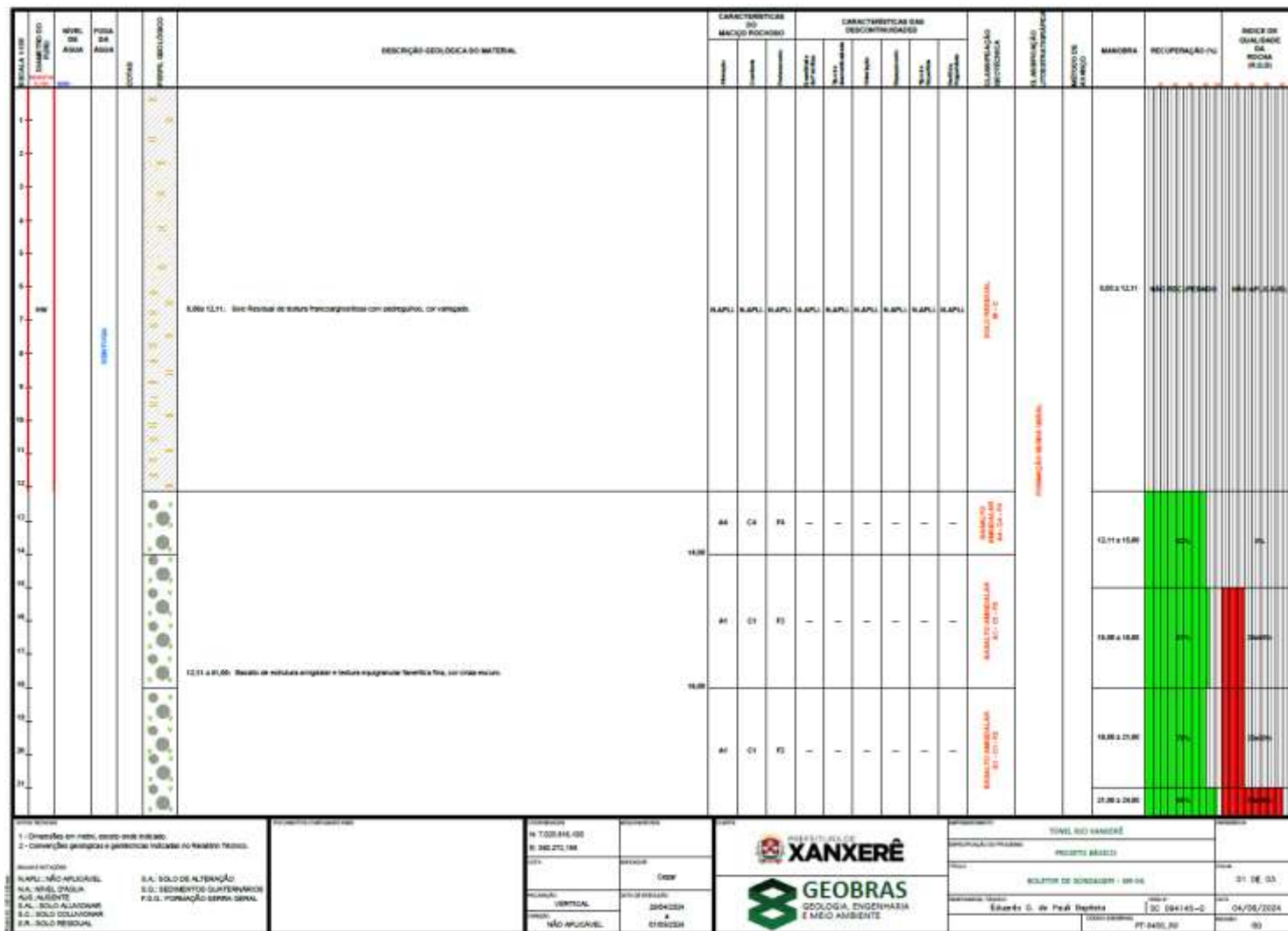




Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

Figura 23: Boletim de perfil de sondagem SM06.



Escala 1:100 DIÂMETRO DO PUNTO	NÍVEL DE ÁGUA	FUGA DA ÁGUA	COTAS	IMAGEM GEOLOGICA	DESCRIÇÃO GEOLOGICA DO MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DO MACIÇO ROCHOSO			CARACTERÍSTICAS DAS DESCONTINUIDADES							CLASSIFICAÇÃO MECÂNICA	CLASSIFICAÇÃO LITOSTRATIGRÁFICA	MÉTODO DE AVANÇO	MANOBRAS	RECUPERAÇÃO (%)	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ROCHA (R.Q.D)
						Alteração	Coeficiente	Permeabilidade	Quantidade de fraturas	Tipologia	Abertura	Orientação	Tipologia	Permeabilidade	Quantidade de fraturas						
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
35																					
36																					
37																					
38																					
39																					
40																					
41																					
42																					
43																					

NOTAS TÉCNICAS		DOCUMENTOS COMPLAINT AREA		COORDENADAS		ALTIMETRIA		LEGENDA		EMPENHAMENTO		HISTÓRICO	
1 - Dimensões em metro, exceto onde indicado. 2 - Convenções geológicas e geotécnicas indicadas no Relatório Técnico.				N: 7.025.816,100 E: 360.272,198						TÚNEL RIO XANXERÊ			
SÍMBOLOS E NOTAÇÕES				COTA		BONDADE				EXECUÇÃO DO PROJETO			
N.A.P.: NÃO APLICÁVEL N.A.: NÍVEL D'ÁGUA A.U.: AUSENTE S.A.: SOLO ALUVIONAR S.C.: SOLO COLUVIONAR S.R.: SOLO RESIDUAL						Cesar				PROJETO BÁSICO			
				INCORPORAÇÃO		DATA DE EMISSÃO				BOLETIM DE SONDAÇÃO - SM-06		FOLHA	
				VERTICAL		28/04/2024				RESPONSÁVEL TÉCNICO		DATA	
				NÃO APLICÁVEL		01/05/2024				Eduardo G. de Pauli Baptista		04/06/2024	
										PT-0450_R0		REVISO	
												RO	

PREFEITURA DE
XANXERÊ

GEOBRAS
GEOLOGIA, ENGENHARIA
E MEIO AMBIENTE

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

[illegible]

Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

3.2.2.7 SM07

A Sondagem Mista (SM-07) foi executada entre os dias 24 de abril e 03 de maio de 2024 ao lado da BR 282. Atingiu 50,00 metros de profundidade, sendo limitada pelo cliente. A mesma apresentou quatro (04) camadas geológicas e cinco (05) camadas geotécnicas descritas no Boletim de Perfil Sondagem.

Figura 24: Execução de sondagem SM07.

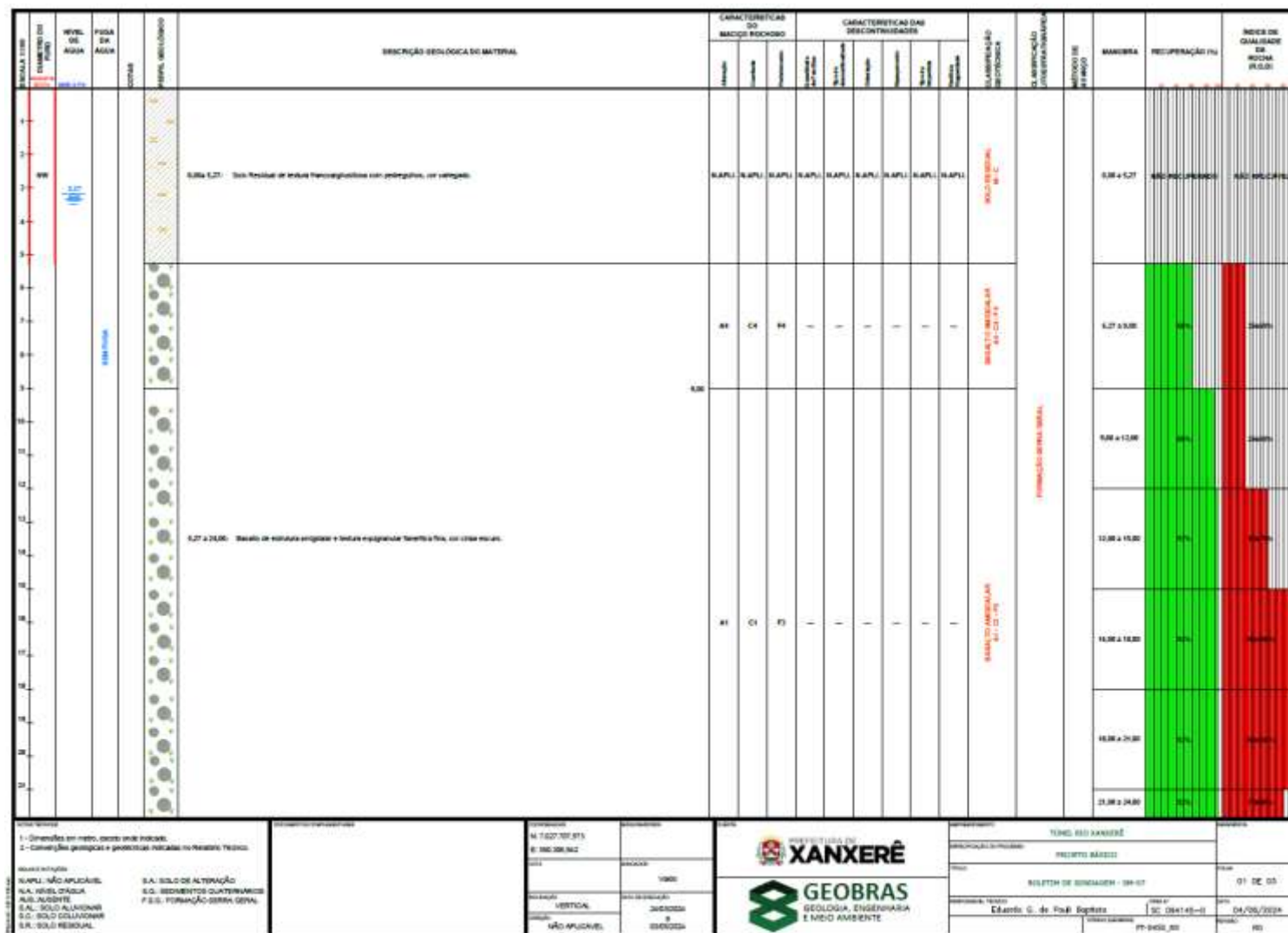


Fonte: Geobras, 2024.

Figura 25: Testemunho SM07.



Fonte: Geobras, 2024.



NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

Escala 1:100 NBR 12237/2017	Nível de Água	Fuga da Água	Nível Hidrológico	Descrição Geológica do Material	Características do Meio Rochoso								Classificação Rockwell (A1 - F5)	Classe de Alteração da Rocha	Módulo de Elasticidade (GPa)	Módulo de Compressão (GPa)	Módulo de Cisalhamento (GPa)	Índice de Qualidade da Rocha (IQR)	
					Abundância	Coeficiente	Porosidade	Porosidade de Abertura	Porosidade de Fechamento	Porosidade Total	Porosidade Efetiva	Porosidade Disponível							
21				5,27 a 24,86: Resíduo de estrutura argilosa e textura esmagada fibrosa-fina, cor cinza escura.	A1	C1	P2	—	—	—	—	—	SAFADA AMBULANTE A1 - F5				21,00 a 24,86	100%	100%
22																			
23																			
24																			
25																			
26				24,86 a 30,00: Brecha basáltica de estrutura cáctica, com matriz esmagada.	A2	C2	P3	—	—	—	—	—	INTERMEDIÁRIA A2 - C3 - P3				24,86 a 27,00	100%	100%
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37				30,00 a 50,00: Brecha de estrutura macia e textura esmagada fibrosa-fina, cor cinza.	A1	C1	P2	—	—	—	—	—	SAFADA AMBULANTE A1 - F5				30,00 a 32,00	100%	100%
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50																			
51																			
52																			
53																			
54																			
55																			
56																			
57																			
58																			
59																			
60																			
61																			
62																			
63																			
64																			
65																			
66																			
67																			
68																			
69																			
70																			
71																			
72																			
73																			
74																			
75																			
76																			
77																			
78																			
79																			
80																			
81																			
82																			
83																			
84																			
85																			
86																			
87																			
88																			
89																			
90																			
91																			
92																			
93																			
94																			
95																			
96																			
97																			
98																			
99																			
100																			

1 - Conversões em metro, exceto onde indicado.

2 - Conversões geológicas e geotécnicas indicadas no Relatório Técnico.

NOTAS TÉCNICAS

N.A.N.U. NÃO APLICÁVEL.

N.A. NÍVEL D'ÁGUA

A.U. AUSENTE

S.A.L. SOLO ALUVIONÁRIO

S.C. SOLO COLUVIONÁRIO

S.R. SOLO RESIDUAL

S.A. SOLO DE ALTERAÇÃO

S.C. SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

P.B.G. FORMAÇÃO DEBIA DEBIA

COORDENADAS

N 7.227.727,875

E 562.308,842

COORDENADAS

24.03.0204

24.03.0204

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

INSTITUTO DE GEOLOGIA

INSTITUTO DE GEOLOGIA

LOGO

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

[illegible]

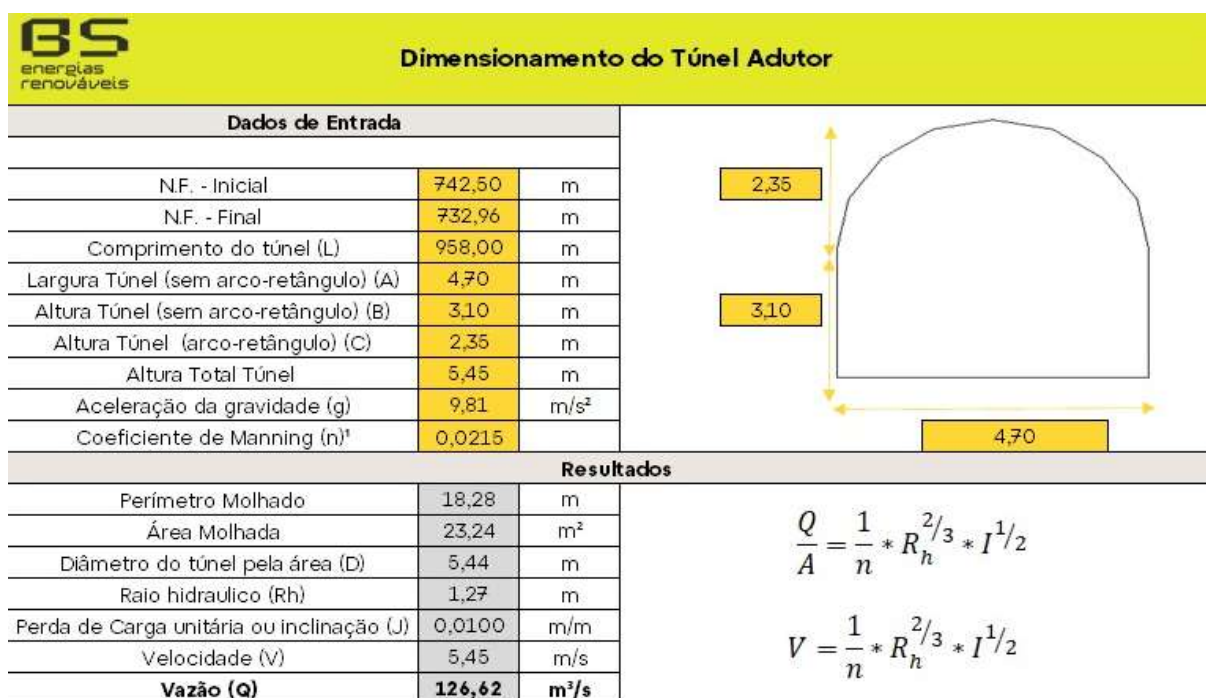
Fonte: Geobras, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

3.3 DIMENSIONAMENTO DO TÚNEL ADUTOR

No dimensionamento do túnel adutor considerou-se a parcela de vazões desviadas do rio Xanxerê – SC, na qual utilizou-se como referência a vazão de 126,16m³/s para a TR 100 anos, a fim de atender essa vazão adotou-se um túnel com uma área de 23,24m², com as dimensões conforme mostra a figura abaixo.

Figura 27: Dimensionamento do Túnel Adutor.



Nota:¹O coeficiente de Manning adotado foi de 0,0215, valor este entre o coeficiente sem revestimento (0,025) e do concreto (0,013), o valor adotado é maior do que o do concreto liso, pois será utilizado concreto projetado o qual tem sua superfície mais áspera, sendo que corrigirá as arestas vivas da rocha melhorando um pouco o coeficiente de rugosidade.

Fonte: o autor, 2024.

A partir da seção adotada e da declividade de 1,00%, determinou-se a velocidade de escoamento, considerando um coeficiente de rugosidade de 0,0215, o qual foi obtido por média ponderada entre os coeficientes de rugosidade 0,013 e 0,025, para concreto e rocha sem revestimento, respectivamente, de modo que, o túnel terá aproximadamente 235,00m em concreto e 723,00m em rocha sem revestimento.

Assim, a velocidade calculada foi de 5,45m/s, e quando multiplicada pela área, tem-se a vazão de escoamento de 126,62m³/s, a qual se aproxima da vazão extrema referente a TR 100 anos.

Já em relação a TR 1000 anos, está vazão representa aproximadamente 70%, onde os demais 30% seguem o seu escoamento pela calha natural do rio Xanxerê. Como citado, o túnel será escavado em rocha e nos pontos críticos, estima-se que seja necessário revestir com concreto projetado.

3.4 DIMENSIONAMENTO DO MURO DE CAPTAÇÃO

A seguir, será apresentado o cálculo do estudo de captação de água nos muros de aproximação. Foi considerado como se fosse um vertedouro de entrada, o qual foi dimensionado para suportar uma vazão de 126,16m³/s referente a uma TR de 100 anos, assim para tal adotou-se uma largura de 29,00m de comprimento. Quando o NA (nível de água) estiver na cota 778,40, tem-se uma vazão de 151,90m³/s.

Figura 28: Cálculo entrada de água.

NAM	H (m)	L (m)	g (m/s²)	Q (m³/s)	A (m²)	V (m/s)
776,90	0,40	29,00	9,81	14,67	11,60	1,26
777,40	0,90	29,00	9,81	49,52	26,10	1,90
777,90	1,40	29,00	9,81	96,08	40,60	2,37
778,40	1,90	29,00	9,81	151,90	55,10	2,76
778,90	2,40	29,00	9,81	215,65	69,60	3,10
779,40	2,90	29,00	9,81	286,43	84,10	3,41
779,90	3,40	29,00	9,81	363,62	98,60	3,69

Fonte: o autor, 2024.

3.5 EMBOQUE E DESEMBOQUE DO TÚNEL DE MACRODRENAGEM

O emboque do túnel de drenagem localizado na margem direita do rio Xanxerê, nas proximidades da rua Atanázio Antonio e Avenida La Salle, nas coordenadas latitude: -26.876825 ° e longitude: -52.409286°, pode ser visualizado nas figuras abaixo.

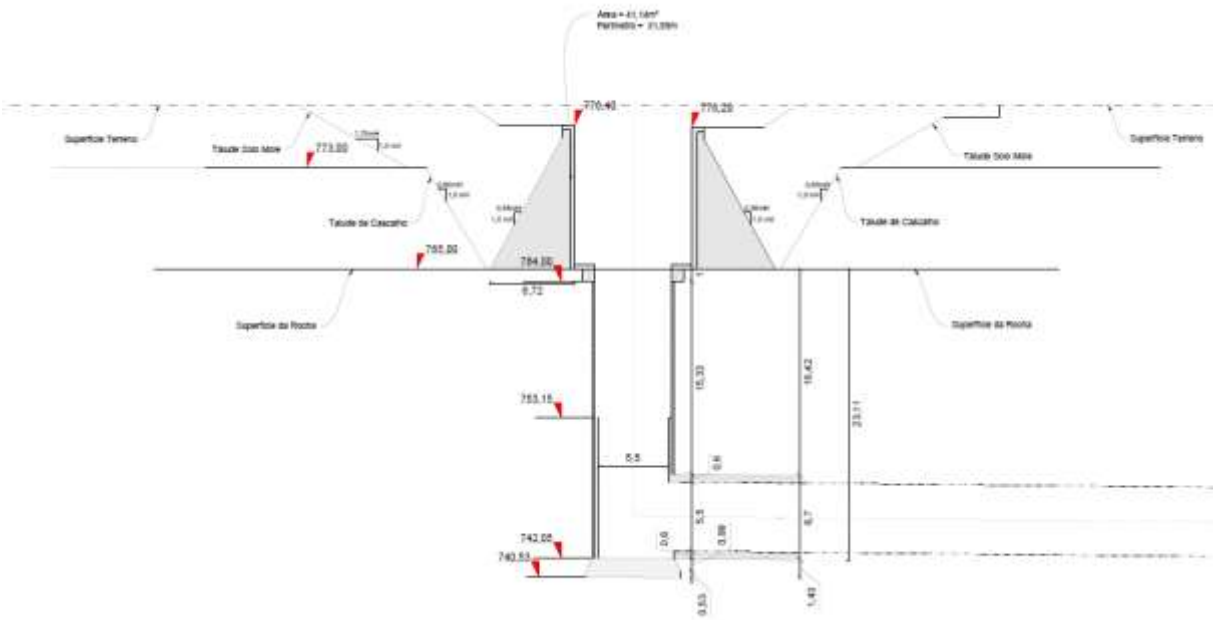
NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

Figura 29: Planta de locação do túnel – emboque com imagem (desenho PMX-B-TUDE-0005-0).



Fonte: o autor, 2024.

Figura 30: Perfil do emboque do túnel desenho (PMX-B-TUDE-0006-0).



Fonte: o autor, 2024.

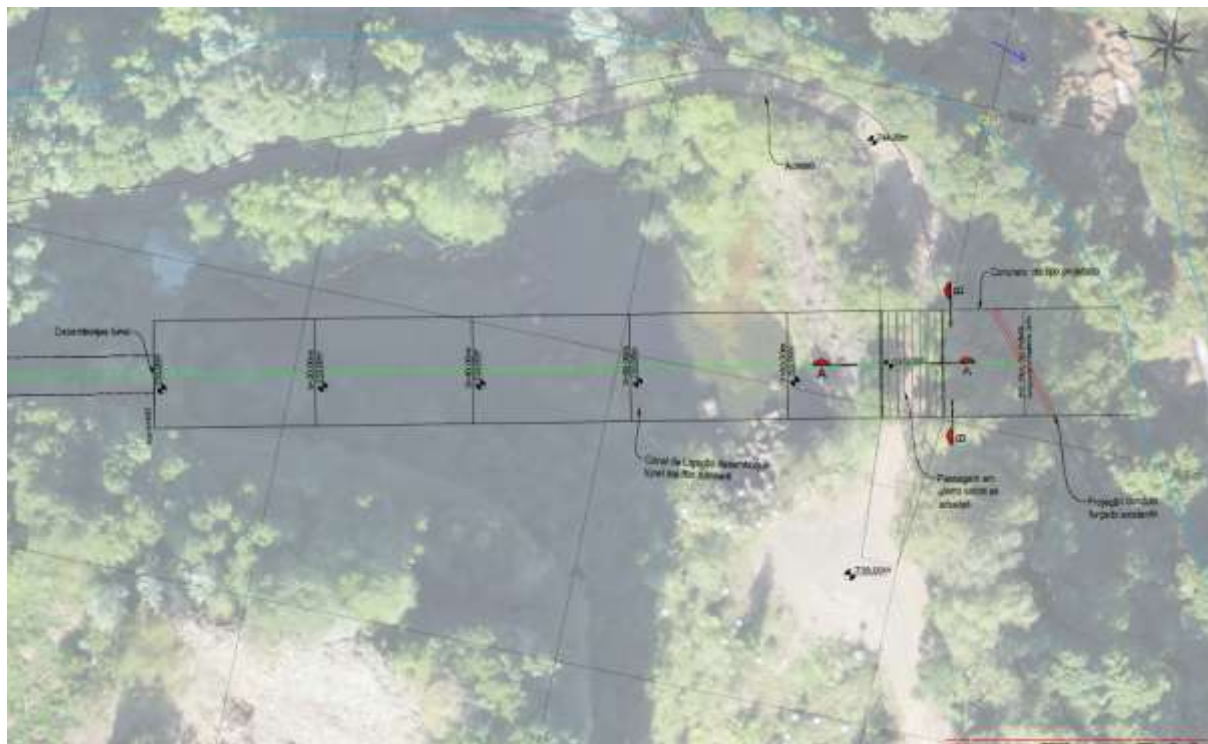
O desemboque do túnel será realizado por canal de ligação entre o desemboque do túnel e a margem direita / leito do rio Xanxerê atrás da Mineral

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.



Gelos (antiga pedreira do Westrich), nas coordenadas latitude: $-26,884918^{\circ}$ e longitude: -52.406084° . A figura abaixo apresenta a planta do desemboque.

Figura 31: Planta do desemboque do túnel desenho (PMX-B-TUDE-0034-0).



Fonte: o autor, 2024.

energias
renováveis

3.6 CORTINAS DE ESTACAS

A cortina de estacas é uma estrutura de contenção que utiliza estacas cravadas ou perfuradas no solo. A qual é projetada para fornecer estabilidade ao solo, suporte lateral e controlar o fluxo de água subterrânea em obras de engenharia civil.

Essa estrutura será executada por meio de estacas raiz, a qual trata-se de estacas moldadas *in-loco* executada por perfuração rotativa ou rotopercussiva, revestida integralmente, no trecho em solo, por um conjunto de tubos metálicos recuperáveis, para servirem de fundação profunda, com diâmetro acabado variando de 150mm a 450mm e de elevada tensão de trabalho no fuste, que é constituído de argamassa de areia e cimento e é inteiramente armado ao longo de todo o seu comprimento.

As estacas são normalmente utilizadas em terrenos de elevada compacidade, ou consistência, ou que demonstrem a presença de rochas sãs, ou alteração de rocha, nos quais a escavação somente pode ser processada através do uso de perfuratrizes rotativas, ou roto-percussivas, com a implantação de revestimentos metálicos em segmentos rosqueados estanques.

As estacas raiz serão executadas no trecho do canal de aproximação, na obra do túnel de macrodrenagem, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 32: Estaca raiz (PMX-B-TUDE-0013-0)



Fonte: o autor, 2024.

As estacas raiz serão perfuradas no solo/rocha, com diâmetro de 45cm (os quantitativos deste item correspondem a 2.366,00m lineares de execução de estacas raiz em solo) (item 2.2.3 do orçamento).

Para a obtenção dos parâmetros e reconhecimento do perfil geotécnico do local da obra foram considerados os dados obtidos na sondagem à percussão (SPT) 05, a partir da sondagem foi definido, para efeito de cálculo, que o maciço é dividido em duas camadas: uma camada de solo mole e outra camada de solo silte-argiloso.

A tabela a seguir apresenta os valores dos parâmetros do solo que serão utilizadas na realização dos cálculos.

Tabela 1: Parâmetros do solo.

Parâmetros	Dados	
Tipo de solo	Mole	Silte Argiloso
Peso específico (kN/m³)	15,00	19,00
Coesão (kN/m²)	8,00	10,00
Ângulo de atrito - ϕ	24,00°	32,00°

Fonte: o autor, 2024.

O empuxo ativo ocorre quando a estrutura de contenção é gradualmente empurrada pelo maciço de solo, onde diminui a tensão horizontal efetiva e ocorre a ruptura do solo. De forma simplificada, o empuxo ativo é a força que o solo exerce sobre uma estrutura para derrubá-la. Os coeficientes de empuxo ativo foram obtidos através da equação abaixo.

$$ka = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

Assim, obteve-se os coeficientes de empuxo ativo para cada tipo de solo, conforme expresso a seguir.

Tabela 2: Coeficiente de empuxo ativo.

Parâmetros	Dados	
Tipo de solo	Mole	Silte Argiloso
Ângulo de atrito - ϕ	24,00°	32,00°
ka	0,42	0,31

Fonte: o autor, 2024.

Com os coeficientes de empuxo ativo, calculou-se a tensão horizontal, a qual é definida pelo produto da tensão efetiva e do coeficiente de empuxo, adicionando ainda uma parcela que pode ser somada ou subtraída referente a coesão. A dedução dessas equações ocorre por meio de semelhança de

triângulo no Círculo de Mohr, utilizando a equação da tensão de cisalhamento do solo, conforme Equação abaixo.

$$\sigma_{ha} = \sigma' \times ka \times h - 2 \times c \times \sqrt{ka}$$

A partir da equação obteve-se a tensão do solo em diferentes profundidades, as quais foram majoradas pelo coeficiente de segurança de 1,4, sendo os dados obtidos apresentados na tabela a seguir.

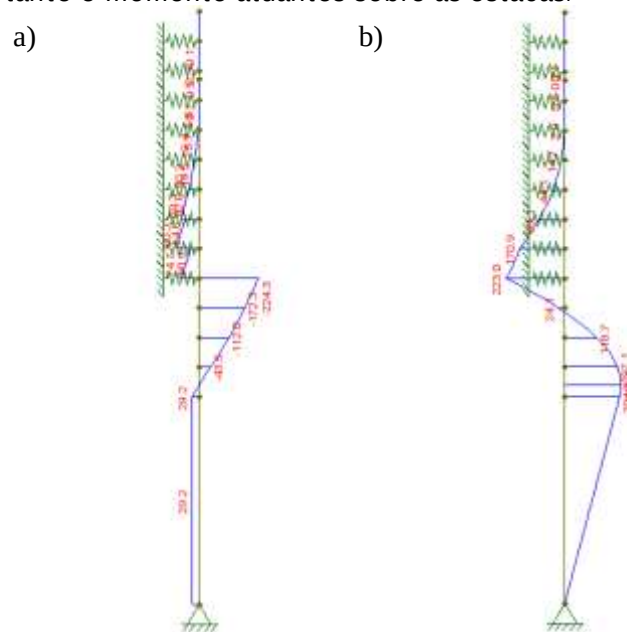
Tabela 3: Empuxo ativo.

Profundidade (m)	Empuxo ativo (kN/m²)	Empuxo ativo majorado (kN/m²)
0,70	0,00	0,00
1,70	0,34	0,48
2,70	6,64	9,30
3,70	12,94	18,12
4,70	16,55	23,17
5,70	22,44	31,41
6,70	28,33	39,66
7,70	34,22	47,90
8,70	40,11	56,15
9,70	46,00	64,40
10,70	51,89	72,64
11,70	51,89	72,64

Fonte: o autor, 2024.

A figura a seguir apresenta os diagramas simplificados de esforço cortante e de momento da contenção obtidos pelo programa Ftool.

Figura 33: Esforço cortante e momento atuantes sobre as estacas.



*a) esforços cortantes; b) momento.

Fonte: o autor, 2024.

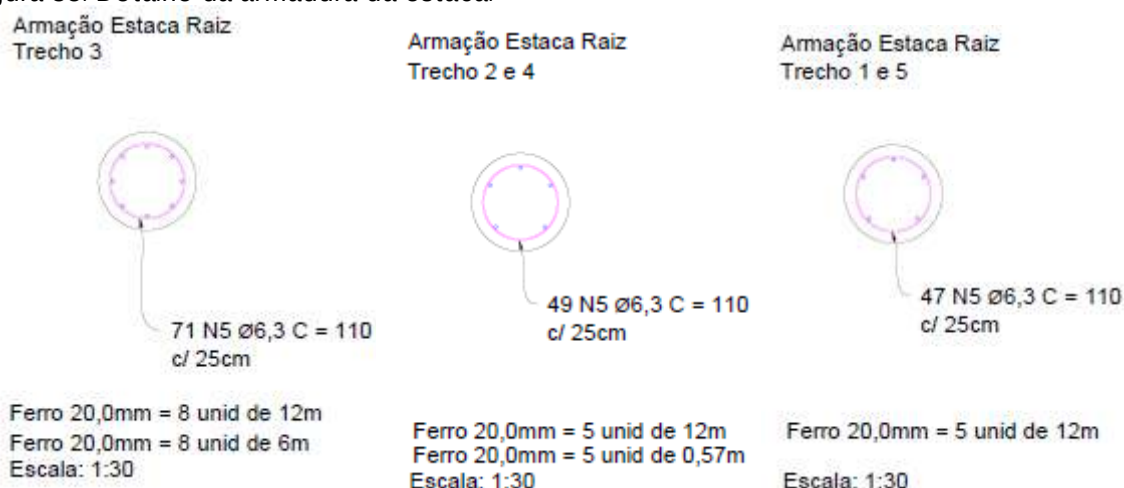
A partir do Ftool obteve-se o momento de 223,00kN.m, sendo este o maior momento sobre a estaca, o qual foi utilizado no dimensionamento da armadura, os dados obtidos no cálculo encontram-se expressos na tabela a seguir.

Figura 34: Dimensionamento da armadura da estaca.

Esforços		
Momento	223,00	kN.m
Dados de entrada		
Diâmetro estaca	0,45	m
	45,00	cm
Seção quadrada	0,32	m
Tipo da estaca	Raiz	
Concreto	20,00	Mpa
γ_c	1,6	
Aço CA-50	50	kN/cm ²
γ_s	1,15	
Área da estaca	0,159	m ²
	1590,43	cm ²
Dimensionamento armadura		
d	26,00	cm
d	0,26	m
d _{min}	0,4722	m
d _{min}	47,22	cm
Tipo de armadura	Dupla	
d'	0,06	m
KMD	0,825	
KX lim tabelado	0,45	
M _{lim}	67,87	kN.m
M ₂	155,13	kN.m
Área de Aço		
As1	7,32	cm ²
As2	17,8399	cm ²
As (As1 + As2)	25,16	cm²
As,min	6,36	cm²
As,max	63,62	cm²
Aço adotado	20,00	mm
Área unit. do aço adotado	3,14	cm ²
n° de barras calculado	8,01	unid.
n° de barras adotado	8,00	unid.

Fonte: o autor, 2024.

Figura 35: Detalhe da armadura da estaca.



Fonte: o autor, 2024.

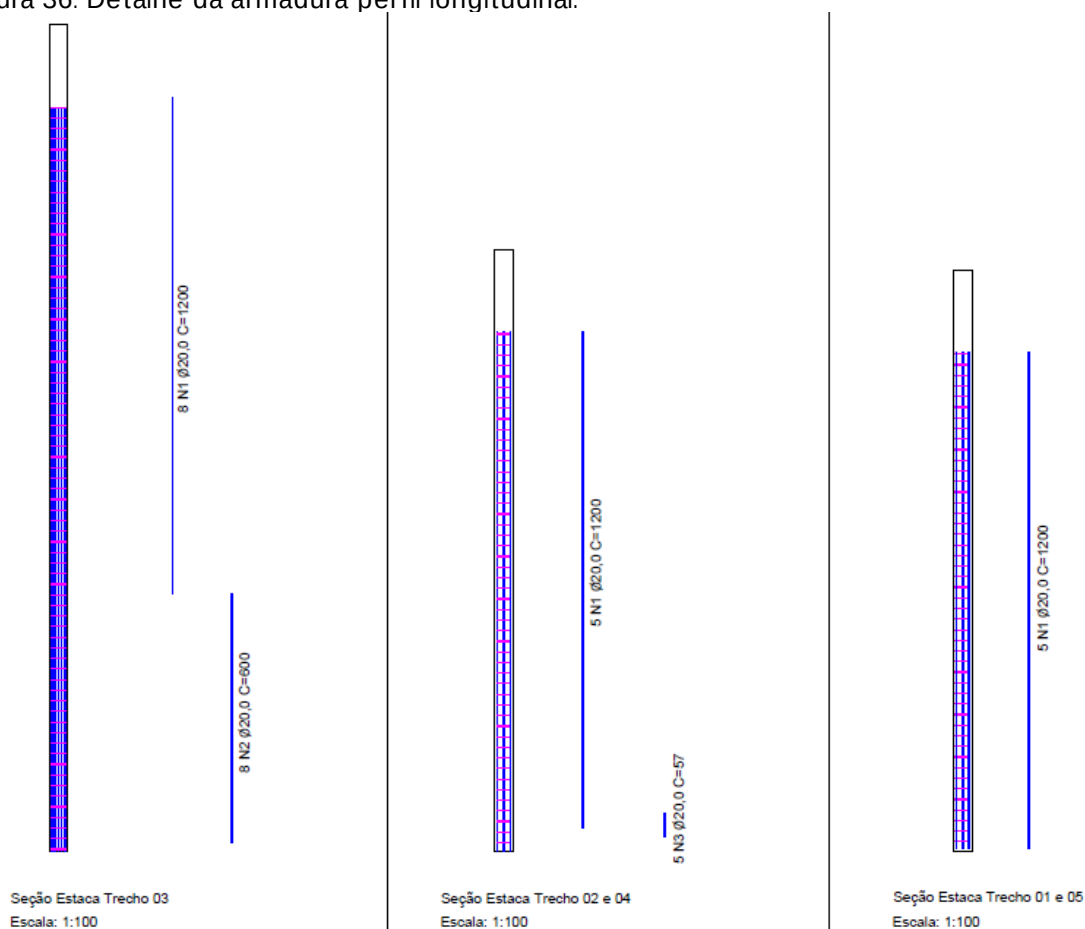
Assim, as armaduras longitudinais e transversais (estribos) ficaram definidas como:

Trecho 03 - 8 barras com diâmetro de 20,00mm (comprimento 12m) do tipo CA-50, 8 barras com diâmetro de 20,00mm (comprimento 6m) do tipo CA-50 e a armadura transversal (estribos) adotada será de 6,3mm do tipo CA-60 com espaçamento de 25,00cm.

Trecho 02 e 04 - 5 barras com diâmetro de 20,00mm (comprimento 12m) do tipo CA-50, 5 barras com diâmetro de 20,00mm (comprimento 0,57m) do tipo CA-50 e a armadura transversal (estribos) adotada será de 6,3mm do tipo CA-60 com espaçamento de 25,00cm.

Trecho 01 e 05 - 5 barras com diâmetro de 20,00mm (comprimento 12m) do tipo CA-50 e a armadura transversal (estribos) adotada será de 6,3mm do tipo CA-60 com espaçamento de 25,00cm.

Figura 36: Detalhe da armadura perfil longitudinal.

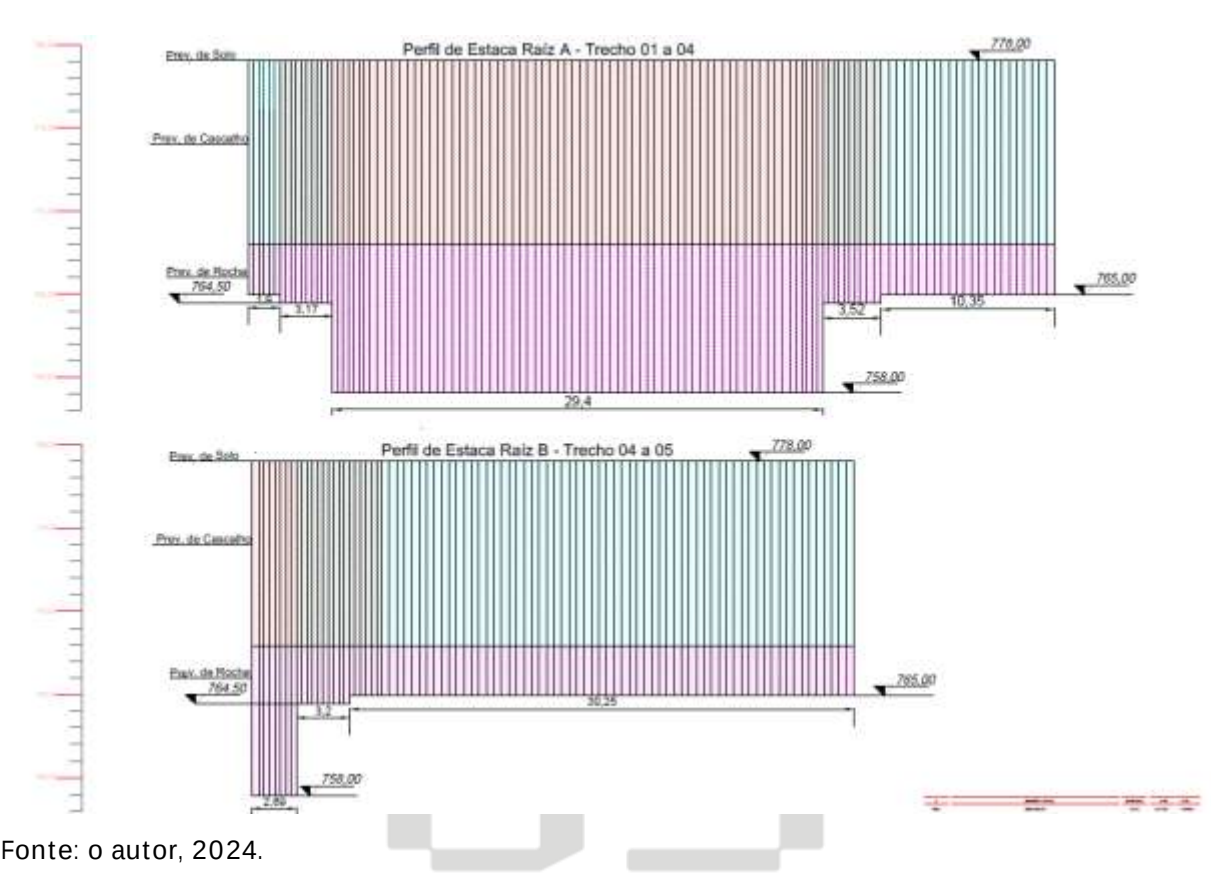


Fonte: o autor, 2024.

Os quantitativos previstos neste item, levam em consideração a metragem linear de execução de cortina de estaca raiz executadas de maneira justaposta, entre as elevações 778,00 a 758,00 (itens 2.2.3 e 2.2.4 do orçamento), de maneira a formar uma proteção para as escavações em solos moles, escavação de material de segunda categoria, execução das detonações do shaft vertical e execução dos muros de concreto em gravidade, para fazer a captação de águas do rio Xanxerê.

Estes quantitativos foram definidos correlacionados com os dados do SM02, estão previstas em projeto suas posições e quantidades de estacas, das quais estão distribuídas em 182 estacas. Na imagem abaixo e no desenho PMX-B-TUDE-0013-0 do caderno de desenhos é possível visualizar as estacas no emboque.

Figura 37: Estaca raiz perfil A e B (PMX-B-TUDE-0015-0)



Fonte: o autor, 2024.

Nas figuras abaixo pode ser observado o quantitativo de aço (item 2.2.5 do orçamento) que será utilizado nas estacas e o volume que será escavado e compactado de argila para ensecar a execução de estacas raiz (itens 2.2.11 e 2.2.12 do orçamento).

Figura 38: Quantidade de aço – estaca raiz (item 2.2.5 do orçamento).

Armação Estaca Raiz - 2306076					
	Comprimento total	Área planta por estaca	A (volume de concreto)	B (taxa de Armação variável kg/m³)	C (peso Total (Kg) de armação)
Estaca Raiz - Solo - Trecho 01 - Elevação	253,00	0,16	40,23	90,00	3620,43
Estaca Raiz - Solo - Trecho 02 - Elevação 765 a 764	115,00	0,16	18,29	90,00	1645,65
Estaca Raiz - Solo - Trecho 03 - Elevação 765 a 761,3	1260,00	0,16	200,34	125,00	25042,50
Estaca Raiz - Solo - Trecho 04 - Elevação 765 a 764	115,00	0,16	18,29	90,00	1645,65
Estaca Raiz - Solo - Trecho 05 - Elevação 765 a 764,7	759,00	0,16	120,68	90,00	10861,29
Total	2.502,0000		397,818	485	42815,52

Fonte: o autor, 2024.

Figura 39: Quantidade de aço – estaca raiz (item 2.2.11 e 2.2.12 do orçamento).

Ensecadeira - Aterro e compactação em argila, do leito do rio até o terreno natural - vai servir de base para o serviço de cravação de estaca raiz - Compactação de aterros a 100% do Proctor intermediário - 5503041			
	Área elevação Sup.	Área elevação inf	Volume aterro
Aterro em argila compactada nas margens e no leito do rio xanxere - até a elevação 775	9,75	41,62	405,80
Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 2.500 a 3.000 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³ 5502120	9,75	41,62	405,80
Total			811,59

Fonte: o autor, 2024.

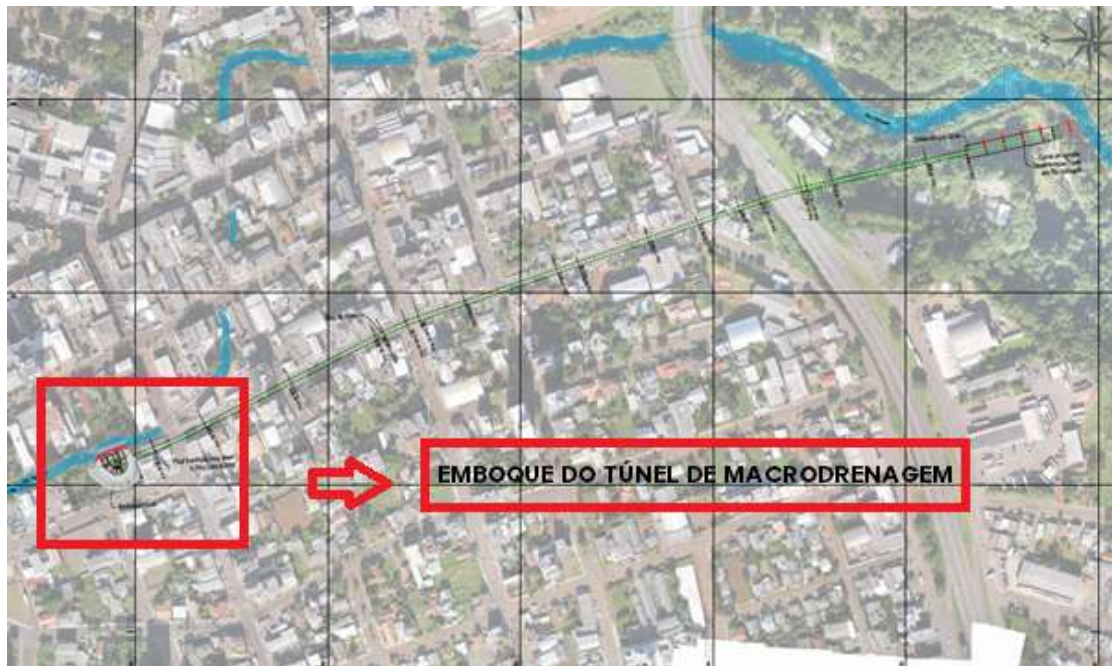
3.7 ESCAVAÇÃO EM SOLO MOLE – EMBOQUE DO TÚNEL

Os solos moles, são solos constituídos por uma alta porcentagem de material orgânico e alto teor de umidade. São solos finos (argilas e siltes), compressíveis e de baixa resistência a esforços de cisalhamento.

A escavação de solo mole será realizada no emboque do túnel (no canal de aproximação e no leito do rio margem direita e margem esquerda).

A necessidade de remoção de solos moles deve ser indicada em projeto. Nas figuras a seguir, é possível visualizar a localização, a planta de escavação em solo mole (desenho PMX-B-TUDE-0007-0) e as seções (desenhos PMX-B-TUDE-0008-0 e PMX-B-TUDE-0009-0).

Figura 40: Arranjo geral - emboque do túnel.



Fonte: o autor, 2024.

Figura 41: Planta de localização do emboque do túnel.



Fonte: o autor, 2024.

Conforme desenhos e tabela de escavação apresentada a seguir, é possível visualizar os vértices da escavação, a área e o volume de escavações.

No desenho da planta baixa, pode-se visualizar os vértices, no total são 28 (vinte e oito vértices de coordenada). É importante ressaltar que, a escavação NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES. VOCÊ GERA ENERGIA.

de solos moles terá – DMT de 2.500 a 3.000m, em caminho de serviço pavimentado, com caminhão basculante de 14m³. (O quantitativo deste item corresponde a 6.779,93m³) (item 2.2.1 do orçamento).

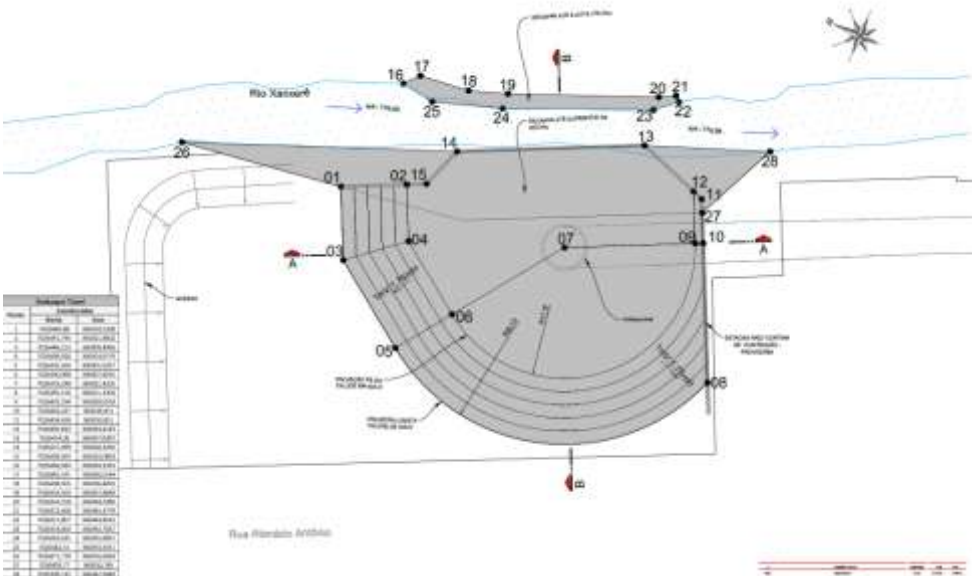
Estes quantitativos são relativos ao volume de escavação em solo mole, na região do canal de aproximação do emboque do túnel, entre as elevações 778,00 e 773,00 (volume de escavação desta parte é de 8.600,25m³ com uma área de 1.226,235m²). O restante do volume de escavações é dentro da margem do rio, (sendo respectivamente 102,36m³).

Tabela 4: Escavação em solo mole.

Escavação de solo mole					
	Área elevação Sup.	Área elevação inf	A (área)	B (altura)	C (Volume)
Escavação de solo mole canal de aproximação escav. 778 até a 773	1.519,4200	933,0500	1.226,2350	5	6131,175
Escavação de Solo Mole alargamento margem esquerda rio xanxere - até a elevação 775	1,7900	1,7900	1,7900	41,62	74,4998
Escavação de solo mole canal de aproximação escav. 778 até a 773	67,2600	67,2600	67,2600	5	336,3
Escavação de Solo Mole alargamento margem esquerda rio xanxere - até a elevação 775			183,05	1,3	237,965
Total			1.478,3350	52,92	6779,9398

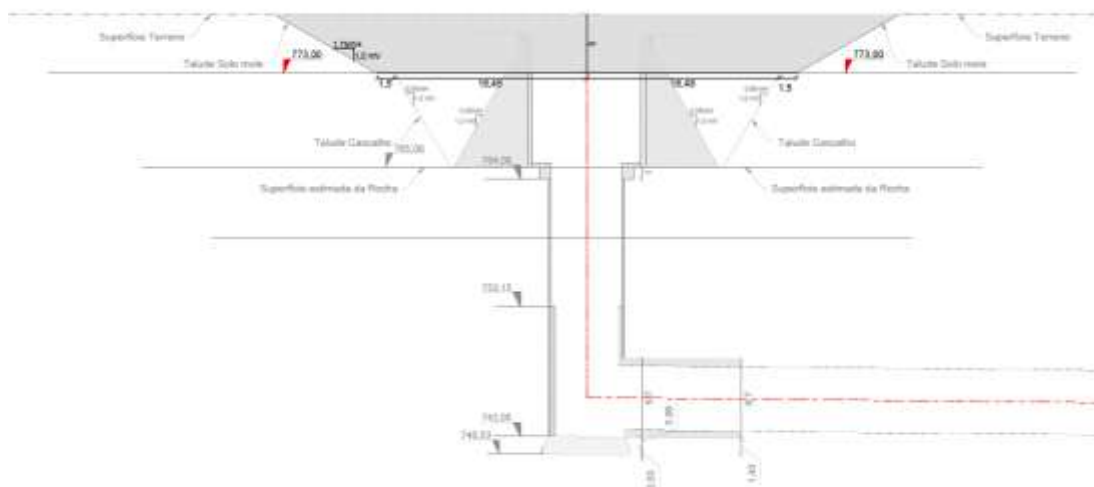
Fonte: o autor, 2024.

Figura 42: Planta escavação solo mole – emboque do túnel (PMX-B-TUDE-0007-0).



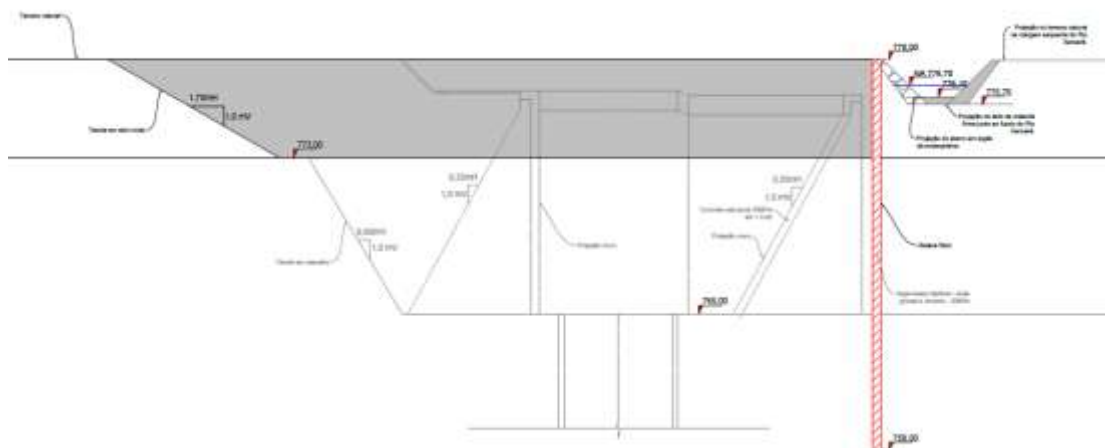
Fonte: o autor, 2024.

Figura 43: Seção escavação solo mole – emboque do túnel (PMX-B-TUDE-0008-0).



Fonte: o autor, 2024.

Figura 44: Seção escavação solo mole 02 – emboque do túnel (PMX-B-TUDE-0009-0).



Fonte: o autor, 2024.

3.8 ESCAVAÇÃO EM CASCALHO – EMBOQUE DO TÚNEL

O cascalho é uma agregação solta de fragmentos rochosos. O cascalho ocorre naturalmente na terra como resultado de processos geológicos sedimentares e erosivos. A maior parte do cascalho é derivada da desintegração do leito rochoso à medida que ele se intempera.

A escavação em cascalho será realizada no emboque do túnel no trecho do canal de aproximação e no desemboque do túnel.

3.8.1 Trecho do canal de aproximação - emboque

Escavação de solos de 2ª categoria – DMT de 2.500 a 3.000m, em caminho de serviço pavimentado, com escavadeira e caminhão basculante de 14m³. (Este item corresponde ao quantitativo de 5.312,32m³) (item 2.2.2 do orçamento). Os quantitativos previstos neste item são relacionados a escavação de cascalho/material de segunda categoria, presente na escavação do emboque do túnel, esta escavação deverá ser feita após a remoção do solo mole, escavação está prevista entre as elevações 773,00m e 765,00m, resultando em 8m de altura.

Na tabela a seguir, é possível visualizar a tabela da memória de cálculo da escavação em cascalho no emboque do túnel. A área de escavação é de 664,04m² sendo, $A \times B = C$.

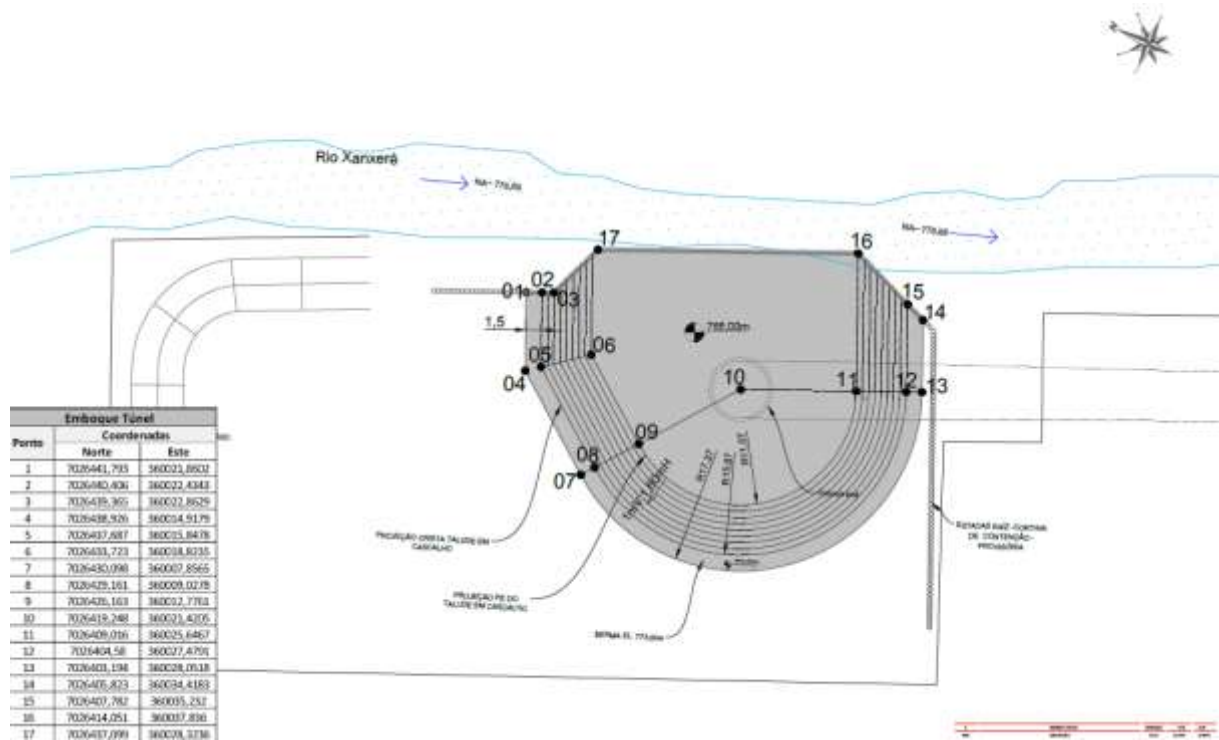
Tabela 5: Escavação em cascalho-emboque.

Escavação de Cascalho - 2ª categoria			
	A (área)	B (altura)	C (Volume)
Escavação cascalho canal de aproximação	664,04	8	5312,32
Total	664,04	8	5312,32

Fonte: o autor, 2024.

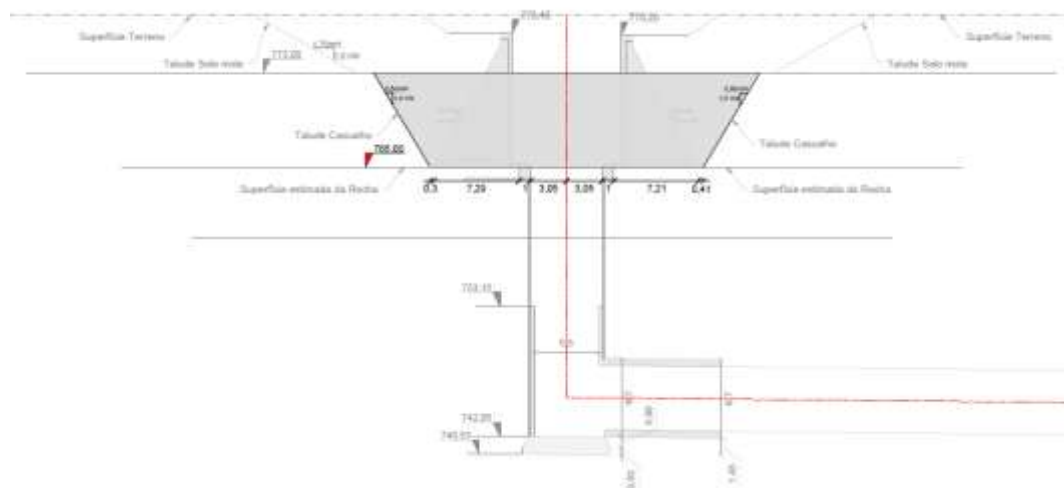
Nas imagens abaixo, é possível visualizar a planta emboque (desenho PMX-B-TUDE-0010-0) com os vértices da escavação, no total são 17 (dezessete vértices de coordenada) e a seções (desenho PMX-B-TUDE-0011-0 e PMX-B-TUDE-0012-0).

Figura 45: Planta escavação cascalho – emboque do túnel.



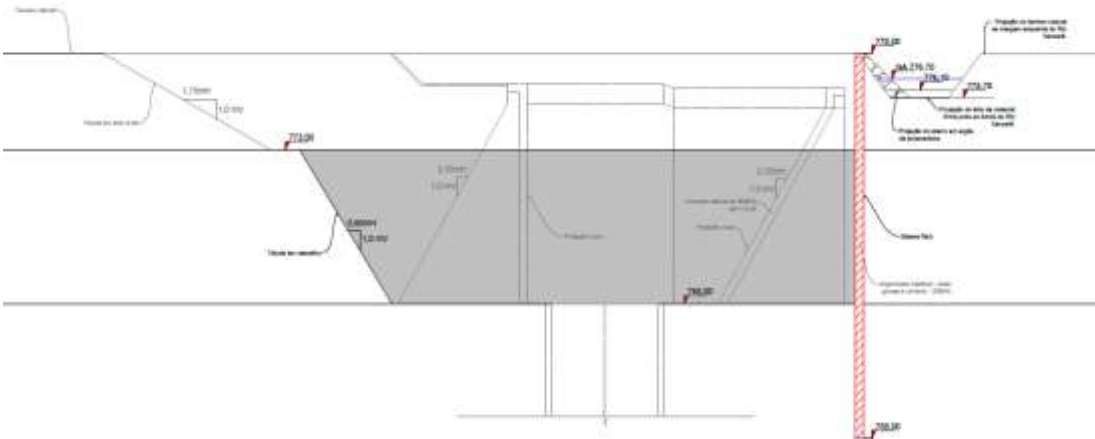
Fonte: o autor, 2024.

Figura 46: Seção escavação cascalho – emboque do túnel.



Fonte: o autor, 2024.

Figura 47: Seção escavação cascalho 02 – emboque do túnel.



Fonte: o autor, 2024.

Na tabela abaixo, é possível visualizar a quantidade de armação em aço CA-50 que será utilizada nos muros de gravidade e laje inferior na elevação 765,40. Totalizando 16.925,58kg de aço (item 2.2.7 do orçamento).

Tabela 6: Armação aço CA-50 muros de gravidade e laje inferior (item 2.2.7 do orçamento).

Armação - Muros de gravidade e laje na elevação 765,40 - 407819					
	Volume de Concreto de concr	A (volume de concreto)	B (taxa de armação kg/m³)	C (peso Total (Kg) de armação)	
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 776,20 - Muro no leito do rio	57,661	57,661	57,661	60	3459,66
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 776,20 - Muro Monante e muro jusante	80,24	80,24	80,24	60	4814,4
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 776,40 - Muro contorno emboque	129,6	129,6	129,6	60	7776
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 765,40 - laje de 40cm de espessura - entre a viga envolta do emboque do tunél e o pé do muro de gravidade no leito do rio	14,592	14,592	14,592	60	875,52
Total			282,093	240	16925,58

Fonte: o autor, 2024.

3.8.2 Trecho do canal de aproximação - desemboque

Escavação de material de 2ª categoria – DMT de 2.500 a 3.000m no caminho de serviço em leito natural, com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³. (Estes quantitativos correspondem ao volume de 8.077,73m³) (item 2.4.1 do orçamento). Os quantitativos correspondem escavação de material de 2º categoria presente na região do desemboque do túnel/canal de ligação do

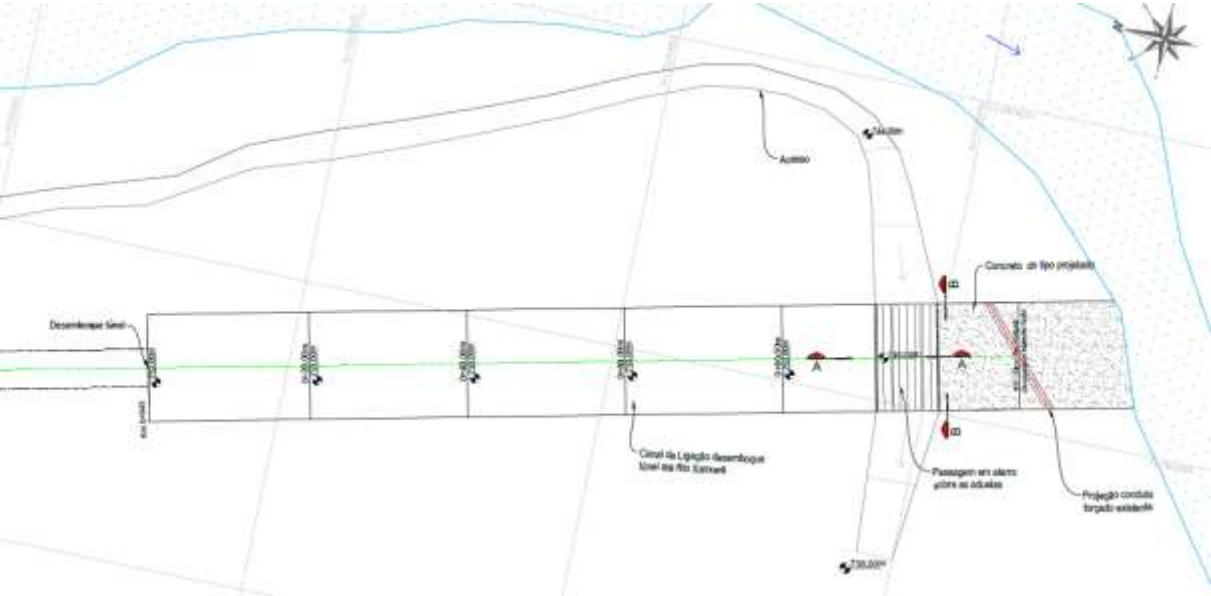
desemboque até o leito do rio Xanxerê, conforme desenhos, PMX-B-TUDE-0034-0, PMX-B-TUDE-0035-0 e PMX-B-TUDE-0036-0 do caderno de desenhos, tabela 3 e imagens a seguir.

Tabela 7: Escavação em cascalho-desemboque.

Escavação, carga e transporte de material de 2ª categoria - DMT de 2.500 a 3.000 m - caminho de serviço em leito natural - com escavadeira e caminhão basculante de 14 m³					
	Área elevação Sup.	Área elevação inf	Média de Área	Altura	Volume
limpeza de material solto na saída do desemboque elevação 741 a elev. 737 - Trecho montante	1.108,8100	1.277,6456	1.193,2278	3,4900	4.164,3650
limpeza de material solto na saída do desemboque elevação variavel trecho jusante	978,3400	978,3400	978,3400	4,0000	3.913,3600
Total			2171,5678	7,49	8077,73

Fonte: o autor, 2024.

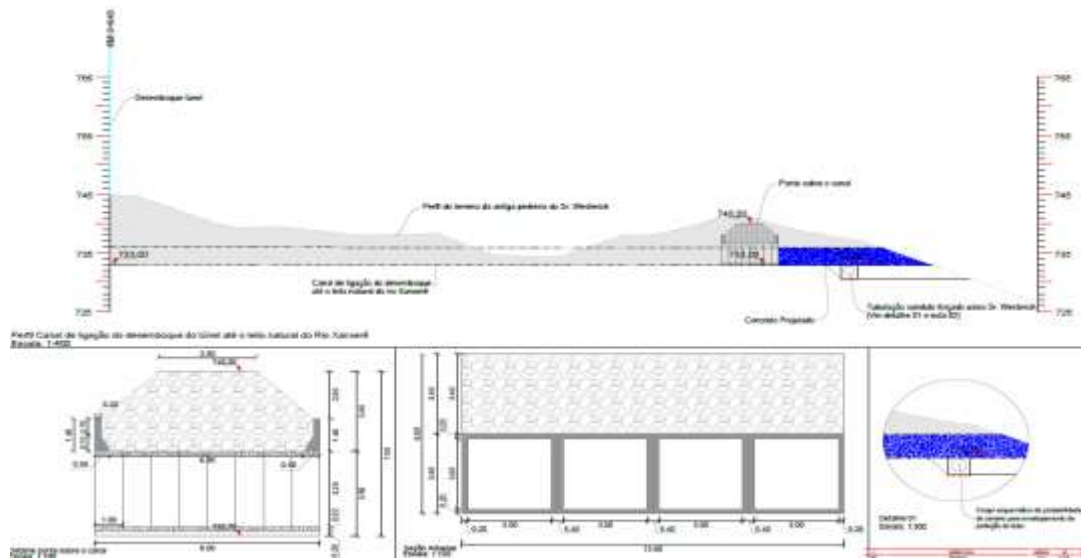
Figura 48: Planta de locação do túnel – desemboque sem imagem (PMX-T-B-TUDE-0035-0).



Fonte: o autor, 2024.

Na figura a seguir, é possível verificar o perfil do canal de ligação do desemboque até o leito natural do rio Xanxerê e os detalhes, da ponte sobre o canal e das aduelas.

Figura 49: Perfil do Canal de ligação do desemboque até o leito natural do Rio Xanxerê/detalhes (PMX-T-B-TUDE-0036-0).

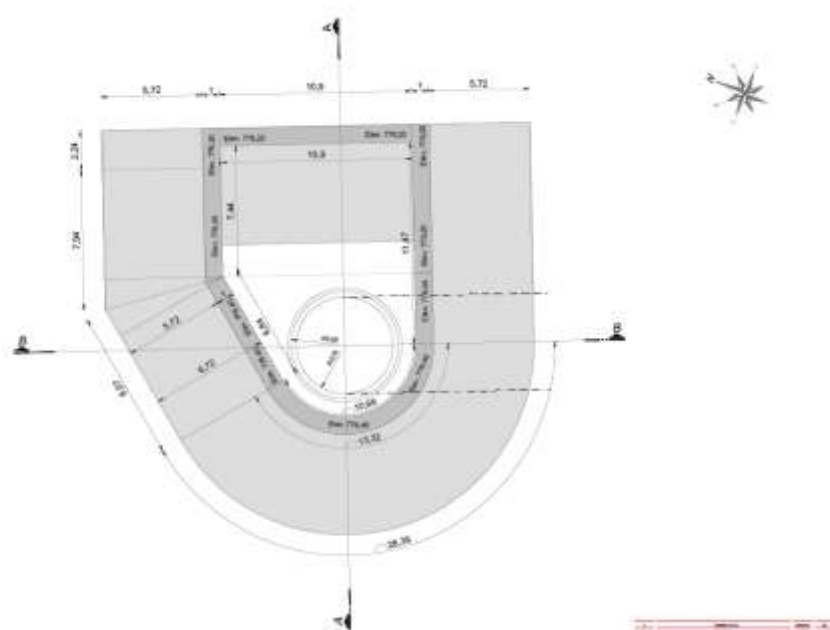


Fonte: o autor, 2024.

3.9 MUROS – EMBOQUE DO TÚNEL

Os muros que serão construídos no emboque do túnel podem ser visualizados nas imagens a seguir. Na imagem PMX-B-TUDE-0017-0 é possível visualizar a planta e o local onde as seções A e B são apresentadas.

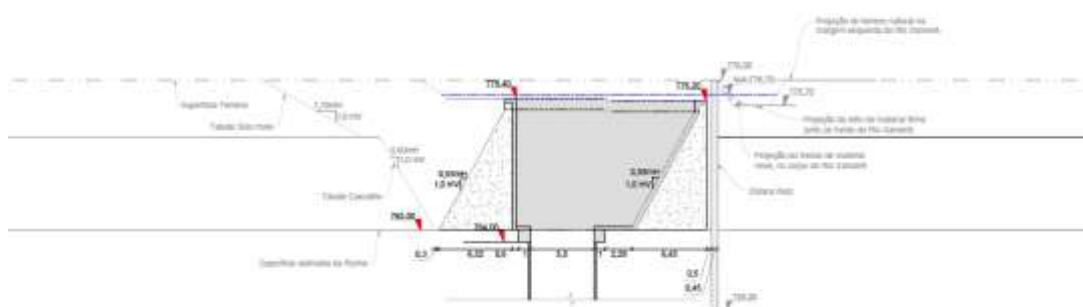
Figura 50: Planta do muro - emboque do túnel desenho (PMX-B-TUDE-0017-0).



Fonte: o autor, 2024.

A seção A do muro, pode ser visualizado na figura a seguir. A base do muro se apresenta na cota 765m e o topo na 776,40m.

Figura 51: Seção A do muro desenho (PMX-B-TUDE-0018-0).



Fonte: o autor, 2024.

Na construção do muro, foi utilizado concreto estrutural de 25MPa e 30MPa além do concreto projetado via seca. Nas figuras a seguir (seção B), é possível visualizar o local em que foi aplicado cada um desses concretos.

O concreto estrutural de 25MPa vai da cota 765 (base) até a cota 776,40, possui um volume de $2.200,47\text{m}^3$ e está representado pela cor verde (desenho PMX-B-TUDE-0019-0) (item 2.2.8 do orçamento).

O concreto estrutural de 30MPa (cor azul), vai da cota 764,00 (base) até a cota 776,40 e possui um volume de $282,09\text{m}^3$ (desenho PMX-B-TUDE-0020-0) (item 2.2.6 do orçamento). Este concreto estrutural, será aplicado nas faces hidráulicas dos muros de gravidade, que fazem a captação d'água no rio Xanxerê, e na laje de ligação entre os pés/base dos muros e a viga circular na parte superior do shaft.

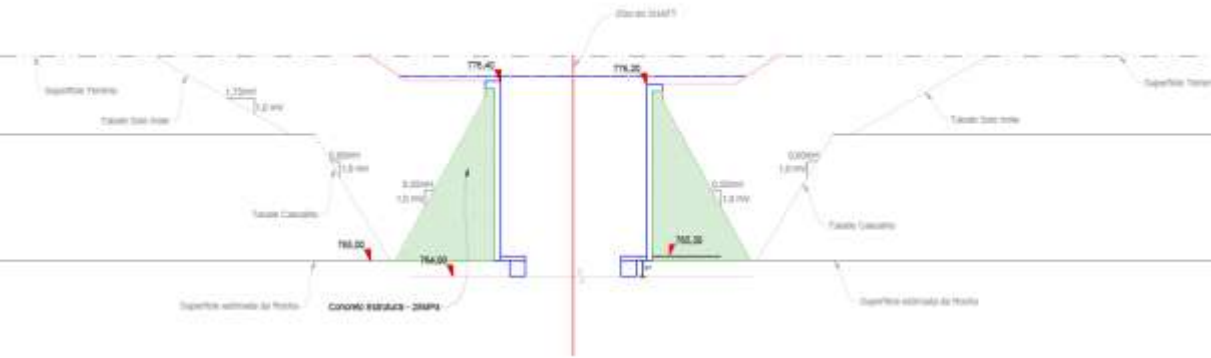
Tabela 8: Armação concretos fck 35MPa.

Concreto fck 35 Mpa - Concreto Hidraulico - Fator água Cimento menor que 0,42 - 1106281					
	Seção	Comprimento	Volume de Concreto	Volume de concreto	Volume de Concreto
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 776,20 - Muro no leito do rio	5,29	10,90	57,66	57,66	57,661
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 776,20 - Muro Monante e muro jusante	4,72	17,00	80,24	80,24	80,24
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 776,40 - Muro contorno emboque	4,80	27,00	129,60	129,60	129,6
Concreto 35mpa - Fator água cimento menor 0,42 Elev. 765,40 - laje de 40cm de espessura - entre a viga envolta do emboque do túnel e o pé do muro de gravidade no leito do rio	36,48	0,40	14,59	14,59	14,592
Custo Total de escavação do Túnel			282,093	282,093	282,093

Fonte: o autor, 2024.

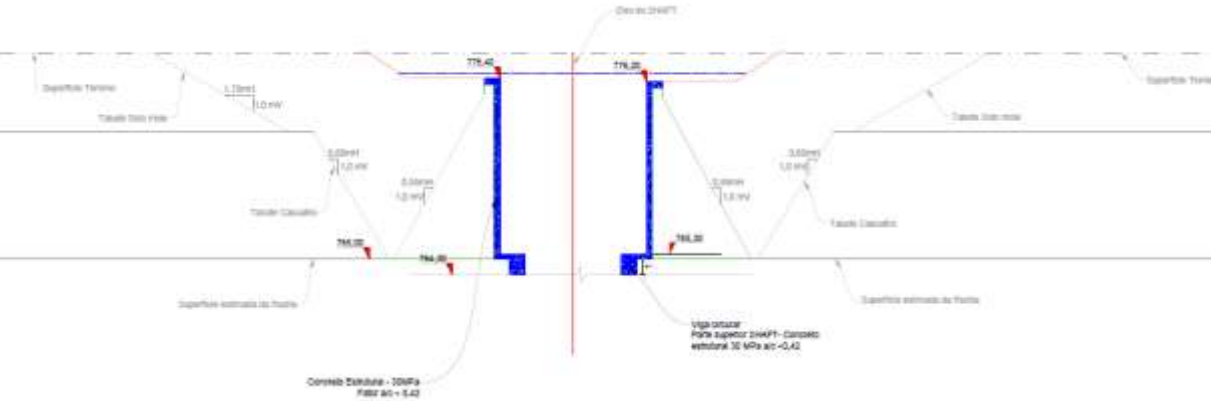
Vale ressaltar que o fator água/cimento dos concretos, deverá ser menor que 0,42. O lançamento desses concretos deverá ser realizado com bomba rebocável com capacidade de 30m³/h, confeccionado em central dosadora (item 2.2.9 do orçamento).

Figura 52: Seção B do muro (cota 776,40 à 764m) desenho (PMX-B-TUDE-0019-0).



Fonte: o autor, 2024.

Figura 53: Seção B do muro (cota 764,00 a 776,40m) desenho (PMX-B-TUDE-0020-0).



Fonte: o autor, 2024.

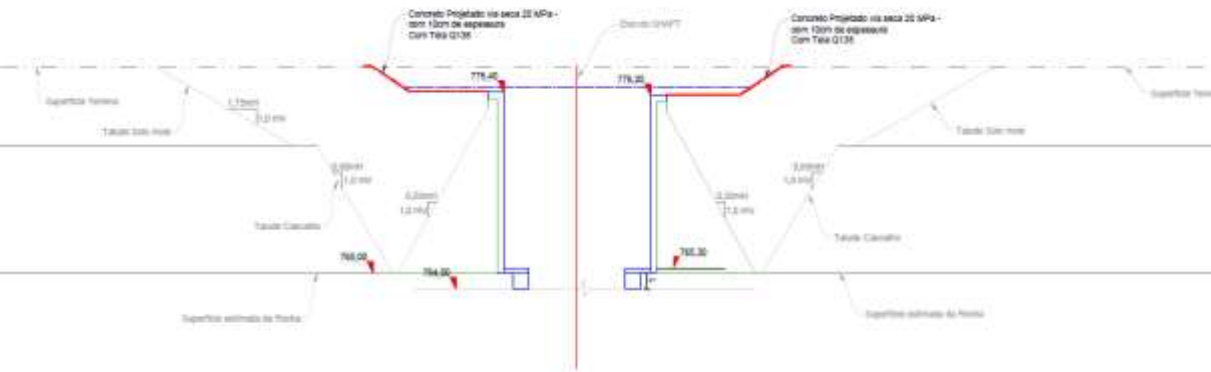
O concreto projetado via seca possui um Fck de 30MPa, possui 10cm de espessura e será executado com tela Q138 (item 2.2.14 do orçamento). Será aplicado em pisos em tratamento de berma e taludes nas elevações 776,40m e 778m. Possui um volume de 28,86m³. Esse quantitativo corresponde ao volume de concreto projetado a ser aplicado na berma das elevações 776,20 e 776,40 com 5m na horizontal, no talude inclinado entre elevação 776,40 a 778,00, e na parte superior do talude um avanço de 1m, conforme apresentado no desenho a seguir.

Tabela 9: Concreto projetado.

Concreto Projetado berma elv. 776,40 - Canal de aproximação			
	A (área)	B (espessura)	C (volume)
	577,2	0,05	28,86
Total			28,86

Fonte: o autor, 2024.

Figura 54: Seção B do muro (concreto projetado via seca) desenho (PMX-B-TUDE-0021-0).



Fonte: o autor, 2024.

A tela metálica utilizada (Q138), possui 2,20kg/m² (item 2.2.15 do orçamento). O volume total de tela será de 1269,84kg. Essa tela será aplicada na superfície acabada da berma e no talude.

Tabela 10: Tela Metálica.

Tela metálica - Canal de aproximação			
	A (área)	B (consumo de tela em kg/m²)	C (kg de tela)
	577,2	2,2	1269,84
Total			1269,84

Fonte: o autor, 2024.

- Serão utilizadas formas de compensado plastificado de 14mm de uso geral, com utilização de 1 vez (item 2.2.10 do orçamento). Os quantitativos deste item correspondem a uma área de 1.228,42m². Os quantitativos deste item estão relacionados com a aplicação de forma nas faces dos concretos dos muros de gravidade.

Tabela 11: Forma de compensado.

Forma para Concreto convencional para o muro de gravidade - 3108015			
	Perímetro da face	Comprimento	área de forma
Forma para concreto muro de gravidade - Muro no leito do rio	13,6400	10,9000	148,676
Forma para concreto muros de gravidade - Trechos de elevação	23,5400	17,0000	400,18
Forma para concreto muros de gravidade - Trechos elevação	24,2700	28,0000	679,56
Formas das juntas verticais de construção, entre blocos - Elev.	39,8000	-	-
Custo Total de escavação do Túnel			1228,416

Fonte: o autor, 2024.

- Chumbador de aço CA-50 com D=20mm, ancorado na rocha com injeção de nata de cimento. Com tratamento na base dos muros, base da laje da elevação 765,40m, com chumbadores de 4,0m de profundidade. (O quantitativo previsto neste item representa a metragem linear de, fornecimento, corte e dobra, e aplicação dos chumbadores que deverão ser aplicados na base do muro (item 2.2.16 do orçamento). Na tabela a seguir, é possível visualizar a quantidade de metros necessários.

Tabela 12: Chumbador de aço.

Chumbador de aço CA-50 - D = 20 mm - ancorado na rocha com injeção de nata de cimento - fornecimento, perfuração e instalação					
	Área plana	Uso de chumbador por m ²	Consumo de Chumbadores	Tamanho chumbador	Consumo do trecho
Tratamento da rocha na base dos muros, base da laje da elevação 765,40, com chumbadores ancorados na rocha com injeção de nata de cimento	469,00	0,13	40,00	4,00	160,0000
Custo Total de escavação do Túnel			40,00		160,00

Fonte: o autor, 2024.

- Arrasamento de estacas de concreto (item 2.2.17 do orçamento) com seção superior à 900cm². (Os quantitativos de arrasamento de estacas correspondem a um volume de 29,73m³). O serviço de arrasamento de estaca, deverá ser realizado após a conclusão das concretagens dos muros de gravidade do canal de aproximação do emboque do túnel, este

arrasamento se dará da elevação 778,00 até a elevação 776,00, estes serviços deverão ser realizados no momento de abertura da entrada d'água do rio Xanxerê para o túnel.

- 35 metros de tubo de PVC para dreno tipo barbacã – Diâmetro = 50mm. Conforme item 2.2.18 do orçamento.

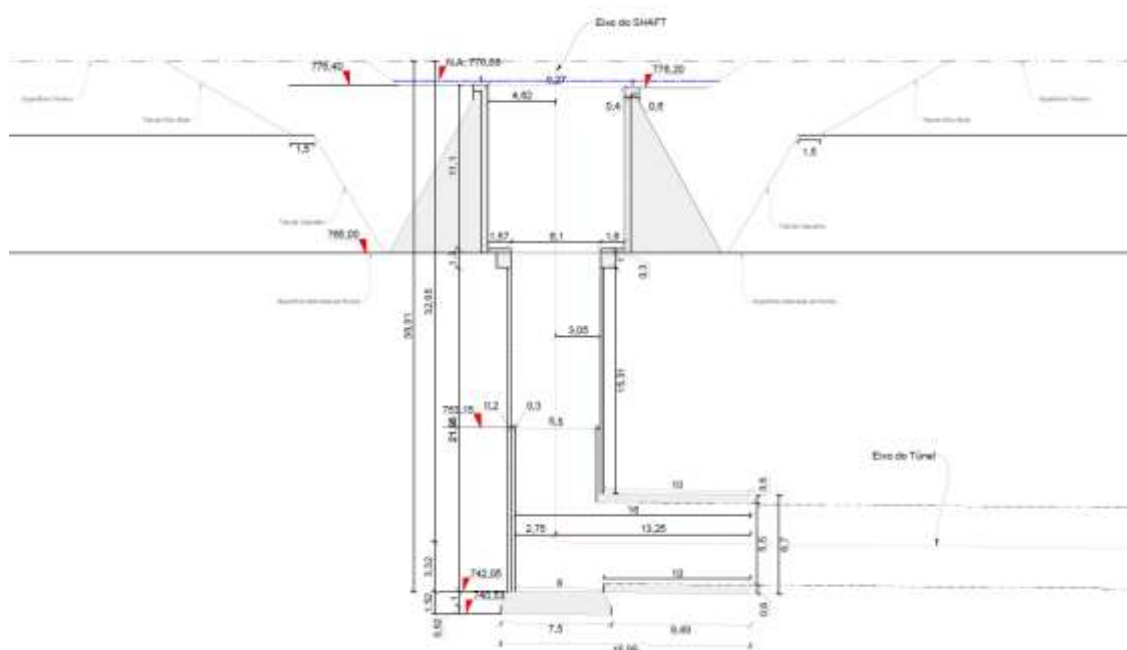
3.10 ESCAVAÇÃO SUBTERRÂNEA

A escavação subterrânea foi dividida em trechos para melhor entendimento e visualização. Nos seguintes subitens é possível compreender melhor, sendo item 3.10.1 o shaft vertical, curva e trecho de transição; item 3.10.3 trechos do túnel que vai do km 0+3,25 ao km 0+943m e item 3.10.4 que corresponde ao trecho do desemboque.

3.10.1 Shaft vertical/curva/trecho de transição

Na figura abaixo é apresentado o perfil longitudinal do shaft.

Figura 55: Perfil longitudinal do shaft desenho (PMX-B-TUDE-0022-0).



Fonte: o autor, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

Realização da escavação subterrânea e carregamento do material da calota em túnel classe IV - DMT de 0 a 200 m - seção de 20 a 40 m². Este item contempla um volume de 845,69m³, que corresponde a escavação subterrânea do shaft vertical (item 2.1.1 do orçamento), desde superfície de rocha sã que estimasse se encontrar na elevação 765m até a elevação 740,32m na base do shaft.

Para execução destes serviços deverá ser levado em consideração, um cronograma executivo vinculando a execução da escavação subterrânea com os demais itens: execução de estacas raiz, escavação em solo mole, escavação em material de 2º categoria (cascalho).

A escavação subterrânea será realizada sentido jusante para montante, considerando um avanço de 100m lineares ao mês, quando o túnel se encontrar no km 0+400m as atividades de execução de aterro de ensecadeira, execução/implantação de estacas raiz, escavação em solo mole e escavação em material de 2º categoria deverão estar concluídas.

Quando estas atividades supracitadas estiverem avançadas até o km 0+3,25m, compreende-se que todos os serviços supracitados já estarão concluídos, e os serviços de perfuração da escavação do shaft já poderão ser executados.

Considera-se para determinação da atividade e caracterização do preço deste serviço, uma sequência executiva de execução de todas as perfurações da elevação 765 até a elevação 748,07. A elevação 748,07 é a abóboda do túnel, então após todas as perfurações prontas, os furos na parte superior deverão ser tamponados e travados de maneira a impossibilitar a fuga de pressão dos gases provenientes das detonações.

Também deverá possibilitar o avanço da atividade subsequente, que é a detonação sequencial considerando detonação entre a elevação 748,07 até elevação 751,07 com 3m de altura, executando o carregamento dos explosivos, sentido vertical (de baixo para cima, pois isso ajudará a fazer detonações/fogos seguros perante a área urbanizada, uma vez que fica sempre um septo de rocha entre a superfície de rocha e a detonação/fogo), isso se repete até a última

detonação/fogo, da qual deverá ser estudado e definido entre contratada e contratante um método operante seguro.

Como sugestão, deverá ser coberta a última detonação com materiais que garantam a eficiência de que, com a detonação este material vá para baixo da superfície do terreno e não para cima, acima da elevação 765m. Indica-se fazer uma boa limpeza na superfície da rocha na elevação 765m, retirando todas as pedras soltas, na sequência deverá ser aplicado chapas de aço em cima da área onde haverá a detonação, chapas com no mínimo 25mm de espessura, e na sequência deverá ser realizado uma cobertura com argila de boa qualidade com um certo grau de compactação, com uma camada mínima de 1,5m de altura “deverá tomar cuidado para executar a compactação, pois na base desta compactação, abaixo das chapas de aço tem um septo de rocha de aproximadamente 3 a 4m de altura, deve-se tomar cuidado para não colocar rolos muito pesados para executar a compactação”.

Ressaltando que, este método executivo é apenas uma sugestão, que contratada e contratante poderão definir outro método mais seguro do que este sugerido. Uma vez que siga este processo executivo, todo o material proveniente das detonações/fogos, vai cair para baixo, na base do shaft, e isso facilitará o carregamento e o transporte deste material sentido jusante, até o bota espera na saída do desemboque do túnel.

3.10.1.1 Concretagem do shaft

Um dos serviços realizados no shaft do túnel, é a concretagem, que será feita com concreto estrutural de 30MPa e concreto projetado via seca de 30MPa.

- Concreto estrutural de 30MPa: realizado em central dosadora de 40 m³/h com fator de água/cimento menor que 0,42. Com um volume de 346,15m³ de concreto, este quantitativo será aplicado em todo o perímetro do shaft, entre a elevação 742,03 até elevação 753,13 (item 2.1.5 do orçamento). Este concreto deverá ter seu traço estudado de maneira a utilizar cimento CPIV-

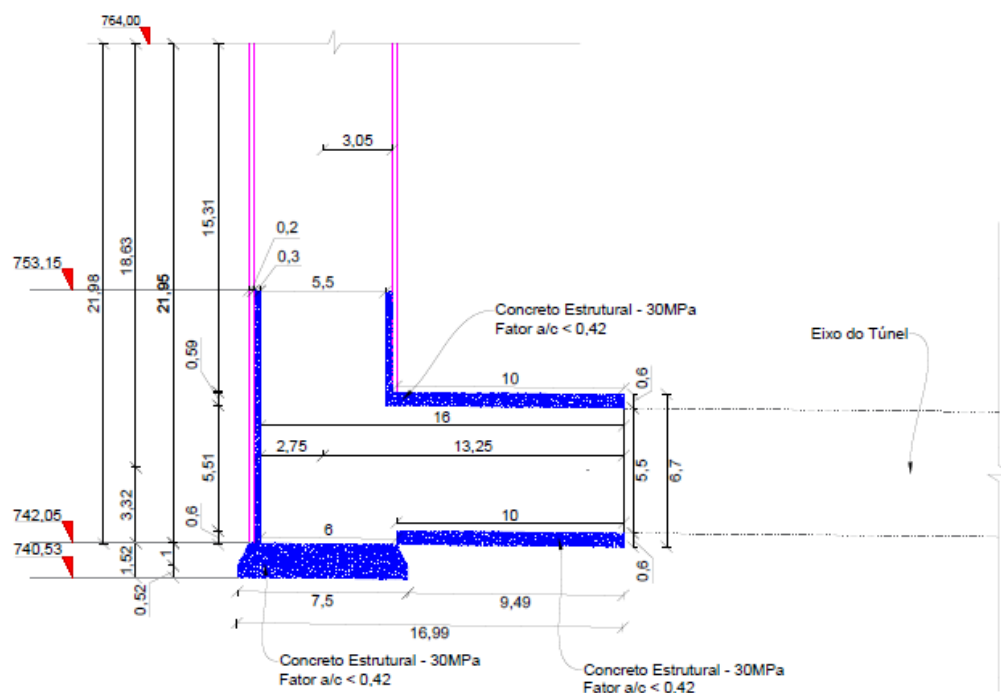
32, e a utilização de cimento deste traço deverá obedecer uma correspondência de que para cada 1 kg de cimento CPIV-32 utilizado no traço, é obrigado utilizar no máximo 0,42 litros de água, de forma a manter um fator de relação entre água e cimento menor que 0,42.

Neste concreto será utilizado uma malha simples de armação, de ferro CA50 de 20mm com espaçamento vertical entre barras de 20cm e espaçamento horizontal entre barras de 20cm. A aplicação desta armação, está prevista na especificação técnica deste serviço. Para a aplicação de concreto estrutural a superfície de contato deverá estar totalmente limpa. Também deverá ser feito um corte com equipamento de jato d'água de alta pressão (parteque), de forma expor os agregados do concreto projetado, para garantir uma perfeita aderência destes concretos.

O lançamento (item 2.1.6 do orçamento) desse concreto será realizado de forma mecânica, com bomba rebocável com capacidade de 30 m³/h e confecção em central dosadora de 30 m³/h. O volume de lançamento de concreto é de 346,15m³.

A armação (item 2.1.7 do orçamento) usada na estrutura de envelopamento, corresponde a 12.406,27kg. Estes quantitativos são relativos a viga de coroamento da parte superior do shaft, entre a elevação 764m e 765m, ao trecho vertical entre elevação 753,13 a 742,03 que são os revestimentos em concreto estrutural. Neste quantitativo também corresponde a armação que será utilizada no concreto estrutural, na base no shaft, no concreto entre a elevação 742,03m e elevação 740,32m. Na figura a seguir e no desenho (PMX-B-TUDE-0023-0) é de fácil visualização o local de aplicação do concreto.

Figura 56: Perfil longitudinal classes de concreto cota 764,00m à 740,53m - desenho (PMX-B-TUDE-0023-0).



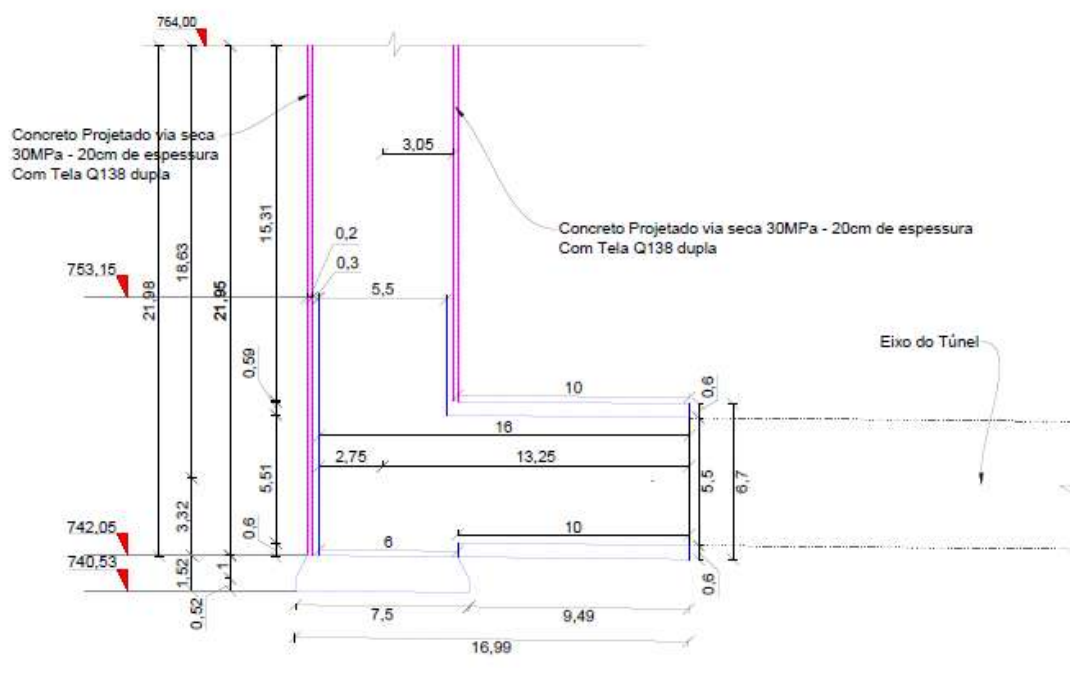
Fonte: o autor, 2024.

- Concreto projetado via seca: concreto projetado, via seca com um fck de 30 MPa aplicado em superfícies inclinadas e verticais. Corresponde a um volume de 95,29m³. Os quantitativos deste item são baseados na aplicação de concreto projetado via seca, na superfície vertical de aplicação entre as elevações, da superfície estimada de rocha, elevação 765m até a elevação 740,32m, base do shaft. O concreto projetado via seca, deverá ser aplicado com 20cm de espessura (item 2.1.2 do orçamento).

Será instalada armação de tela de aço eletrossoldada, com o auxílio de plataforma pantográfica. Este item corresponde ao quantitativo de 2.092,38kg de tela Q138. Este quantitativo deverá ser aplicado nas paredes verticais do shaft entre elevação 765m a 740,32m (item 2.1.3 do orçamento). Serão utilizadas fôrmas de compensado plastificado 14 mm de uso geral, sendo sua utilização de 1 vez. Este item corresponde ao quantitativo de 422,64m². Este quantitativo de aplicação de forma é relativo a forma para o concreto 30MPa a ser realizado em todo o perímetro do shaft, entre a elevação 742,03m até a elevação 753,13m (item 2.1.4 do orçamento).

Na figura a seguir, pode-se visualizar o local de aplicação do concreto projetado via seca de 30MPa.

Figura 57: Perfil longitudinal classes de concreto cota 764,00m à 740,53m - desenho (PMX-B-TUDE-0024-0).



Fonte: o autor, 2024.

energias
renováveis

3.10.2 Trecho do canal de aproximação

Será realizada a construção do corpo de aterro com material de 3ª categoria oriundo da escavação em rocha do desemboque. Os quantitativos deste item representam 6.738,63m³ de aterro (item 2.2.13 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao volume de aterro que deverá ser executado entre os taludes de escavação em solo mole, taludes escavação em cascalho e a superfície de concreto dos muros de gravidade, entre as elevações 765,00 a elevação 778,00. O material para este aterro deverá ser da escavação em rocha da região do canal de ligação entre desemboque do túnel e leito do rio Xanxerê.

Tabela 13: Chumbador de aço.

Construção de corpo de aterro com material de 3ª categoria oriundo de corte - 5502979			
	Área elevação Sup.	Comprimento	Volume aterro
Aterro em rocha entre os muros de gravidade e o talude de cascalho da elevação 765 a 773	39,3600	45,0000	1.771,2000
Aterro em rocha entre os muros de gravidade e o talude de cascalho da elevação 773 a 776,40	50,0700	58,0000	2.904,0600
Aterro em rocha entre os muros de gravidade e o talude de cascalho da elevação 776,40 a 779	34,4200	58,0000	1.996,3600
Proteção Ensecadeira	1,6100	41,6200	67,0082
Total			6.738,6282

Fonte: o autor, 2024.

3.10.3 Trecho do túnel do km 0+3,25 ao km 0+943

3.10.3.1 Escavação subterrânea e carregamento do material da calota do túnel classe IV – DMT de 0 a 200m (item 2.3.1 do orçamento)

Seção de 20 a 40 m². Sendo dos trechos do Km 0+3,25 ao km 0+13,25m, do km 0+13,25 ao km 0+19,12, do km 0+280,38m ao km 0+425,93m e do trecho - km 0+916,20m ao km 0+943m.

Os quantitativos deste item correspondem a um volume de 4.627,87m³. Neste item, os quantitativos de escavação subterrânea, são previstos para a classe IV de escavação, que correspondem a 188,21m lineares de avanço de túnel, esta classificação de tipo de classe de escavação, foi baseado no perfil geológico emitido pelo geólogo, baseado na campanha de sondagens rotativas executadas no local (item 2.3.1 do orçamento).

3.10.3.2 Escavação subterrânea e carregamento do material da calota do túnel classe III – DMT de 0 a 200m

Seção de 20 a 40 m². Sendo dos trechos do km 0+101,73m ao km 0+141,73m, km 0+ 713,30m ao km 0 + 753,30m. Os quantitativos deste item correspondem ao volume de 1.914,40m³ (item 2.3.2 do orçamento). Neste item, os quantitativos de escavação subterrânea, são previstos para a classe III de

escavação, que correspondem a 80m lineares de avanço de túnel, esta classificação de tipo de classe de escavação, se deu baseado no perfil geológico emitido pelo geólogo, baseado na campanha de sondagens rotativas executadas no local.

3.10.3.3 Escavação subterrânea e carregamento do material da calota do túnel classe I – DMT de 0 a 200m

Seção de 20 a 40 m². Sendo dos trechos do km 0+19,12m ao km 0+101,73m, do km 0+141,73m ao km 0+280,38m, do km 0+425,93m ao km 0+713,30m, do km 0+756,30m ao km 0+916,20m, e da escavação dos manobreadores.

Os quantitativos previstos neste item, correspondem a um volume de 17.689,71m³ (item 2.3.3 do orçamento). Neste item, os quantitativos de escavação subterrânea, são previstos para a classe I, que correspondem a 671,53m lineares de avanço de túnel, esta classificação de tipo de classe de escavação, é baseada no perfil geológico emitido pelo geólogo, fundamentado na campanha de sondagens rotativas executadas no local.

3.10.3.4 Concreto projetado via seca

Concreto projetado, via seca com um fck de 20 MPa, aplicado em teto, do trecho do km 0+3,25m ao km 0+943m. Os quantitativos previsto neste item, correspondem a um volume de 295,95m³ (item 2.3.4 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento e aplicação de concreto projetado via seca, aplicado no teto corresponde a aplicação de projetado no teto/abóboda, desde o km 0+3,25 ao km 0+943, com uma extensão de 939,75m lineares, com uma espessura variável entre 4cm e 5cm, conforme definido nas classes de suporte no desenho da geologia.

Concreto projetado, via seca com um fck de 20 Mpa, aplicado em superfícies inclinadas e verticais, do trecho do km 0+3,25m ao km 0+943m. Os quantitativos previsto neste item, correspondem a um volume de 244,72m³ (item

2.3.5 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento e aplicação de concreto projetado via seca, aplicado nas paredes, corresponde a aplicação de projetado nas paredes verticais, desde o km 0+3,25 ao km 0+943, com uma extensão de 939,75m lineares, com uma espessura variável entre 4cm e 5cm, conforme definido nas classes de suporte no desenho da geologia.

3.10.3.5 Tela de aço

Será feito o uso de armação de tela de aço eletrossoldada em túneis com auxílio de plataforma pantográfica do km 0+3,25m ao km 0+943m, aplicação no teto. Os quantitativos previsto neste item, correspondem a 18.522,49kg (item 2.3.6 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento e aplicação de armação de tela eletrossoldada, aplicado na abóboda do túnel / teto, corresponde a aplicação de tela no teto do túnel, desde o km 0+3,25 ao km 0+943, com uma extensão de 939,75m lineares, dentro dos concretos projetados com espessura variável entre 4cm e 5cm, conforme definido nas classes de suporte no desenho da geologia.

Uso de tela de aço eletrossoldada, para aplicação nas paredes do túnel do km 0+3,25m ao km 0+943m. Os quantitativos previsto neste item, correspondem a 12.805,29kg (item 2.3.7 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento e aplicação de armação de tela eletrossoldada, aplicado em superfícies verticais e inclinadas do túnel, corresponde a aplicação de tela nas paredes laterais do túnel, desde o km 0+3,25 ao km 0+943, com uma extensão de 939,75m lineares, dentro dos concretos projetados com espessura variável entre 4cm e 5cm, conforme definido nas classes de suporte no desenho da geologia.

3.10.3.6 Tirante de barra de aço

Uso de tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina de poliéster, D = 25 mm, tensão de escoamento de 500 MPa e tensão de ruptura de 750 MPa, estes tirantes serão aplicados nos trechos do, (km 0+3,25 a km 0+13,25m), (km

0+13,25 ao km 0+19,12m), (km 0+280,38m ao km 0+425,93m), (km 0+916,20m ao km 0+943m).

Os quantitativos previstos neste item correspondem a 955,80m (item 2.3.8 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento e aplicação de tirantes de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster, com diâmetro de 25mm, serão aplicados conforme descritos nos tratamentos típicos para classe de suporte IV, conforme descrito nos desenhos geológicos de tratamentos de classes de suporte.

3.10.3.7 Concreto

Concreto para bombeamento com um fck de 30 MPa, confeccionado em central dosadora de 40m³/h. Com um fator de água/cimento de 0,42. Os quantitativos previstos neste item correspondem a 130,20m³ (item 2.3.9 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento, transporte e aplicação de concreto Fck 30MPa, com fator água cimento menor que 0,42, deverão ser lançados do km 0+3,25m ao km 0+13,25m, concreto de envelopamento do túnel, com 60cm de espessura, no piso, nas paredes laterais e na abóboda/teto do túnel.

O lançamento do concreto será de forma mecânica com bomba rebocável, com capacidade de 41m³/h, confecção do concreto em central dosadora de 40m³/h. Os quantitativos previstos neste item correspondem a 130,20m³ (item 2.3.10 do orçamento). Neste item, os quantitativos de Lançamento de concreto Fck 30MPa, com fator água cimento menor que 0,42, deverão ser lançados do km 0+3,25m ao km 0+13,25m, concreto de envelopamento do túnel, com 60cm de espessura, no piso, nas paredes laterais e na abóboda/teto do túnel.

3.10.3.8 Armação

A armação é em aço CA-50, para concretos hidráulicos – Armação para o concreto de envelopamento do túnel, do trecho do km 0+3,25m ao km

0+13,25m, com taxa de 80kg/m³. Os quantitativos previstos neste item correspondem a 10.416,00kg (item 2.3.11 do orçamento).

Neste item, os quantitativos de fornecimento, corte e dobra de aço deverão ser aplicados do km 0+3,25m ao km 0+13,25m, no concreto de envelopamento do túnel, com 60cm de espessura, no piso, nas paredes laterais e na abóboda/teto do túnel.

3.10.3.9 Formas

Serão usadas fôrmas de compensado plastificado de 14mm, com utilização de 1 vez. Os quantitativos previstos neste item correspondem a 144,27m² (item 2.3.12 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento e aplicação de forma deverão ser aplicados do km 0+3,25m ao km 0+13,25m, no concreto de envelopamento do túnel, com 60cm de espessura, no piso, nas paredes laterais e na abóboda/teto do túnel.

3.10.3.10 Aço para chumbadores

Uso de aço para chumbadores para ancoragem da tela, chumbador de aço CA-50 – D=20mm, ancorado na rocha com injeção de nata de cimento. Os quantitativos previstos neste item correspondem a 600m (item 2.3.13 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento, perfuração e instalação de chumbadores de 40cm de comprimento, sendo 35cm fixados na rocha, para fixação da tela na rocha.

3.10.3.11 Tubo de PVC

Tubo de PVC para dreno tipo barbacã com D=50mm. Os quantitativos previstos neste item correspondem a 120m (item 2.3.14 do orçamento). Neste item, os quantitativos de fornecimento, perfuração e instalação de barbacã são para locais com contato com água, no decorrer do túnel, entre o km 0+3,25m ao km 0+943m.

3.10.4 Trecho do desemboque

Escavação de material de 3ª categoria na distância de 3.000m no caminho de serviço em leito natural, com caminhão basculante de 12m³. Estes quantitativos correspondem ao volume de 4.729,42m³ que podem ser visualizados na tabela apresentada a seguir (item 2.4.2 do orçamento).

Os quantitativos correspondem escavação de material de 3º categoria presente na região do desemboque do túnel/canal de ligação do desemboque até o leito do rio Xanxerê, conforme desenhos, PMX-B-TUDE-0034-0, PMX-B-TUDE-0035-0 e PMX-B-TUDE-0036-0 já apresentados neste capítulo e também disponíveis no caderno de desenhos.

Tabela 14: Escavação no desemboque material de 3ª categoria.

Escavação, carga e transporte de material de 3ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço em leito natural					
	Área elevação Sup.	Área elevação inf	Média de Área	Altura	Volume
Escavação em rocha a céu aberto - Desemboque - Trecho entre desemboque a 52,36m sentindo jusante, da entre elevação 737 a 732,96	712,03	712,03	712,03	4,04	2876,60
Escavação em rocha a céu aberto - Desemboque - Trecho entre 52,36m a 86,45m afastados do desemboque sentindo jusante, da entre elevação 734,0 a 732,97	978,34	978,34	978,34	1,04	1017,47
Escavação em rocha a céu aberto - Desemboque - Trecho entre 86,45m a 106,65m afastados do desemboque sentindo jusante, da entre elevação 736 a 732,97	274,79	274,79	274,79	3,04	835,35
Total			1965,15	8,12	4729,42

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.1 Aduelas

No desemboque também serão utilizadas aduelas / galeria pré-moldada de concreto com seção retangular interna. Aduela/galeria fechada pré-moldada de concreto armado, seção quadrangular m interna de 3,00 x 3,00 m (l x a), mísula de 20 x 20 cm, c = 1,00 m, espessura min = 20 cm, tb-45 e fck do concreto = 30 MPa fornecimento e assentamento. af_01/2023. Com a quantidade de 32m de aduelas os quantitativos correspondem ao fornecimento transporte e aplicação das aduelas conforme previsto nos desenhos do desemboque (item 2.4.3 do orçamento), a seguir é apresentada a tabela das aduelas.

Tabela 15: Escavação no desemboque material de 3ª categoria.

ADUELA/ GALERIA PRE-MOLDADA DE CONCRETO ARMADO, SEÇÃO RETANGULAR INTERNA	
	Quantidade
Fornecimento e aplicação de aduelas	32,000
Total	32,00

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.2 Concreto

O concreto usado terá um Fck de 25MPa, com sua confecção em central dosadora de 30m³/h para muretas montante a jusante em cima das aduelas, para base do aterro e concreto para regula. Estes quantitativos correspondem ao volume de 32,72m³ (item 2.4.4 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao volume de fornecimento e aplicação de concreto na regula para assentamento das aduelas. O lançamento do concreto será feito de forma mecânica com bomba rebocável, com confecção em central dosadora de 40m³/h. Estes quantitativos correspondem ao volume de 32,72m³ (item 2.4.5 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao volume lançamento de concreto na regula para assentamento das aduelas. Na tabela a seguir, pode-se visualizar o cálculo do volume do concreto utilizado.

Tabela 16: Concreto fck 20 MPa.

Concreto fck 20 Mpa - Concreto convencional para muretas apoio ao aterro - 1107928			
	Seção	Comprimento	Volume de Concreto
Muretas de proteção do aterro encima das aduelas - montante e jusante	0,40	27,20	10,96
Concreto de regula para nivelamento da rocha na base do assentamento das aduelas	108,80	0,20	21,76
Total			32,72

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.3 Formas

As formas de compensado plastificado de 14mm que serão usadas, terão uso de 1 vez. Com um quantitativo de 56m² (item 2.4.6 do orçamento). Os

quantitativos correspondem a formas para concreto na regua para assentamento das aduelas.

3.10.4.4 Armação

Armação em aço CA-50, com taxa de 55kg/m³ de concreto das muretas e uma taxa de 30kg/m³ da regua. Estes quantitativos correspondem ao volume de 1.255,69kg (item 2.4.7 do orçamento). Os quantitativos correspondem a fornecimento, corte, dobra e aplicação e armação para as muretas das aduelas. Na tabela a seguir, pode-se visualizar o cálculo de armação de concretos.

Tabela 17: Armação.

Armação Concretos fck 20 Mpa - Concretos das muretas e da laje de nivelamento de base das aduelas- 407819					
	Volume de Concreto	Volume de concreto	Volume de concreto	Taxa de Armação 55kg/m ³	Peso Total (Kg) de armação
Muretas de proteção do aterro encima das aduelas - montante e jusante	10,96	10,96	10,96	55,00	602,89
Concreto de regua para nivelamento da rocha na base do assentamento das aduelas	21,76	21,76	21,76	30,00	652,80
Total			32,72	85,00	1255,69

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.5 Aterro

Construção de corpo de aterro com material de 3ª categoria oriundo de corte – aterro em cima das aduelas, até a elevação 740m. Estes quantitativos correspondem ao volume de 290,90m³ (item 2.4.8 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao volume aterro que deverão ser construídos em cima das aduelas, para servir de acesso de passagem por cima das aduelas. Na tabela a seguir, pode-se visualizar o cálculo do volume de aterro.

Tabela 18: Armação.

Construção de corpo de aterro com material de 3ª categoria oriundo de corte - 5502979			
	Área elevação Sup.	Comprimento	Volume aterro
Aterro em cima das aduelas, para chegar ao nível 740,00	21,390	13,600	290,904
Total			290,90

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.6 Concreto projetado

Aplicação de concreto projetado, via seca com um Fck de 20 MPa, aplicado em superfícies inclinadas e verticais no desemboque, entre a elevação 733m até a elevação 755m. Estes quantitativos correspondem ao volume de 11,01m³ (item 2.4.9 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao volume fornecimento e aplicação de concreto projetado no espelho do desemboque do túnel, nas laterais e na parte superior do túnel. Na tabela a seguir, pode-se visualizar o cálculo do volume de concreto projetado via seca.

Tabela 19: Concreto projetado.

	Área superfície	Espessura	Volume
Tratamento desemboque concreto projetado desemboque	275,27	0,04	11,01
Total			11,01

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.7 Armação tela de aço

Armação de tela de aço eletrossoldada em túneis, com auxílio de plataforma pantográfica no desemboque do túnel, elevação 733m a 755m. Estes quantitativos correspondem a 361,98kg (item 2.4.10 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao fornecimento e aplicação de tela no concreto projetado no espelho do desemboque do túnel, nas laterais e na parte superior do túnel. Na tabela a seguir, pode-se visualizar o cálculo de tela de aço.

Tabela 20: Concreto projetado via seca.

Tratamento Concreto Projetado Via seca, aplicação de Armação de tela de aço eletrossoldada em túneis com auxílio de plataforma pantográfica no desemboque do túnel, elevação 733 a 755			
	Área	Consumo kg / m²	Consumo do trecho
Trecho vertical entre 765 a 764	137,64	2,63	361,98
Custo Total de escavação do Túnel	137,64		361,98

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.8 Chumbador de aço CA-50

Chumbador de aço CA-50 com D=20mm, ancorado na rocha com injeção de nata de cimento no desemboque do túnel. Os quantitativos correspondem ao fornecimento e aplicação de chumbador com 45cm de comprimento, com 35cm fixado na rocha, para fixação de da tela do concreto projetado no espelho do desemboque do túnel, nas laterais e na parte superior do túnel, entre elevações 733 até elevação 755 (item 2.4.11 do orçamento), totalizando em 31m.

3.10.4.9 Tubo de PVC

Tubo de PVC para dreno tipo barbacã, com D= 50mm. Estes quantitativos correspondem a 22m (item 2.4.12 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao fornecimento e aplicação de barbacã, no concreto projetado no espelho do desemboque do túnel, nas laterais e na parte superior do túnel, entre elevações 733m até elevação 755m. Na tabela a seguir, pode-se visualizar o cálculo da metragem total.

Tabela 21: Tubo PVC.

Tubo de PVC para dreno tipo barbacã - D = 50 mm - fornecimento e instalação - 2003935			
	Quantidade de Barbacã	Tamanho do chumbador	metragem total de Barbacã
Aplicação de Barbacãs no desemboque com 50cm de comprimento	44,00	0,50	22,00
Total			22,00

Fonte: o autor, 2024.

3.10.4.10 Concreto projetado via seca

Concreto projetado via seca fck = 20 MPa aplicado em superfícies inclinadas e verticais - desemboque, concreto projetado com tela, na região do leito do rio/margem direita até as partes de jusante das aduelas, neste ponto passar por cima do conduto forçado da usina existente no local. Estes quantitativos correspondem a 28,50m³ (item 2.4.13 do orçamento). Os

quantitativos correspondem ao fornecimento e aplicação de concreto projetado via seca, com 10cm de espessura, entre a parte de jusante das aduelas e o leito do rio Xanxerê, passando por cima do conduto forçado existente no local.

3.10.4.11 Armação de tela de aço – concreto projetado

Armação de tela de aço eletrossoldada em túneis com auxílio de plataforma pantográfica - confecção e instalação - tela para concreto projetado do item anterior. Estes quantitativos correspondem a 627,00kg (item 2.4.14 do orçamento). Os quantitativos correspondem ao fornecimento e aplicação de tela no concreto projetado via seca, com 10cm de espessura, entre a parte de jusante das aduelas e o leito do rio Xanxerê, passando por cima do conduto forçado existente no local.

3.10.5 Escavação subterrânea: trechos do desenho (trecho 1, trecho 2 e trecho 3)

Nas figuras abaixo estão apresentadas as plantas e as seções do túnel da escavação subterrânea, que estão divididas em três desenhos (trecho 1, trecho 2 e trecho 3).

Conforme os desenhos, é possível verificar onde é solo residual, basalto amigdalado, brecha basáltica e basalto maciço. Também é possível verificar qual a categoria de suporte previsto e qual a classificação de escavação conforme a tabela SICRO.

De acordo com a Geobras (2024), a imagem a seguir mostra as categorias de suporte. Nas categorias de suporte 1 é recomendável a aplicação de 4cm de concreto por medida de segurança, que poderá ser aplicado com defasagem de até 20m da frente de escavação, desde que os serviços de bate-choco tenham sido eficazmente executados. Para a determinação do Índice Q, é necessário a verificação do desenho de classificação geomecânica.

Ainda de acordo com o autor, deverão ser seguidos os seguintes itens conforme desenho de perfil geológico – geotécnico e tratamentos do túnel.

- nas áreas em concreto projetado deverão ser executados drenos. Diâmetro 50mm, penetrando 1m em rocha preferencialmente em áreas úmidas ou locais com surgência de água.
- os tirantes a serem utilizados deverão ser submetidos a ensaios de controle.
- para o concreto projetado com fibras de aço utilizar a quantidade mínima de 40kg de fibras por metro cúbico. Na opção da utilização de tela metálica, utilizar tela do tipo Telcon Q-138 ou similar, fixada ao maciço por grampos metálicos com comprimento mínimo de 0,40m.
- os tratamentos serão indicados em função da classificação geomecânica de campo e deverão ser aplicadas a cada avanço, logo após a retirada do entulho e antes do próximo fogo.

Figura 58: Categorias de suporte.

CATEGORIA DE SUPORTE	ÍNDICE Q	TIPO DE SUPORTE
1	>6,20	4cm CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM TELA Q138(2,2kg/m²)
3	4,80 - 6,20	TIRANTES SISTEMÁTICOS A CADA 1,70 m + 4 cm DE CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM TELA Q138 (2,2kg/m²)
4	1,20 - 4,80	TIRANTES SISTEMÁTICOS A CADA 1,60 m + 5 cm DE CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM TELA Q138 (2,2kg/m²)
5	0,32 - 1,20	TIRANTES SISTEMÁTICOS A CADA 1,50 m + 7 cm DE CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO
6	0,10 - 0,32	TIRANTES SISTEMÁTICOS A CADA 1,30 m + 12 cm DE CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO
7	0,024 - 0,10	TIRANTES SISTEMÁTICOS A CADA 1,10 m + 15 cm DE CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO
8	0,0016 - 0,024	TIRANTES SISTEMÁTICOS A CADA 0,80 m + CMBOTAS + 20 cm DE CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO
9	0,0010 - 0,0016	TIRANTES SISTEMÁTICOS A CADA 0,80 m + CMBOTAS + 20 cm DE CONCRETO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS DE AÇO

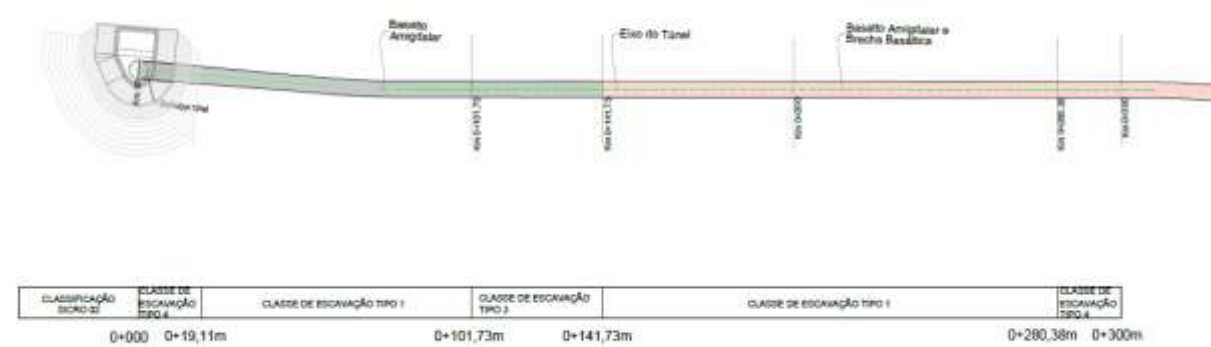
Fonte: Geobras, 2024.

3.10.5.1 Trecho 1

A planta e a seção do trecho 1 (0+00 a 0+300m) – perfil de escavação subterrânea estão apresentadas a seguir e nos desenhos PMX-B-TUDE-0028-0 e PMX-B-TUDE-0031-0 que podem ser visualizados no caderno de desenhos.

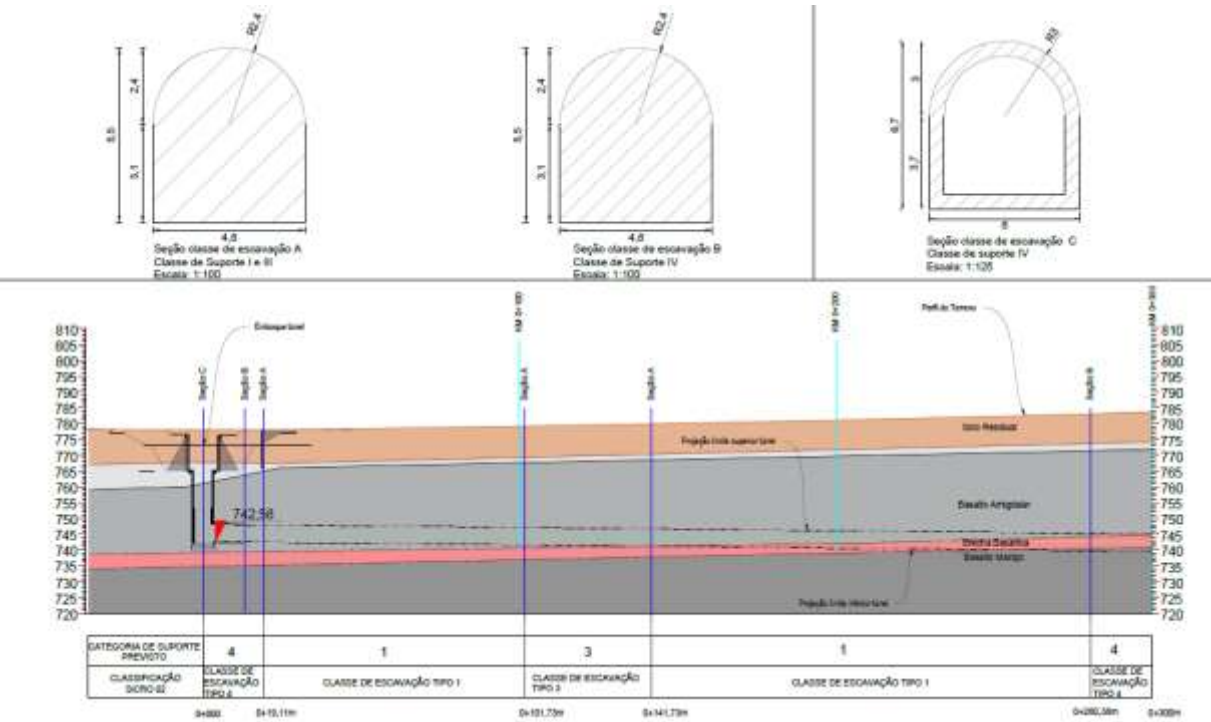
NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

Figura 59: Planta escavação subterrânea - trecho 1.



Fonte: o autor, 2024.

Figura 60: Perfil de escavação subterrânea - trecho 1.

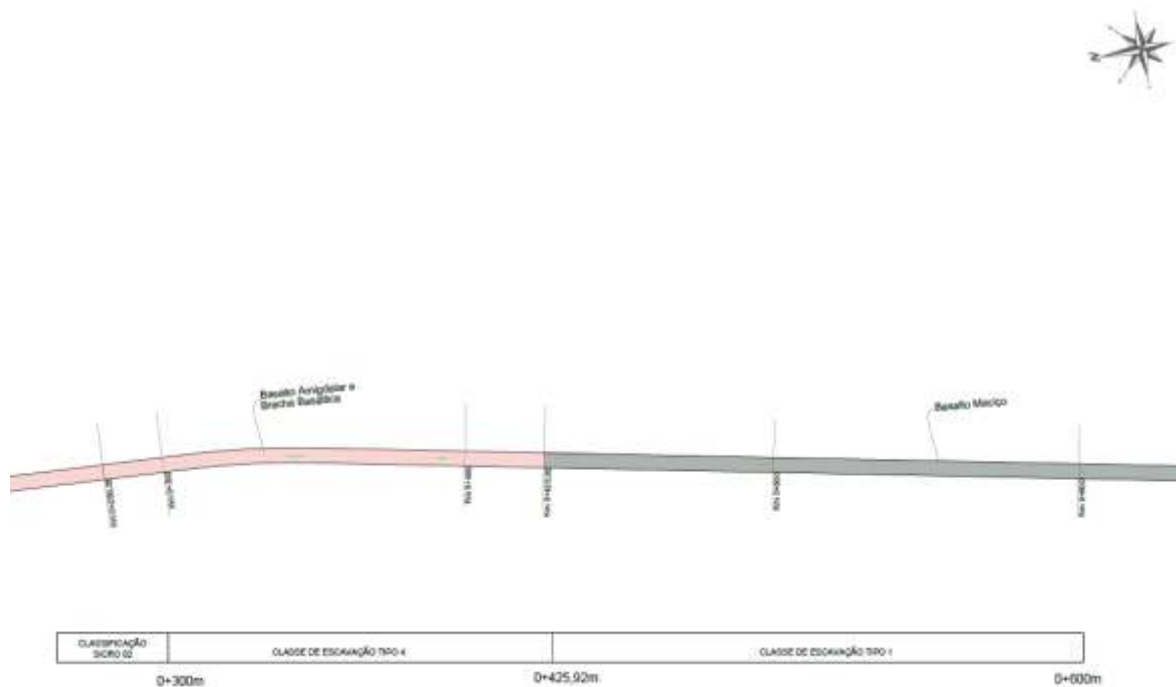


Fonte: o autor, 2024.

3.10.5.2 Trecho 2

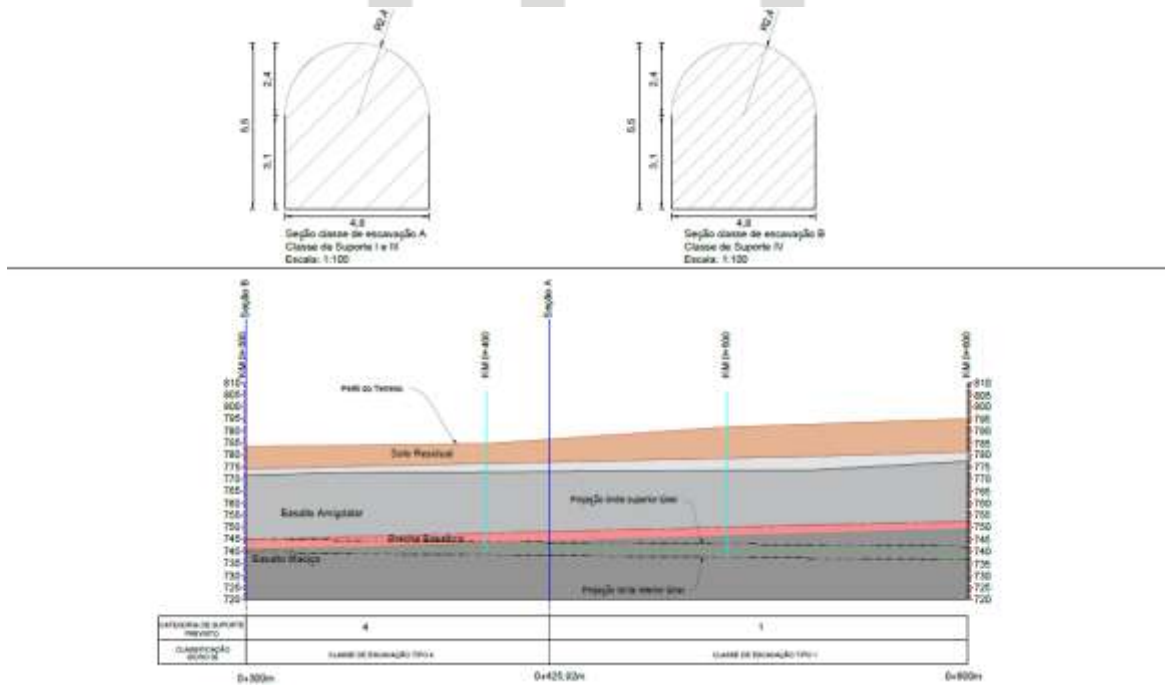
A planta e a seção do trecho 2 (0+300m a 0+600m) – perfil de escavação subterrânea estão apresentadas a seguir e nos desenhos PMX-B-TUDE-0029-0 e PMX-B-TUDE-0032-0 apresentados nos cadernos de desenho:

Figura 61: Planta escavação subterrânea - trecho 2.



Fonte: o autor, 2024.

Figura 62: Perfil de escavação subterrânea - trecho 2.

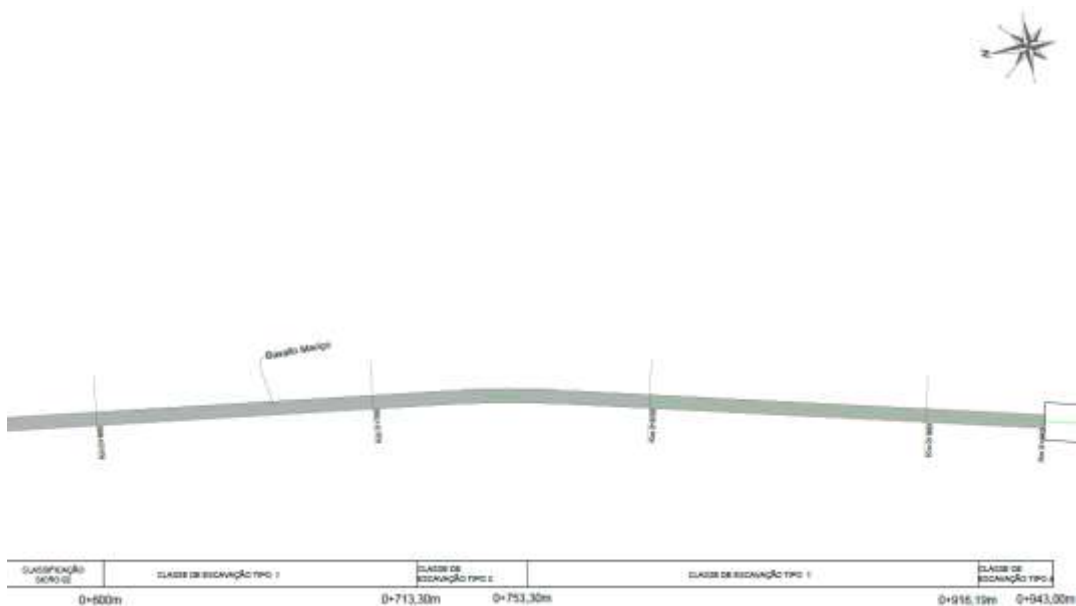


Fonte: o autor, 2024.

3.10.5.3 Trecho 3

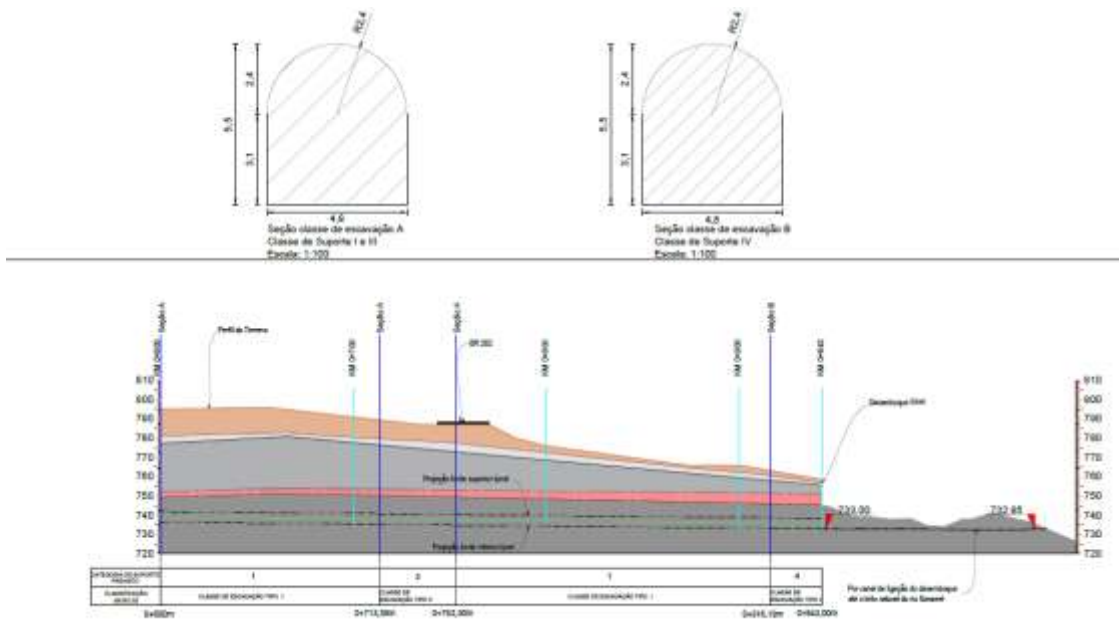
A planta e a seção do trecho 3 (0+600 a 0+943m) – perfil de escavação subterrânea estão apresentadas a seguir e no caderno de desenhos, PMX-B-TUDE-0030-0 e PMX-B-TUDE-0033-0):

Figura 63: Planta escavação subterrânea - trecho 3.



Fonte: o autor, 2024.

Figura 64: Perfil de escavação subterrânea - trecho 3.



Fonte: o autor, 2024.

NÓS GERAMOS POSSIBILIDADES.
VOCÊ GERA ENERGIA.

3.11 BOTA FORA

Bota Fora é um termo empregado na engenharia, o qual consiste em um local onde serão descartados os materiais provenientes de obra de terraplenagem que envolva escavação e/ou remoção de solo ou rocha, ou ainda, demolições e reformas que necessitem de remoção de entulhos.

Esta área (Bota Fora) é destinada para o recebimento de materiais inertes, ou seja, os resíduos classificados como classe A, de modo que, as áreas de Bota Fora deverão ter autorizações pelos órgãos ambientais. Na figura a seguir é possível visualizar as duas áreas de bota fora.

Figura 65: Bota fora.



Fonte: o autor, 2024.