



**EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE CONSULTORIA ESPECIALIZADA
PARA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS
PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO
DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS
DO NORDESTE SETENTRIONAL**

LOTE B



**ATO
RELATÓRIO DE ANDAMENTO**

1220-RAT-1001-20-04-008
Revisão 0

DEZEMBRO/2011



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

**PROJETOS EXECUTIVOS PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO
RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL**

LOTE B

**ATO
RELATÓRIO DE ANDAMENTO**

1220-RAT-1001-20-04-008 - Revisão 00
Dezembro/2011

Rev.	Data	Descrição	Elaborado	Conferido	Aprovado
0	12/2011	Emissão Inicial	CLAUDIO CASARIN	A. MATSUSHITA	R. FRANÇA



ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO.....	03
2. ANTECEDENTES	05
3. ESTUDOS PRÉVIOS PARA A SOLUÇÃO DA RETOMADA DAS OBRAS DO TÚNEL CUNCAS I	09
3.1 INTRODUÇÃO	10
3.2 ANÁLISE TÉCNICA DAS ALTERNATIVAS	14
3.3 ESTIMATIVA DE CUSTO DAS ALTERNATIVAS.....	15
3.4 ESCOLHA DA ALTERNATIVA MAIS ADEQUADA.....	17
3.5 PROVIDÊNCIAS REQUERIDAS PARA A EXECUÇÃO DO PROJETO DETALHADO DA ALTERNATIVA D	17
4. PROJETO DA ALTERNATIVA D.....	19
4.1 PREENCHIMENTO DO TÚNEL.....	20
4.2 ESCAVAÇÃO DO CANAL.....	20
5. PROPOSIÇÕES ALTERNATIVAS.....	32
6. CONCLUSÕES	38
7. RELATÓRIO DE ATIVIDADES	40



1. APRESENTAÇÃO



1. APRESENTAÇÃO

Este relatório tem o propósito de apresentar os trabalhos de ATO desenvolvidos no mês de novembro de 2011, cujo objeto é a elaboração dos estudos e projeto da retomada das obras do Túnel Cuncas I, tendo em vistas problemas ocorridos na execução destas obras.

Os estudos ora apresentados foram baseados em reuniões, análises e estudos comparativos para a definição da solução a ser adotada.

Entretanto, o desenvolvimento do detalhamento do projeto mostrou que a alternativa inicialmente discutida e considerada como a mais adequada, não é viável tecnicamente, pois não há condições de estabilidade dos taludes de escavação da nova configuração requerida, face à grande altura da mesma. Estudou-se inclusive como solução alternativa fazer uma escavação provisória para a execução de uma galeria de concreto e depois reaterrar a área, mas também esta solução não é viável.

Desse modo, neste relatório se apresentam os estudos desenvolvidos e as possíveis soluções a serem adotadas para análise do MI.



2. ANTECEDENTES



2. ANTECEDENTES

O túnel Cuncas I já sofreu dois acidentes desde o início de sua escavação, o primeiro em novembro de 2010.

Em maio de 2011, esse túnel sofreu um segundo acidente de proporções maiores, que incluiu a formação de uma capela no teto com extensão de cerca de 40m, a partir da estaca 5+5,7m até seu fundo na estaca 7+10,8m. O revestimento remanescente apresentava trincas e rachaduras com grande extensão, além de um levantamento do piso ao longo de seu eixo, desde seu emboque até o início da ruptura.

Posteriormente ao ocorrido, em reunião conjunta MI/Gerenciadora/Projetista/Supervisora, foram formuladas diversas proposições para a retomada das obras. Estudos desenvolvidos por esta Consultora e aceitos pelos participantes da citada reunião mostraram que a melhor alternativa das propostas naquela oportunidade, seria a de se preencher o túnel com areia lançada hidráulicamente e depois se proceder à escavação de canal, até novo emboque a ser implantado na estaca 7+10,80m. Esse preenchimento é necessário para se evitar acidentes durante a escavação do canal.

No final desse novo canal seria feito o novo emboque do Túnel Cuncas I, com características similares ao emboque anterior.

A escavação do canal apresenta uma dificuldade, que é a estabilidade de seus taludes. Nesse local, um primeiro escorregamento ocorreu durante a escavação, na lateral direita, junto ao emboque do Túnel Cuncas I (Figura 2.1).

Este talude estava executado quase que inteiramente em saprolito e foi realizada uma retroanálise para aferição dos parâmetros adotados para o saprolito.

O talude estudado tinha 10 m de altura e inclinação 1:4 (H:V). A análise de estabilidade foi realizada utilizando os parâmetros inicialmente adotados (coesão 50 kPa e ângulo de atrito 32°), com reduções sucessivas dos parâmetros de resistência até ser obtido um fator de segurança próximo a 1. A Figura 2.2 apresenta o resultado da retroanálise realizada.



Figura 2.1 – Talude lateral instável próximo ao emboque do Túnel Cuncas I.

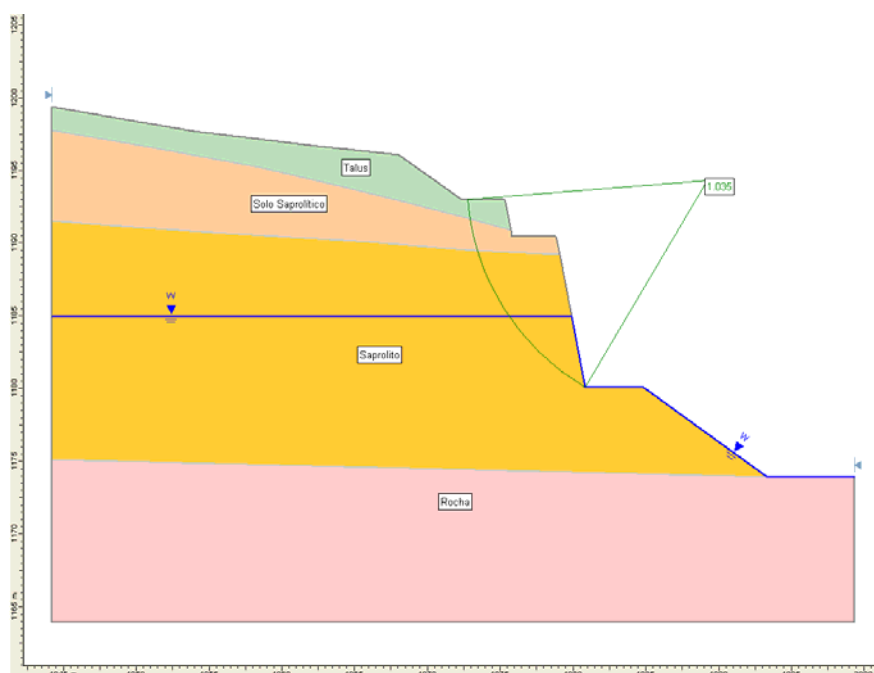


Figura 2.2 – Retroanálise do talude do canal instável no emboque do Cuncas I.

Para um fator de segurança de 1,03 com a superfície de ruptura semelhante à observada em campo, os parâmetros de resistência do saprolito retro analisados foram: coesão = 40 KPa e ângulo de atrito = 27° . Os taludes nas proximidades do emboque do túnel Cuncas I foram abrandados devido a esse escorregamento, porém não há registro da inclinação atual deles.

Após o primeiro acidente foi aplicada uma camada de concreto projetado de proteção sobre os taludes nas proximidades do emboque, como se vê na Figura 2.3.



Figura 2.3 - Taludes do canal revestido com concreto projetado.

Posteriormente foi observado o deslizamento lento desse revestimento, no lado direito, até a posição mostrada na Figura 2.4.



Figura 2.4 - Pé do talude direito junto ao emboque, após deslizamento lento do revestimento.



3. ESTUDOS PRÉVIOS PARA A SOLUÇÃO DE RETOMADA DAS OBRAS DO TÚNEL CUNCAS I



3. ESTUDOS PRÉVIOS PARA A SOLUÇÃO DE RETOMADA DAS OBRAS DO TÚNEL CUNCAS I

3.1 INTRODUÇÃO

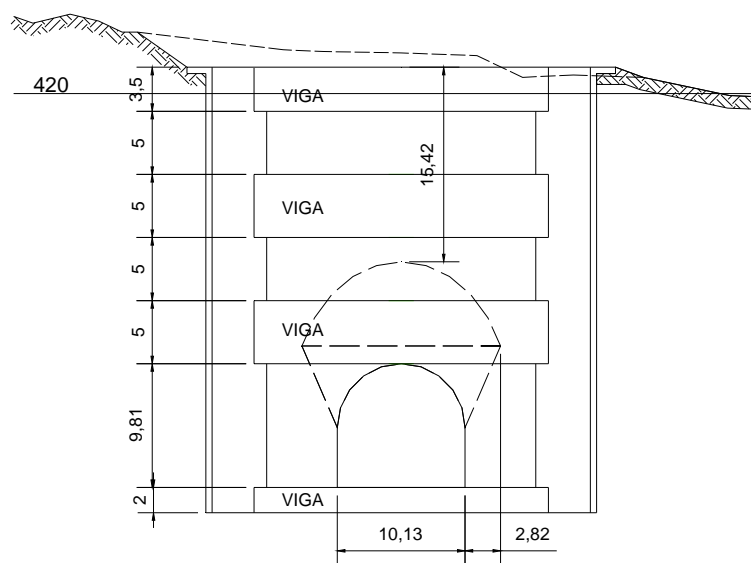
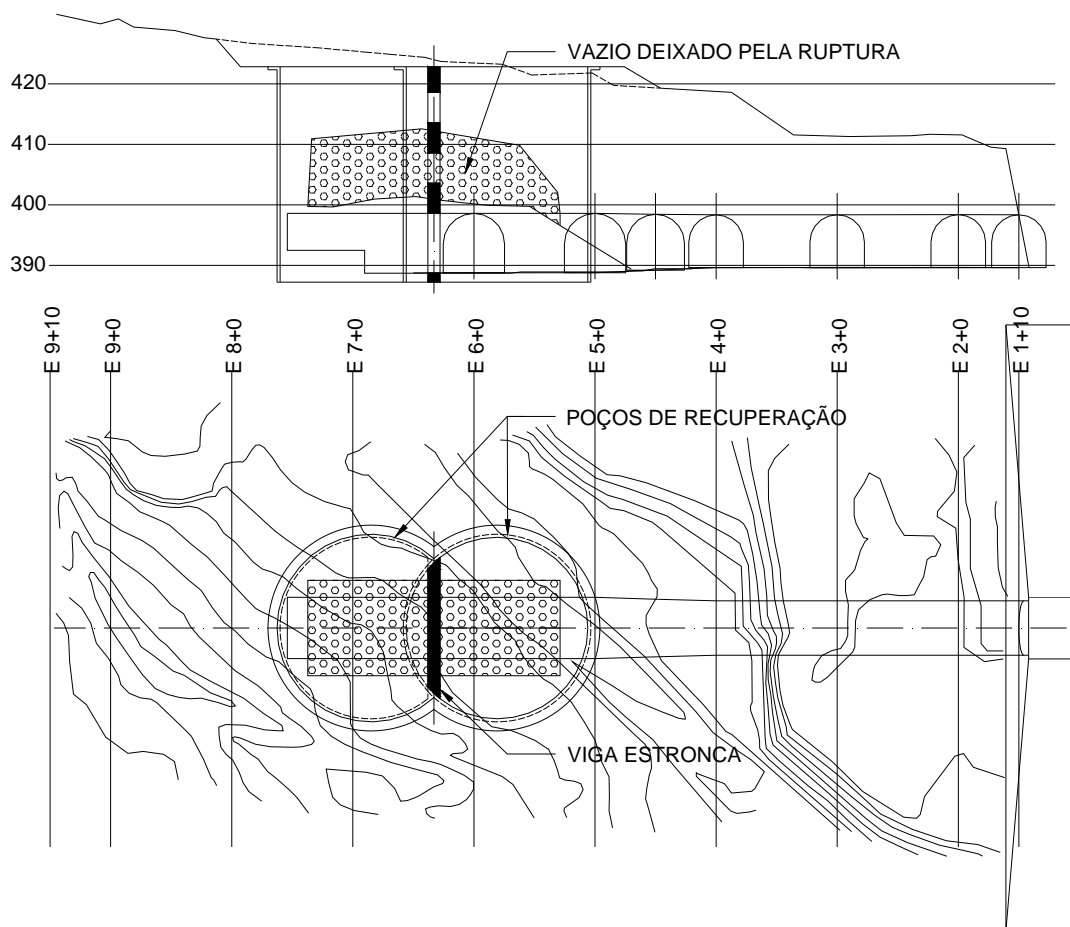
Na reunião ocorrida em 6 de maio foram apresentadas e discutidas alternativas para a mitigação dos efeitos da ruptura e retomada da escavação. Entre as alternativas aventadas avaliou-se que quatro deveriam ser desenvolvidas em nível preliminar, para passar por um processo de escolha da mais adequada. Essas alternativas, denominadas A, B C e D, estão descritas a seguir:

- A. Preenchimento do vazio formado com a ruptura, com mistura de areia e cimento (coulis), injeção para consolidação do escombros com nata de cimento e água e reescavação do túnel;
- B. Preenchimento do vazio formado com a ruptura, com mistura de areia e água, permitindo o aterro hidráulico desse solo, escavação de uma estrutura constituída por dois poços secantes na forma de “óculos”, circunscrevendo a região rompida, construção de uma galeria e reaterro reconstituindo a superfície do terreno;
- C. Preenchimento do vazio formado com a ruptura, com mistura de areia e água, construção de paredes diafragma a partir da superfície e escavação escorada com tirantes ou estroncas metálicas, construção de uma galeria e reaterro reconstituindo a superfície do terreno;
- D. Preenchimento do vazio formado com a ruptura e do túnel remanescente, com mistura de areia e água e escavação a céu aberto até o espelho da rocha.

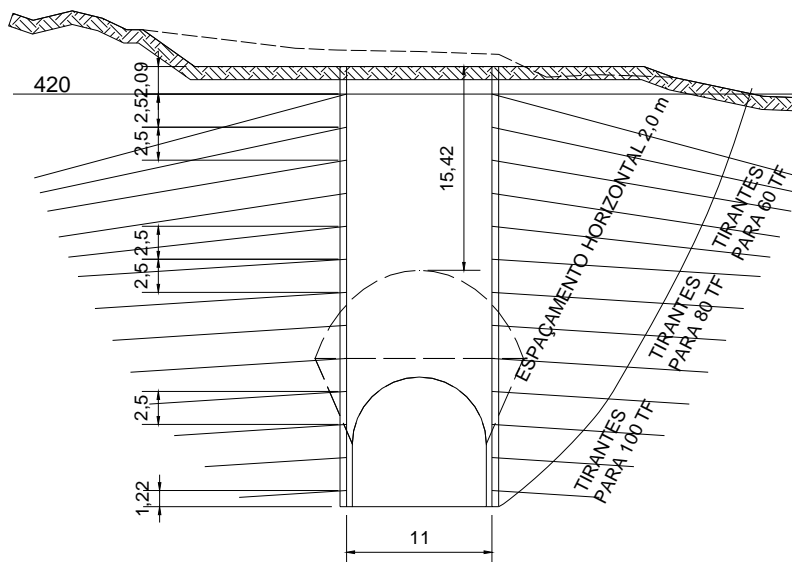
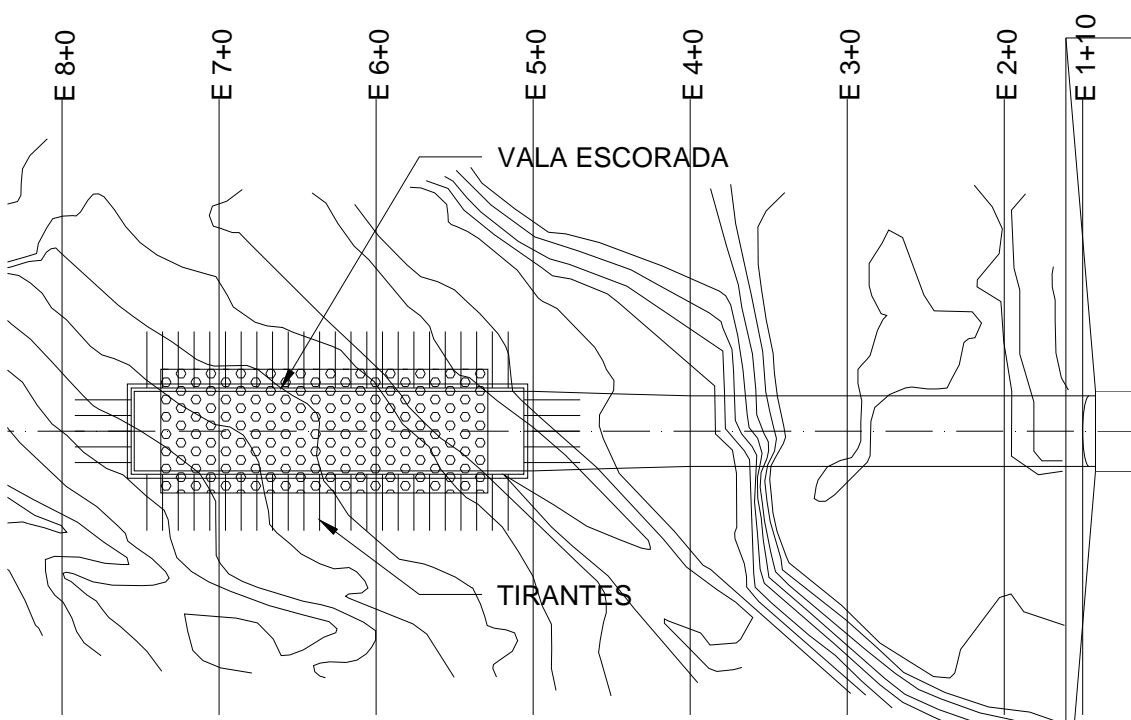
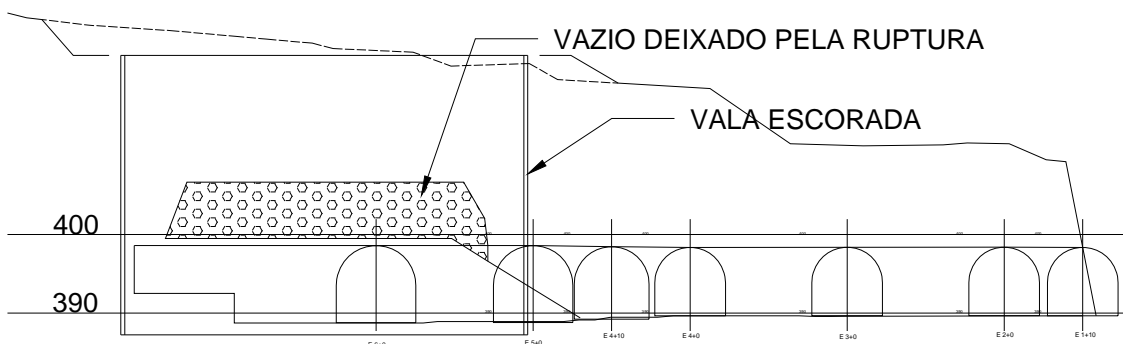
Dessas proposições foram feitas as seguintes análises:

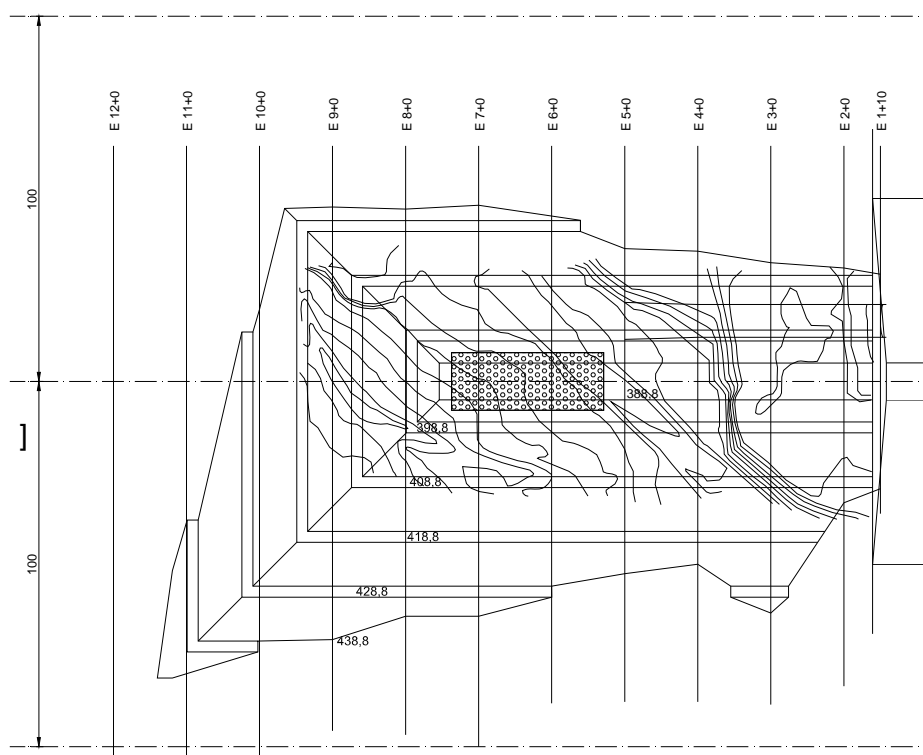
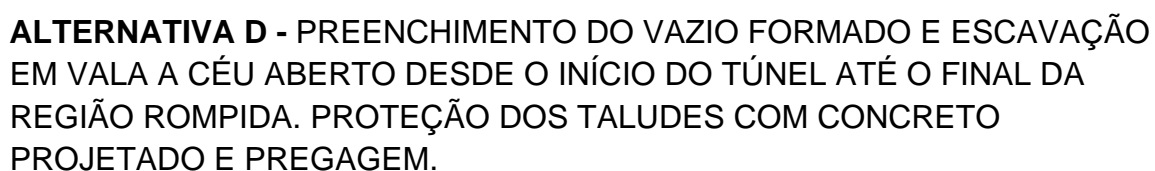
ALTERNATIVA A - PREENCHIMENTO DO VAZIO FORMADO, INJEÇÃO DO ESCOMBRO E REESCAVAÇÃO DO TÚNEL

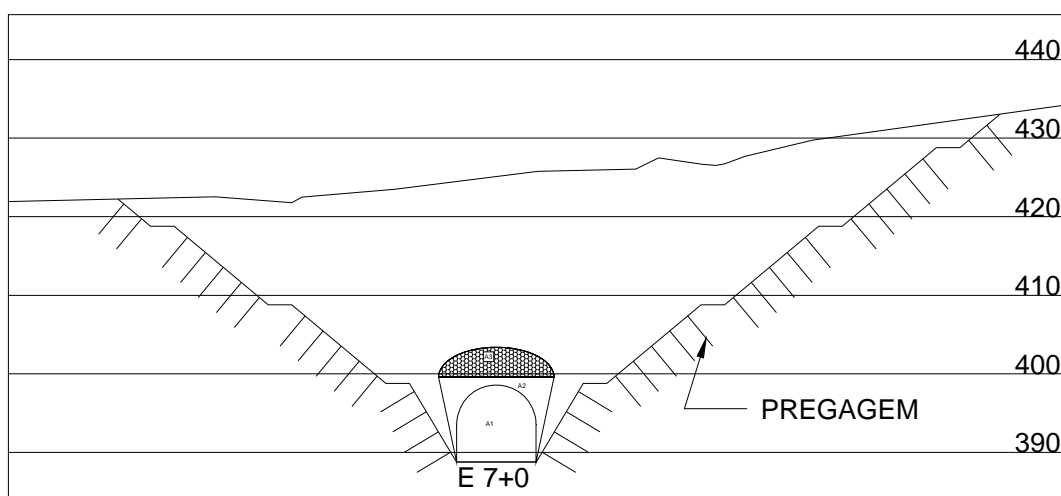
ALTERNATIVA B - PREENCHIMENTO DO VAZIO FORMADO E ESCAVAÇÃO DE DOIS POÇOS DE RECUPERAÇÃO NA FORMA DE ÓCULOS, CIRCUNSCREVENDO A REGIÃO ROMPIDA



ALTERNATIVA C - PREENCHIMENTO DO VAZIO FORMADO E ESCAVAÇÃO EM “CUT AND COVER” NA REGIÃO ROMPIDA







3.2 ANÁLISE TÉCNICA DAS ALTERNATIVAS

As três primeiras alternativas exigem que o túnel remanescente seja reforçado com chumbadores em toda sua extensão, além da execução do revestimento secundário.

Há um risco aceito nessa situação, porque os trabalhos no interior do túnel remanescente serão realizados dentro de uma estrutura que poderá ruir sem aviso. Esse risco não foi contabilizado nas quantidades expostas neste estudo, mas deverão estar sempre na mente para a tomada de decisão.

A Alternativa A - enchimento dos vazios e reescavação do túnel - exige a injeção do material escombrado, o que demanda um grande esforço de perfuração para chegar aos seus pontos internos, e resulta injeção provavelmente não homogênea de toda a massa. A reescavação se dará em solo cimentado, com eventual uso de explosivos, o que induz alguma insegurança na região que já experimentou uma ruptura. Portanto, há algum risco de acidente envolvido na sua adoção.

A Alternativa B - escavação com dois poços na forma de óculos - exige a mobilização de equipamentos para içamento de cargas na vertical, o que demandará tempo e recursos. É uma alternativa segura e que utiliza o NATM como método de escavação dos poços.

A Alternativa C - vala escorada e "cut and cover" - é a alternativa com o maior risco agregado, a maior quantidade de serviços variados e que provavelmente terá o maior custo também.

Das alternativas estudadas, a última, D - vala a céu aberto - é a que demanda serviços usuais, que já estão contratados e com preços aprovados. Também é a que exige o mínimo de variedade de serviços para seu início, pois é essencialmente uma grande escavação com seus taludes protegidos com concreto projetado e pregagem. Essa alternativa evita a exposição de trabalhadores em situação de risco no interior do túnel remanescente.

O preenchimento do túnel e/ou do vazio deixado pela ruptura dele é uma necessidade de segurança durante obra, em qualquer das alternativas apresentadas.



3.3 ESTIMATIVA DE CUSTO DAS ALTERNATIVAS

Os custos de cada alternativa estão apresentados na Tabela 3.1. Para a composição de custos foram usados os preços unitários existentes no contrato vigente da empreiteira das obras do túnel, onde existentes, complementada por preços fornecidos pelo MI. Estes foram adequados à situação especial do local e da condição das obras, sendo comparados aos preços de mercado. Os itens onde não foram fornecidos preços unitários foram adotados preços de mercado. As estimativas apresentadas levam em conta serviços que diferenciam as alternativas, ou seja, não se está computando serviços comuns às mesmas, não sendo assim orçamento das obras, mas estimativa de custo diferencial.

Tabela 3.1 - Estimativa de Custos das Alternativas

Alternativa A	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Coulis de enchimento	m ³	1.744	400,00	697.600,00
Injeção do escombro	m ³	8.064	800,00	6.451.200,00
Escavação subterrânea em rocha	m ³	3.644	132,03	481.117,32
Revestimento primário - Concreto projetado	m ³	420	600,23	252.096,60
Cambotas - Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	7.500	3,98	29.850,00
Fornecimento e instalação de chumbadores em malha de 3x3m (Ø de 25 mm, 6,00 m) no túnel remanescente	m	420	46,09	19.357,80
Concreto fck 25 MPa do revestimento secundário	m ³	754	268,88	202.735,52
Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	37.680	3,98	149.966,40
			Total Geral (R\$)	8.283.923,64
Alternativa B	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Volume de areia de enchimento	m ³	1.744	20,00	34.880,00
Escavação de material de 1ª categoria, carga NA VERTICAL e transporte até a 1,00 km	m ³	47.981	80,00	3.838.480,00
Reaterro de material de 1ª categoria, carga e transporte até a 1,00 km	m ³	39.632	4,31	170.813,92
Momento de transporte de areia	m ³ xkm	8.720	0,62	5.406,40
Concreto projetado	m ³	2.984	600,23	1.791.086,32
Concreto fck 25 MPa da viga interna e de borda	m ³	857	268,88	230.430,16
Concreto fck 25 MPa do Túnel Falso com 51 m	m ³	862	268,88	231.774,56

continua



Tabela 3.1 - Estimativa de Custos das Alternativas

continuação

Alternativa B	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	85.936	3,98	342.025,28
Fornecimento e instalação de chumbadores em malha de 3x3m (Ø de 25 mm , 6,00 m) no túnel remanescente	m	420	46,09	19.357,80
Concreto fck 25 MPa do revestimento secundário, menos 51 m do túnel falso	m³	433	268,88	116.425,04
Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	21.666	3,98	86.230,68
Total Geral (R\$)			6.302.871,36	
Alternativa C	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Volume de areia de enchimento	m³	1.744	20,00	34.880,00
Escavação de material de 1ª categoria, carga na vertical e transporte até a 1,00 km	m³	21.787	80,00	1.742.960,00
Reaterro de material de 1ª categoria, carga e transporte até a 1,00 km	m³	17.279	4,31	74.472,49
Momento de transporte de areia	m³xkm	8.720	0,62	5.406,40
Revestimento para escoramento das paredes	m²	4.343	289,10	1.255.561,30
Fornecimento e instalação de Tirantes para 60tf	m	6.641	1.156,25	7.678.656,25
Fornecimento e instalação de Tirantes para 80tf	m	4.269	1.203,75	5.138.808,75
Fornecimento e instalação de Tirantes para 100tf	m	2.726	1.325,00	3.611.950,00
Concreto fck 25 MPa do Túnel Falso com 51 m	m³	862	268,88	231.774,56
Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	43.095	3,98	171.518,10
Fornecimento e instalação de chumbadores em malha de 3x3m (Ø de 25 mm , 6,00 m) no túnel remanescente	m	420	46,09	19.357,80
Concreto fck 25 MPa do revestimento secundário, menos 51 m do túnel falso	m³	433	268,88	116.425,04
Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	21.666	3,98	86.230,68
Total Geral (R\$)			20.168.001,37	

continua



Tabela 3.1 - Estimativa de Custos das Alternativas

continuação

Alternativa D	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Volume de areia de enchimento	m ³	8.432	20,00	168.640,00
Momento de transporte de areia	m ³ xkm	42.160	0,62	26.139,20
Escavação de material de 1ª categoria, carga e transporte até a 1,00 km	m ³	118.043	4,31	508.765,33
Escavação de material de 3ª categoria, carga e transporte até a 1,00 km	m ³	118.043	24,87	2.935.729,41
Concreto projetado com 0,10m de espessura para proteção dos taludes	m ³	2.081	268,88	559.539,28
Fornecimento e instalação de chumbadores em malha de 3x3m (Ø de 25 mm, 5,00 m)	m	8.990	46,09	414.349,10
Total Geral (R\$)				4.613.162,32

Nota: as células indicadas em amarelo tiveram seus valores estimados, tendo em vista que os mesmos não se encontram na planilha contratual.

3.4 ESCOLHA DA ALTERNATIVA MAIS ADEQUADA

As diferenças de preços retratam a complexidade e a quantidade dos serviços a serem realizados, resultando a Alternativa D como a mais barata, que é a recomendada para a retomada do emboque do Túnel Cuncas I.

Apesar de apresentar custo estimado próximo ao da Alternativa B, há que se lembrar de que a Alternativa D apresenta um baixo risco de acidentes durante sua execução, em comparação ao alto risco associado à Alternativa B. Isso reforça a recomendação efetuada.

Além dos aspectos técnicos e financeiros o prazo estimado para a retomada da escavação do túnel, para a Alternativa D, também é o melhor entre as alternativas estudadas.

3.5 PROVIDÊNCIAS REQUERIDAS PARA A EXECUÇÃO DO PROJETO DETALHADO DA ALTERNATIVA D

A área afetada pela escavação deverá ter sua topografia levantada até 100 m para cada lado do eixo do túnel, e até 200 m para jusante do emboque.

Os materiais que ocorrem sobre o túnel deverão ser investigados pela retirada de amostras indeformadas (cúbicas com 40 cm de lado) a cerca de 20 m do eixo do túnel, a 2 m de profundidade, em poço aberto com retro escavadeira. Serão duas amostras do solo residual e duas do tálus.



O saprolito será amostrado da mesma maneira, porém as amostras serão obtidas no talude esquerdo do canal e a cerca de 5 m do emboque.

As amostras indeformadas deverão ser totalmente parafinadas e embaladas em caixas resistentes e protegidas com palha ou isopor.

Serão duas amostras para caracterizar cada horizonte encontrado, totalizando seis amostras.

Sobre cada amostra indeformada serão executados os ensaios:

- Peso específico natural
- Umidade natural
- Peso específico dos sólidos
- Triaxial adensado, saturado, não drenado, com medida de pressão neutra, com tensões confinantes de 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa e 400 kPa.

Os resultados dos ensaios serão analisados para definição dos parâmetros de resistência de cada material.



4. PROJETO DA ALTERNATIVA D



4. PROJETO DA ALTERNATIVA D

4.1 PREENCHIMENTO DO TÚNEL

Esse preenchimento será iniciado pela injeção de polpa de areia e água, por meio de tubo com diâmetro de 0,20 m, inserido no terreno com inclinação de 30° com a vertical e perpendicular ao eixo do túnel, posicionado de modo a atingir o seu topo. O objetivo é posicionar os trabalhos de injeção fora da área de influência de possível desmoronamento do túnel.

A sequência de operações será a seguinte:

Escolha da areia que será usada no enchimento e determinação de sua granulometria, por meio de pelo menos 3 ensaios, por peneiramento e sedimentação.

Determinação e definição de filtros para a areia escolhida, usando os critérios convencionais: $D_{15} \text{ filtro} > 5 \times D_{15} \text{ material}$ e $D_{15} \text{ filtro} < 5 \times D_{85} \text{ material}$. Provavelmente resultará em areia grossa e brita 1 sobre o talude de montante do enrocamento.

Perfuração e instalação de tubo com diâmetro de 0,20 m nas posições indicadas nos desenhos de projeto.

Construção da barreira de enrocamento com filtros a montante, que permita a passagem da água, mas retenha a areia que será lançada com água pelos tubos de injeção.

Construção de barreira pouco permeável, com material argiloso, a jusante do enrocamento, para formação de lagoa para reuso da água injetada com a areia.

Injeção experimental de areia misturada com água em proporção a ser definida na obra. O furo situado próximo ao emboque existente será usado nesta etapa, por permitir a visualização do aterro resultante dentro do túnel. O desejado é que a polpa de areia e água flua formando um aterro com superfície inclinada de cerca de 6% com a horizontal.

Início da injeção da polpa de areia e água pelo furo de injeção situado no término do túnel atual rompido. Continuar com a injeção até que haja refluxo da polpa pela boca do furo.

Continuar a injeção pelos demais furos, na sequência, até o furo próximo ao emboque do túnel e até se preencher o túnel.

4.2 ESCAVAÇÃO DO CANAL

Os parâmetros de resistência dos vários materiais existentes no local foram definidos em relatórios anteriores e estão reproduzidos na Tabela 4.1.



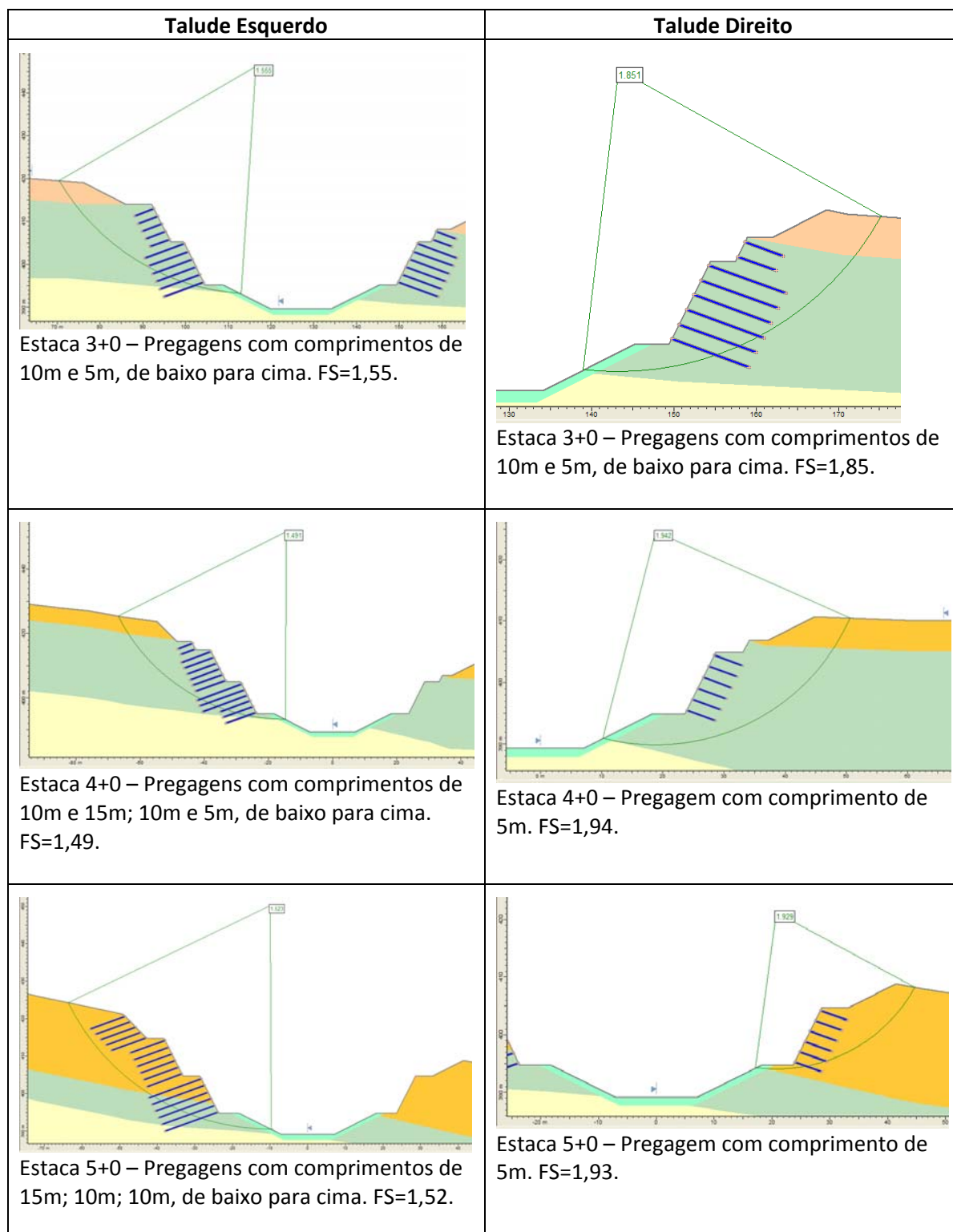
Tabela 4.1 – Parâmetros geotécnicos para o emboque do Cuncas I.

Camada	c (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	K ₀	E (kPa)
Colúvio	10	24	17	2,37	20.000
Tálus	21	32	18	3,25	50.000
Solo saprolítico	24	27	19	2,66	100.000
Saprolito	40	27	19	3,25	250.000
Arenito	120	45	21	1,30	1.100.000
Enrocamento	5	35	20	0,6	10.000

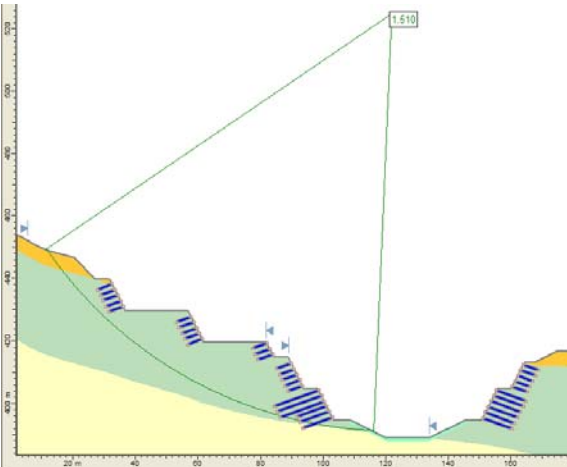
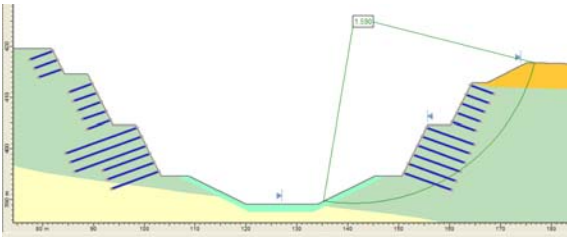
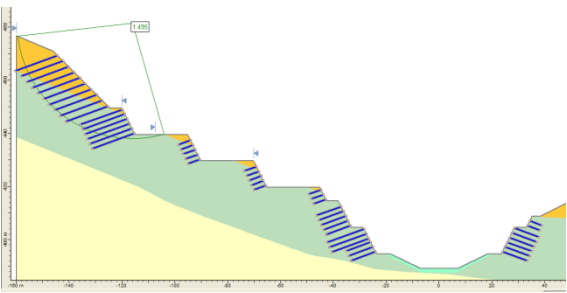
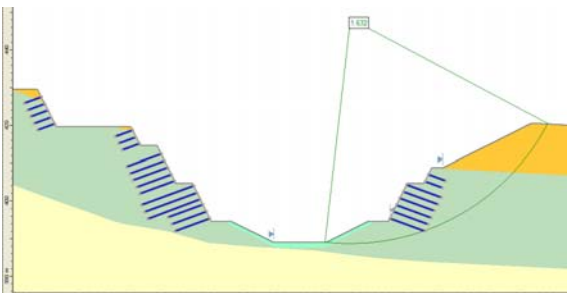
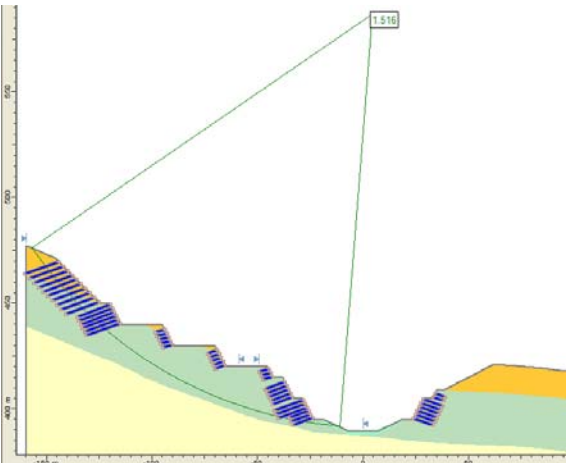
Foram levantadas seções pelas estacas 3 a 7 e pela 7+10 para implantação dos cortes e análise de estabilidade, incorporando-se a geometria e o reforço por meio de grampeamento dos taludes.

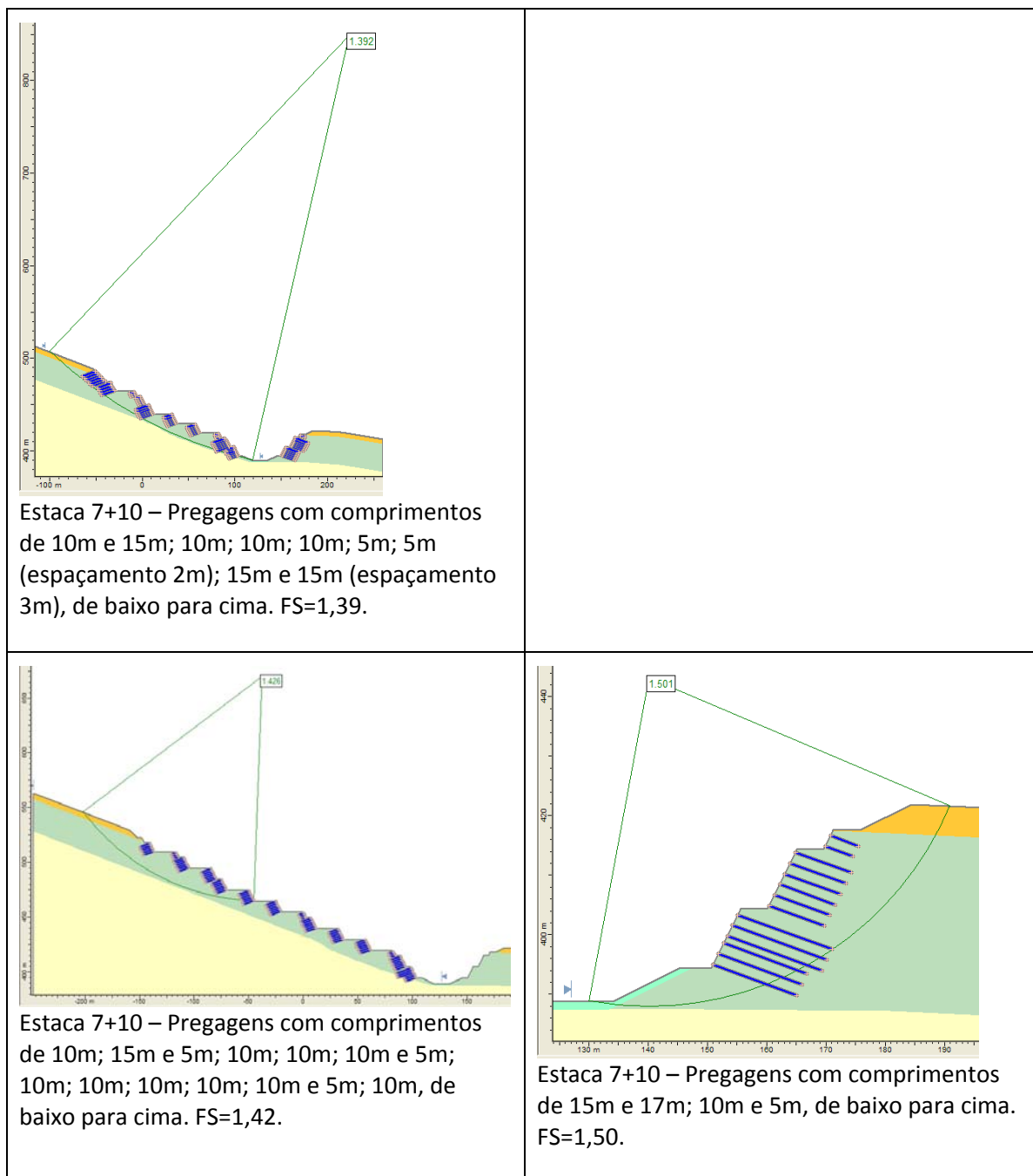
As Figuras a seguir mostram as seções analisadas e seus resultados, para taludes definitivos. Foi estabelecido o critério convencional de Fator de Segurança mínimo igual a 1,50.

O padrão para os taludes foi inclinado de 1V:0,5H e bermas com 4 m de largura a cada 10 m de altura, com pregagens em malha de 2 x 2 m, formadas por 2 barras de ϕ 16 mm em furo preenchido com calda de cimento com ϕ 100 mm e inclinados 20° com a horizontal, para baixo. O comprimento foi definido por tentativas até se obter FS>1,50.





Talude Esquerdo	Talude Direito
 <p>Estaca 6+0 – Pregagens com comprimentos de 10m; 15m e 5m; 5m; 5m e 5m, de baixo para cima. FS=1,51.</p>	 <p>Estaca 6+0 – Pregagens com comprimentos de 10m e 5m, de baixo para cima. FS=1,59.</p>
 <p>Estaca 7+0 – Pregagens com comprimentos de 10m e 15m; 10m; 5m; 5m; 5m; 17m e 17m, de baixo para cima. FS=1,495.</p>	 <p>Estaca 7+0 – Pregagens com comprimentos de 10m e 5m, de baixo para cima. FS=1,63.</p>
 <p>Estaca 7+0 – Pregagens com comprimentos de 10m e 15m; 10m; 5m; 5m; 5m; 17m e 17m, de baixo para cima. FS=1,51.</p>	
Talude Esquerdo	Talude Direito



As escavações se mostraram razoáveis até a estaca 5+0. A partir daí foi necessário introduzir bermas com 20 m de largura no talude esquerdo, aumentando em demasia a extensão e a altura total do corte. Foi então considerado que toda a escavação, mais a pregagem necessária, as proteções dos taludes com concreto e o sistema de águas pluviais teriam um custo exagerado.

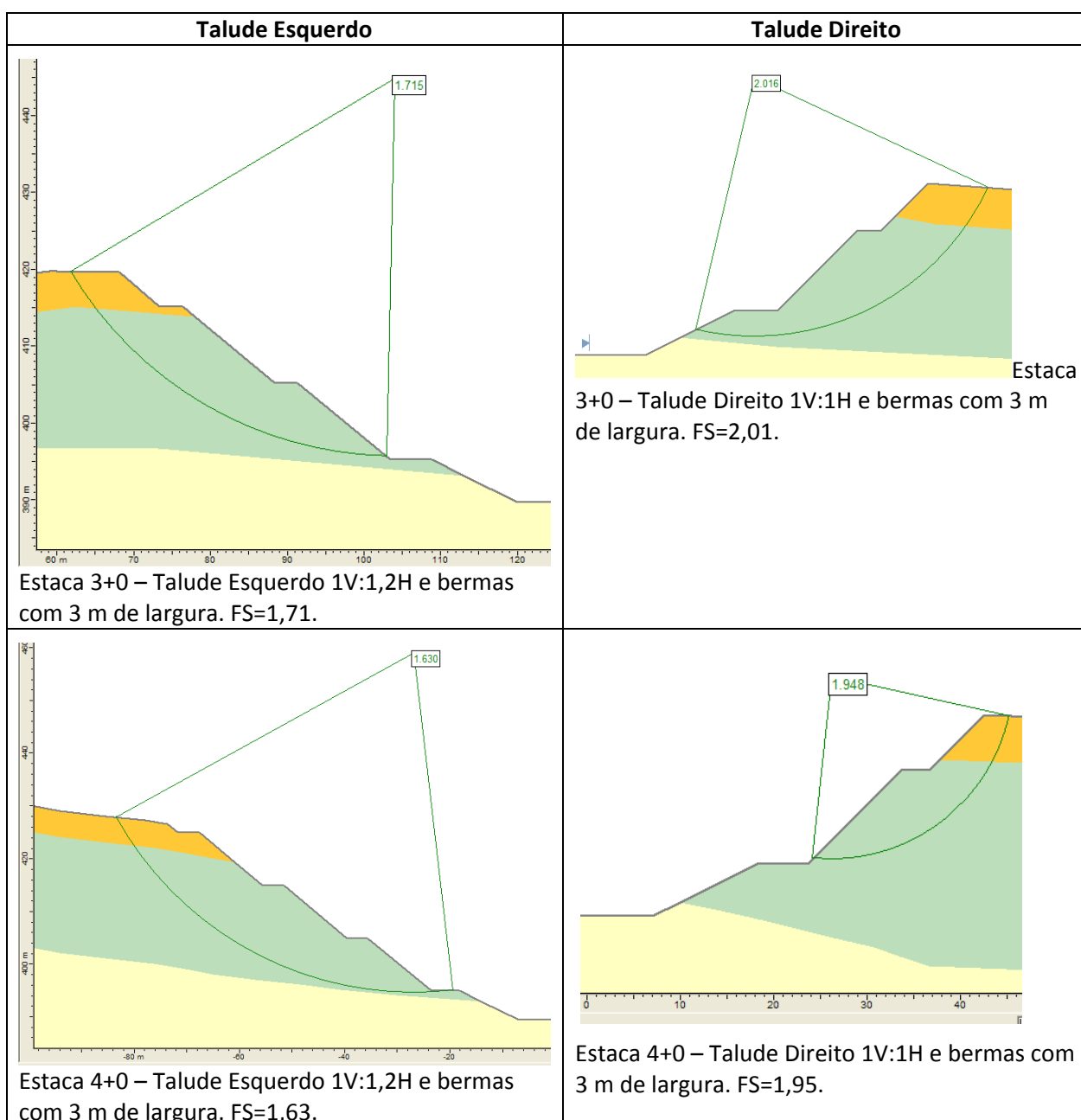
Partiu-se para a solução híbrida de se fazer escavação somente para a construção de uma galeria, que seria aterrada posteriormente. Dessa maneira, os taludes das



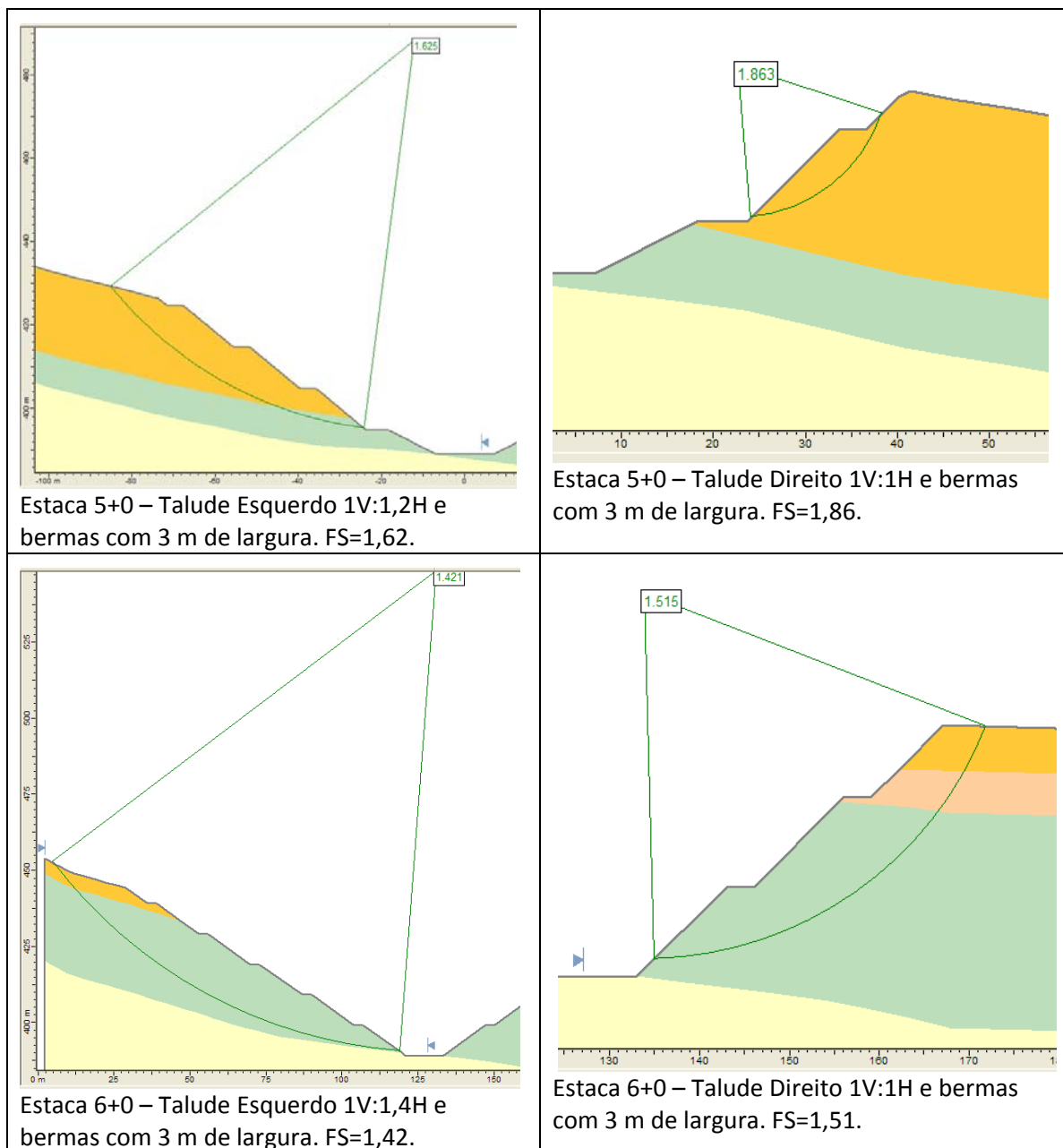
escavações temporárias poderiam ter FS mínimo menor que para taludes definitivos. Convencionalmente se adota $FS > 1,30$ para escavações temporárias.

Partiu-se então para a definição de taludes sem revestimento ou pregagem de estabilização, tendo resultado taludes inclinados 1V:1,2H e 1V:1,4H, com bermas com 3 m de largura a cada 10 m de altura.

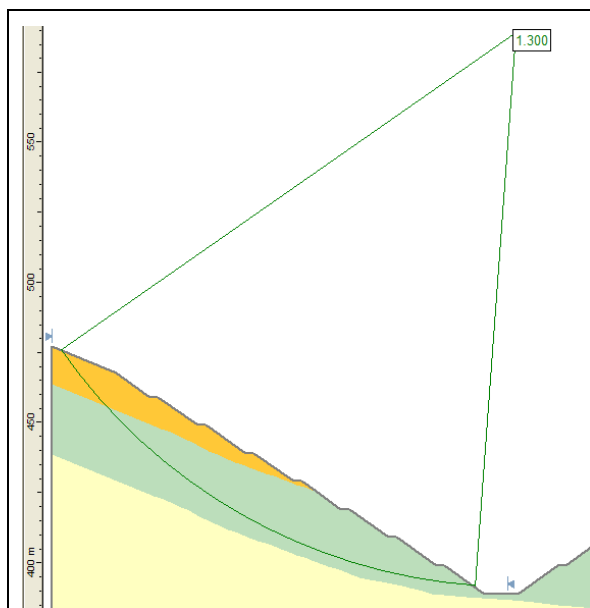
As figuras a seguir mostram os resultados obtidos.



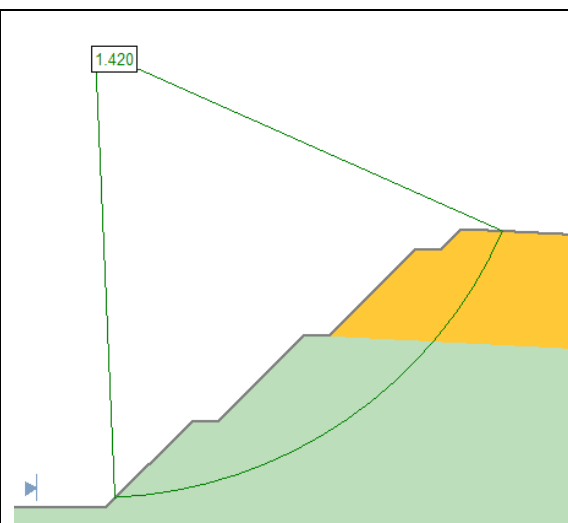
Talude Esquerdo	Talude Direito
-----------------	----------------



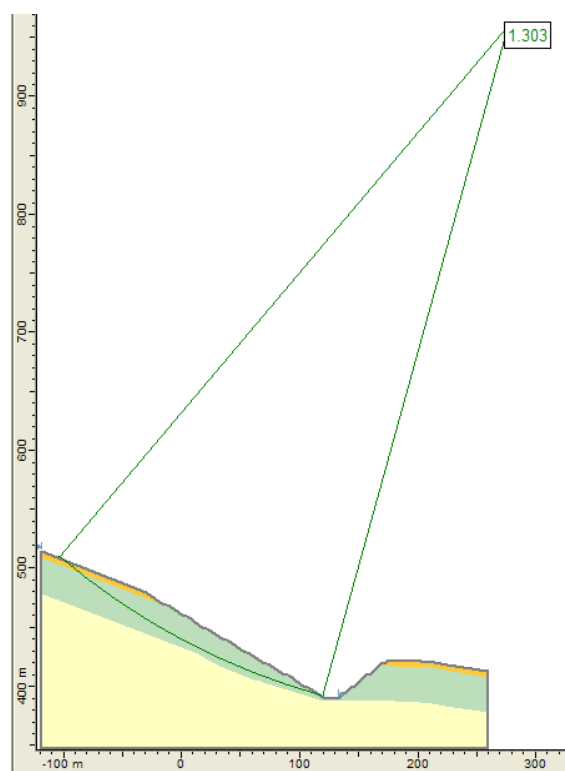
Talude Esquerdo	Talude Direito
-----------------	----------------



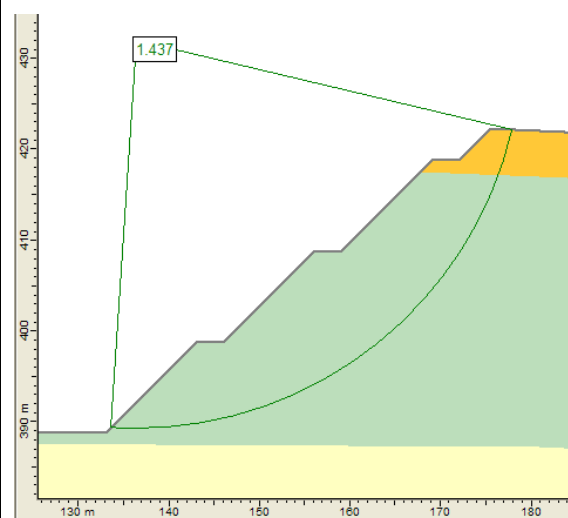
Estaca 7+0 – Talude Esquerdo 1V:1,4H e bermas com 3 m de largura. FS=1,30.



Estaca 7+0 – Talude Direito 1V:1H e bermas com 3 m de largura. FS=1,42.



Estaca 7+10 – Talude Esquerdo 1V:1,4H e bermas com 3 m de largura. FS=1,30.



Estaca 7+10 – Talude Direito 1V:1H e bermas com 3 m de largura. FS=1,43.



O canal concebido no projeto básico se revelou inviável, porque sua escavação resultou em talude do lado esquerdo, paralelo ao talude natural e bem abaixo dele. Assim, sua escavação demandaria bem mais do que 100 m de altura de corte para se ter Fator de Segurança $> 1,30$, que é o FS convencional para escavação temporária a céu aberto.

Temporária porque foi tentado um talude com inclinação máxima para se tentar viabilizar o corte. Com isso seria necessária a construção de galeria e reaterro parcial para garantir a segurança do aqueduto.

A Figura 4.1 mostra a análise de estabilidade efetuada para o talude natural existente e que resultou em $FS = 1,15$.

A superfície de escorregamento resultou muito profunda, da ordem de 50 m. Os taludes de corte teriam que ser mais íngremes que o natural para que fosse viável. Com isso, a FS resultaria menor ainda do que 1,15 e não seria aceitável.

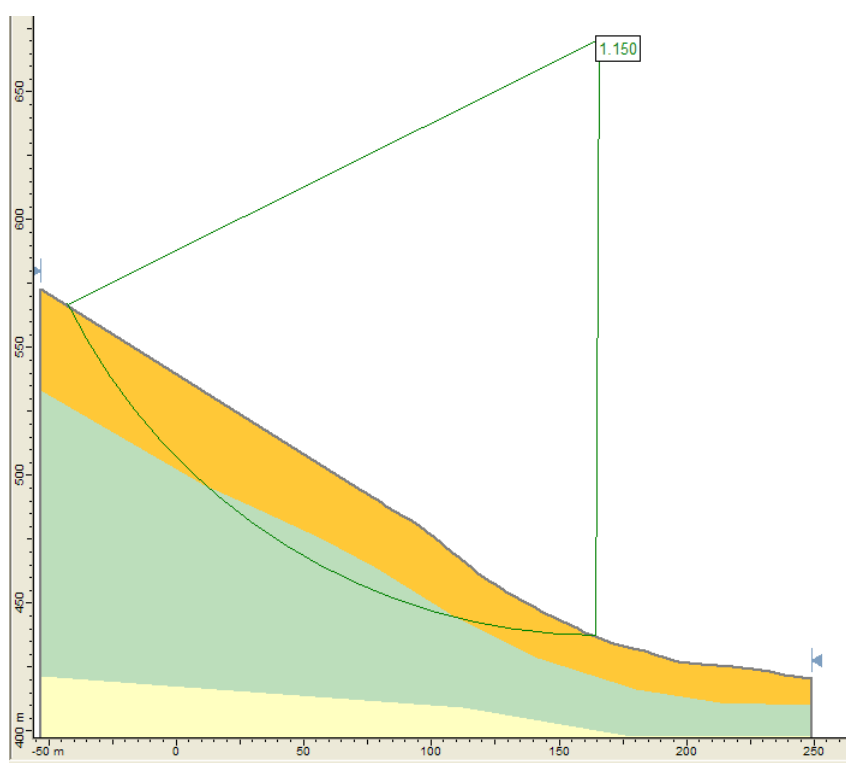


Figura 4.1 - Estabilidade do talude natural existente.

Procurou-se então buscar até onde a escavação seria viável e com taludes adequados ao $FS > 1,30$. Foi definido por tentativas o talude com inclinação 1V:1,4H e com bermas a cada 10 m de altura, cuja análise está mostrada na Figura 4.2, para a Estaca 7+0.

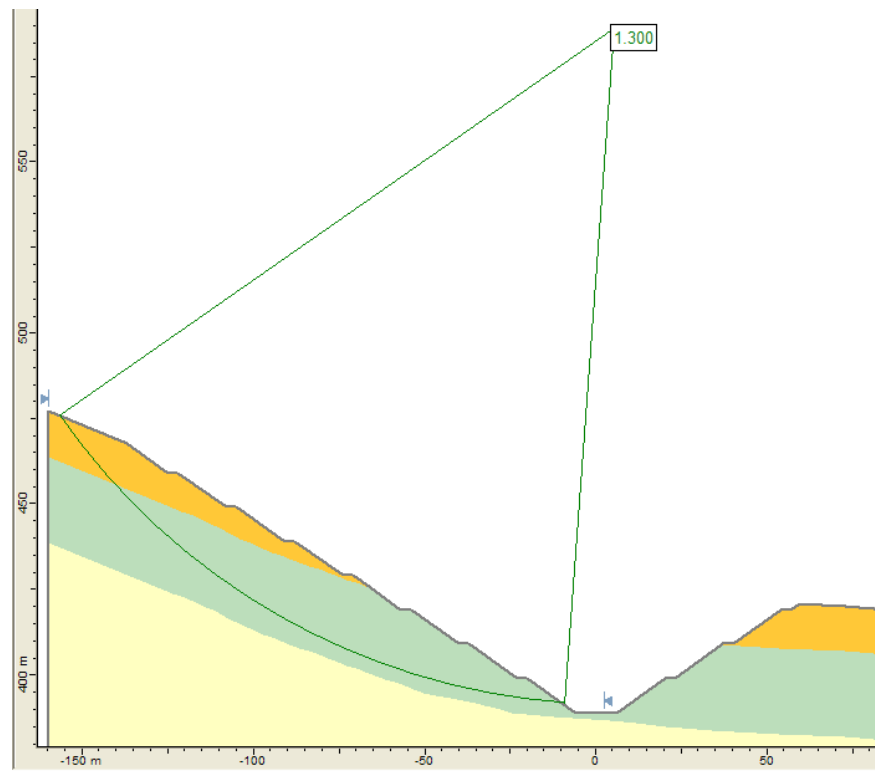


Figura 4.2 – Escavação pela Estaca 7+0 do túnel.

A tentativa de melhorar a estabilidade deste corte por meio de grampos resulta inviável, por demandar grampos com comprimento maior que 30 m, além de serem pouco eficazes.

A seção apresentada está a cerca de 30° da direção de maior declividade do talude natural. Ao se fechar a escavação na sua extremidade, o corte irá atingir altura muito maior, da ordem de 140 m, como mostrado na Figura 4.3 e na Figura 4.4, no corte pela reta de maior declividade A.

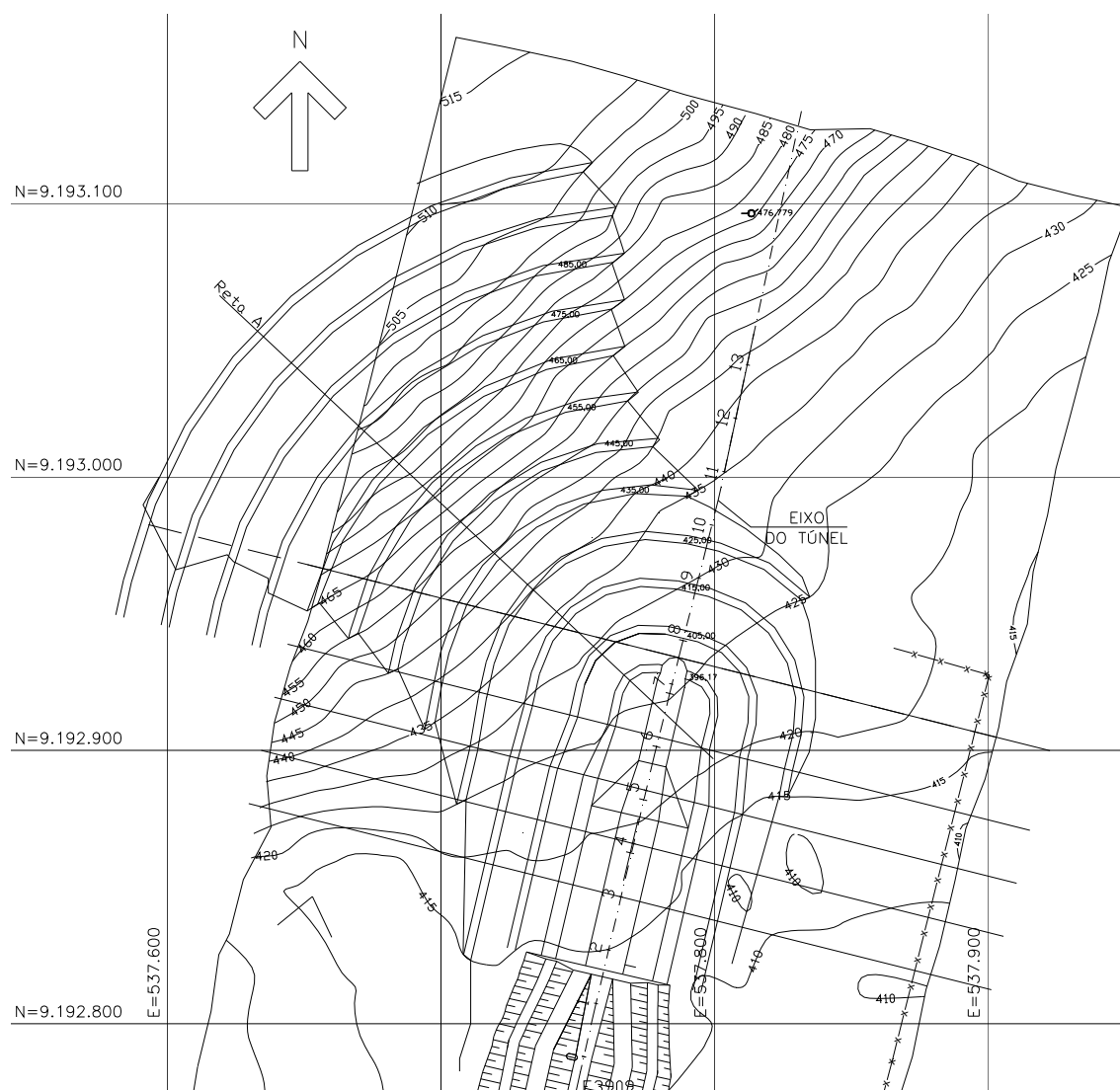


Figura 4.3 – Implantação da escavação com taludes estáveis, 1V:1,4H.

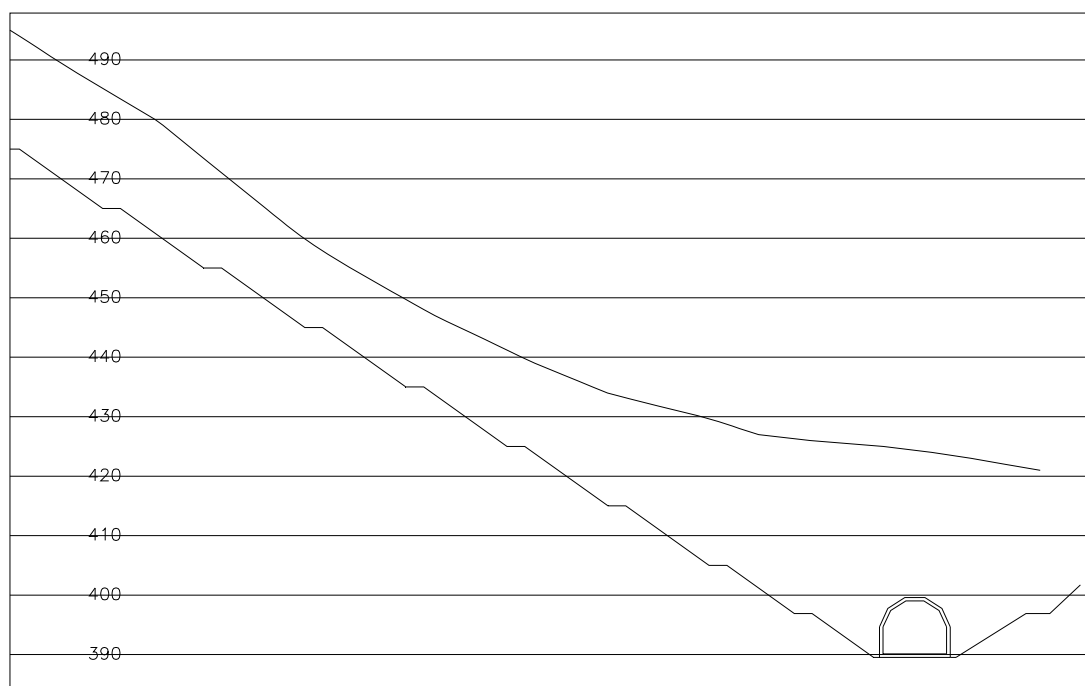


Figura 4.4 – Seção pela reta A, com taludes estáveis de 1V:1,4H.

Conclui-se, portanto, pela inviabilidade desta alternativa.

Outra solução, ao invés de vala aberta, seria fazer uma escavação “cut-cover”. Esta alternativa, que na realidade é a Alternativa C, anteriormente estudada, foi descartada por ser a de mais elevado custo entre as soluções analisadas.



5. PROPOSIÇÕES ALTERNATIVAS



5. PROPOSIÇÕES ALTERNATIVAS

O desfecho desta alternativa certificou a correta e limite de início do túnel como feito na solução projetada.

Face à essa situação analisou-se duas novas propostas: adoção de novo túnel se desenvolvendo inicialmente quase que paralelamente ao eixo atual, para posterior encontro e adoção do eixo projetado, ou da reabilitação do túnel existente (esta a alternativa A dos estudos inicialmente elaborados e que havia sido descartada pelo seu elevado custo).

Os quantitativos para execução de um novo túnel dependerão do traçado adotado, mas seu custo será similar ao túnel que sofreu ruptura.

Caso se opte pela reabilitação do túnel existente, será preciso se desenvolver nova seção típica e tratamentos para um túnel que envolva o atual no seu trecho inicial e que atravessasse os escombros no trecho rompido.

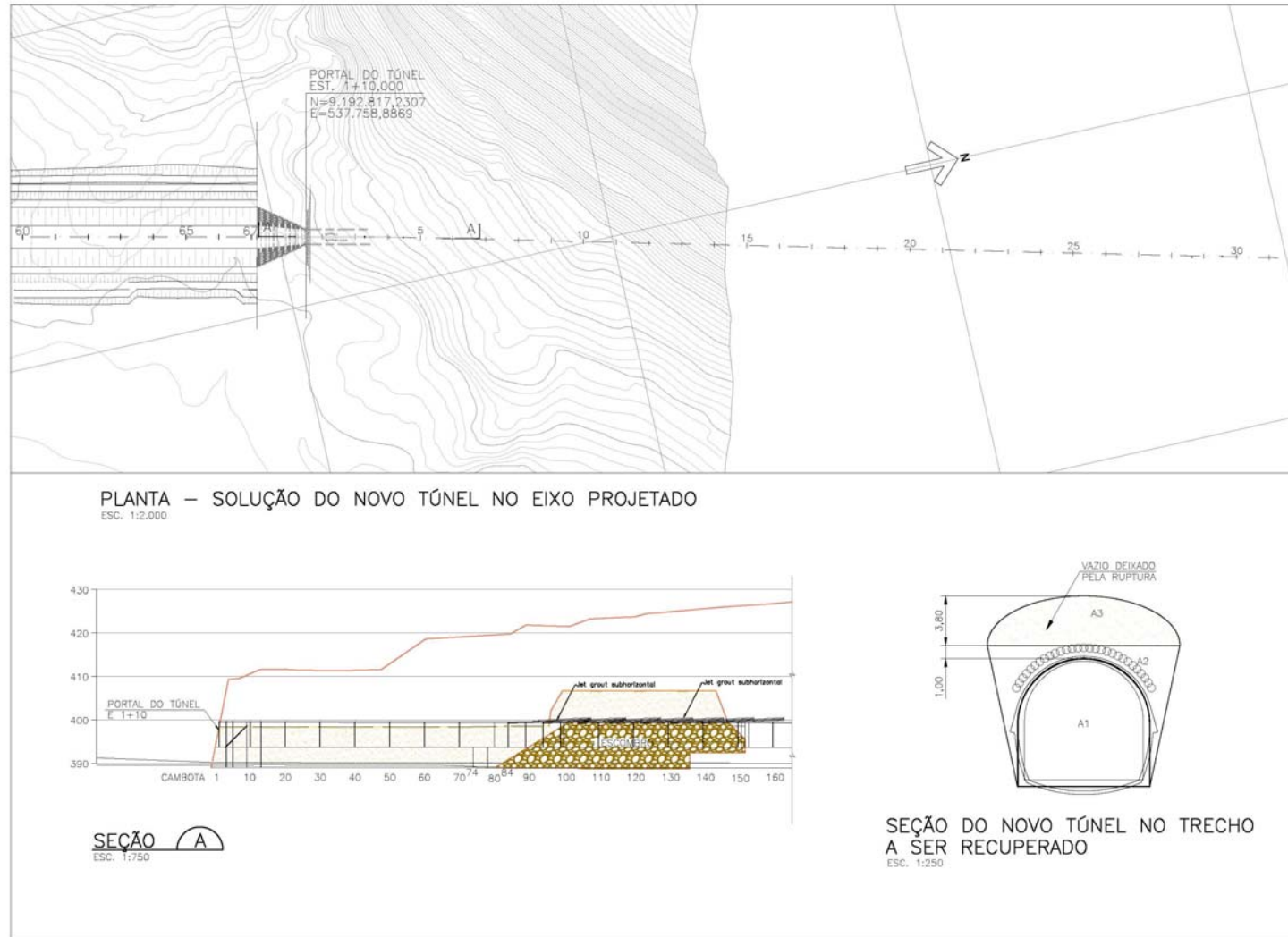
O método será o NATM, por ser adaptável às geometrias necessárias.

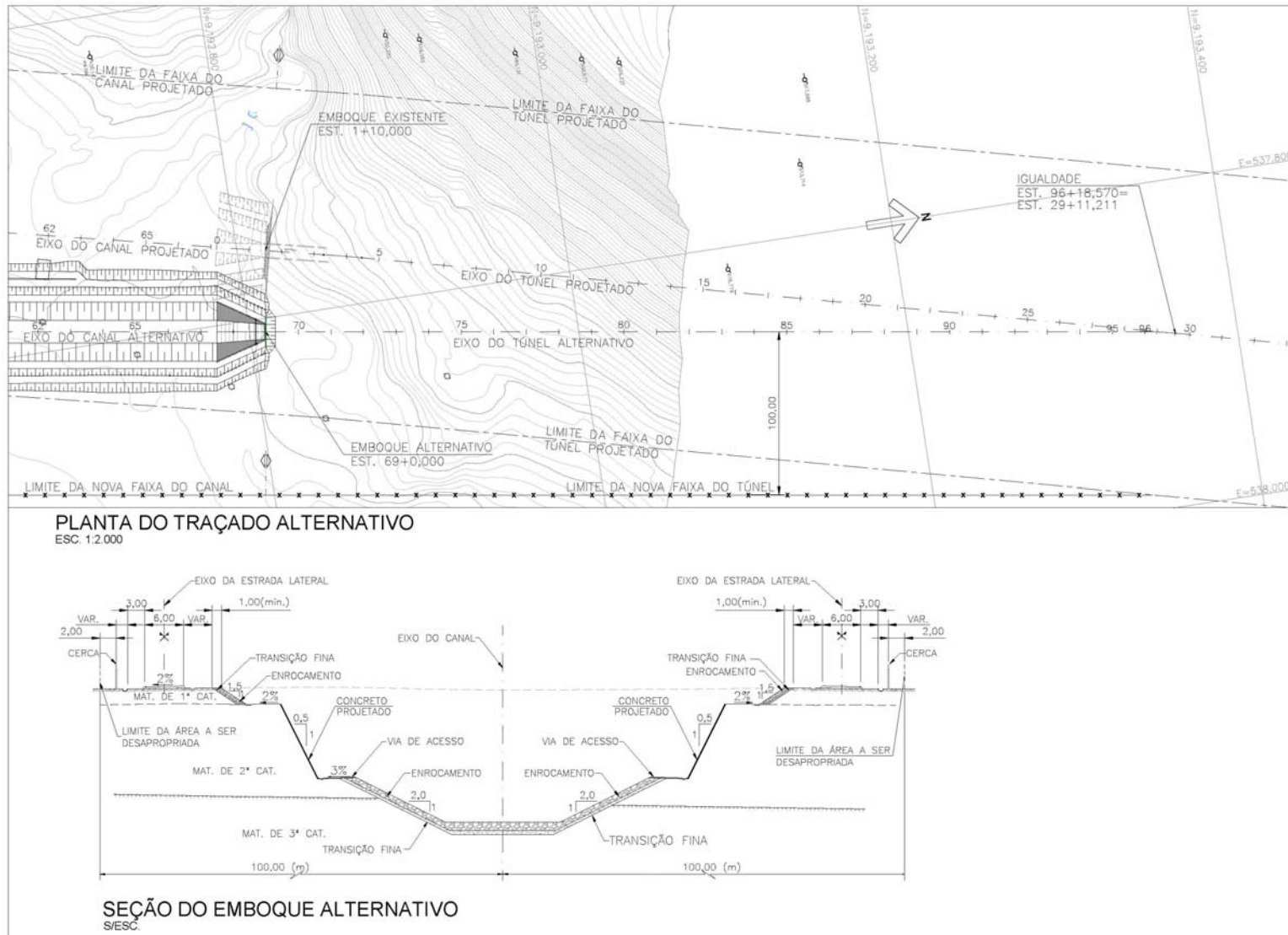
Os lay-outs apresentados a seguir mostram as principais características das duas soluções aventadas. Apresenta a seção do novo túnel, que busca envolver o túnel rompido em seu trecho remanescente e substituí-lo no trecho rompido com escombros.

As Tabelas 5.1 a 5.4 apresentam os custos estimados para um novo túnel e para a recuperação do túnel rompido, referente a itens de custo que as diferenciam, ou seja não se computou itens de custo comuns às duas soluções.

No caso de um novo túnel, pode-se preencher o túnel rompido com areia, enquanto que no caso de se recuperar o túnel rompido será preciso preenchê-lo com coulis, para permitir um trabalho seguro durante as escavações.

Para a composição de custos foram usados os preços unitários existentes no contrato vigente da empreiteira das obras do túnel, onde existentes, complementados por preços de mercado. Estes foram adequados à situação especial do local e da condição das obras.







ADOÇÃO DE NOVO EIXO E EXECUÇÃO DO TÚNEL

Tabela 5.1 – Custos do enchimento do túnel rompido com areia.

Enchimento com areia	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Volume de areia de enchimento	m ³	7.505	20,00	150.100,00
Momento de transporte de areia	m ³ xkm	37.523	0,62	23.264,26
Enrocamento de contenção na boca do túnel	m ³	1.416	15,00	21.240,00
Transição de brita 1 sobre o enrocamento	m ³	83,5	20,00	1.670,00
Dique de retenção de água - aterro compactado	m ³	1.500	10,00	15.000,00
Perfuração e instalação de tubos PVC Ø 0,20 m	m	151,6	50,00	7.580,00
Operação de injeção	un	1	100.000,00	100.000,00
Total Geral (R\$)				318.854,26

Tabela 5.2 – Custos para a construção de um novo túnel até 120 m do emboque.

Escavação de novo túnel	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Escavação subterrânea em saprolito	m ³	10.595	132,03	1.398.857,85
Revestimento primário - Concreto projetado	m ³	937	600,23	562.415,51
Cambotas - Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	3.595	3,98	14.308,10
Tela Q196 e Q636	kg	61.885	3,98	246.302,30
Concreto fck 25 MPa do revestimento secundário	m ³	792	268,88	212.952,96
Total Geral (R\$)				2.434.836,72

Nota: as células indicadas em amarelo tiveram seus valores estimados, tendo em vista que os mesmos não se encontram na planilha contratual.

CUSTO TOTAL DESTA ALTERNATIVA = R\$ 2.753.690,98



RECUPERAÇÃO DO TÚNEL ROMPIDO

Tabela 5.3 – Custos do enchimento do túnel rompido com coulis.

Enchimento com coulis	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Volume de coulis de enchimento	m ³	7.505	400,00	3.002.000,00
Dique de retenção do coulis - aterro compactado	m ³	1.499	10,00	14.990,00
Perfuração e instalação de tubos PVC Ø 0,20 m	m	151,6	50,00	7.580,00
Operação de injeção	un	1	100.000,00	100.000,00
Total Geral (R\$)				3.124.570,00

Tabela 5.4 – Custos para a recuperação do túnel rompido até 120 m do emboque (remanescente com revestimento 75 m e rompido 45m).

Recuperação do túnel rompido	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
			Unitário	Total
Escavação subterrânea em coulis ou saprolito	m ³	11.268	132,03	1.487.714,04
Revestimento primário - Concreto projetado fck 25 MPa	m ³	1.081	600,23	648.848,63
Cambotas - Armadura em barras de aço CA50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	31.211	3,98	124.219,78
Armadura em barras de aço CA 50A (fornecimento, corte, dobra e montagem)	kg	49.500	3,98	197.010,00
Concreto fck 25 MPa do revestimento secundário	m ³	970	268,88	260.813,60
Tela Q296	kg	12.372	3,98	49.240,56
Perfuração de jet grouting horizontal f 0,10m sem injeção	m	1.666	100,00	166.600,00
Injeção de jet grouting horizontal f 0,60m	m	2.856	250,00	714.000,00
Total Geral (R\$)				3.648.446,61

Nota: as células indicadas em amarelo tiveram seus valores estimados, tendo em vista que os mesmos não se encontram na planilha contratual.

CUSTO TOTAL DESTA ALTERNATIVA = R\$ 6.773.016,61



6. CONCLUSÕES



6. CONCLUSÕES

Das análises efetuadas conclui-se pela possibilidade da adoção de duas soluções: preenchimento do túnel existente e execução de novo túnel externamente ao existente; relocação do eixo do túnel e execuções de um novo túnel.

O preenchimento do túnel é essencial para qualquer alternativa, para se evitar acidente causado por eventual continuação de seu desmoronamento. Portanto, essa ação deve ser implementada tão cedo quanto possível.

A escolha de como retomar o Túnel Cuncas I dependerá de ponderações por parte do MI, pois:

- a) a execução do túnel sobre o existente é uma solução mais cara do que a de um novo túnel, mesmo se levando em conta preços não contratuais;
- b) a execução de um novo túnel é de menor custo mas demandará desapropriação de adicional na faixa do canal/túnel e nova solicitação de Autorização de Supressão da Vegetação;
- c) a execução do túnel sobre o existente requer projeto de menor prazo, e consequentemente de menor preço, pois este será a partir do portal atual;
- d) para um novo túnel serão necessárias nova topografia (para o novo eixo do canal e túnel) e novas sondagens (nos locais mencionados)

Levando em conta os aspectos apontados, a decisão sobre a solução a ser adotada é de alçada do MI. Este deverá definir a alternativa a ser adotada, no menor prazo possível.



7. RELATÓRIO DE ATIVIDADES



7. RELATÓRIO DE ATIVIDADES

Por: Roberto França - Coordenador

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Item	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	QUANTIDADE DE HORAS (h)
1	Acompanhamento, Supervisão e análise dos estudos	Esc sede	40
	TOTAL		40

Por: Claudio Casarin - Consultor

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Item	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	QUANTIDADE DE HORAS (h)
1	Definição e análise das soluções	Esc sede	152
	TOTAL		152

Por: Augusto Matsushita – P1

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Item	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	QUANTIDADE DE HORAS (h)
1	Definição e análise das soluções	Esc sede	60
	TOTAL		60

Por: Elzio Mistrelo – P1

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Item	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	QUANTIDADE DE HORAS (h)
1	Definição e análise das soluções	Esc sede	152
	TOTAL		152

Por: Roberto Vogel (T1)

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Item	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	QUANTIDADE DE HORAS (h)
1	Definição e análise das soluções	Esc sede	168
	TOTAL		168



Por: Fausto Batista C. F^o (T2)

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Item	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	QUANTIDADE DE HORAS (h)
1	Definição e análise das soluções	Esc sede	128
	TOTAL		128

RESUMO

TÉCNICO	FUNÇÃO	QUANTIDADE DE HORAS (h)
Roberto França	Coord.	40
Claudio Casarin	Cons.	152
Augusto Matsushita	P1	60
Elzio Mistrelo	P1	152
Roberto Vogel	T1	168
Fausto Batista C. F ^o	T2	136

RESUMO

FUNÇÃO	QUANTIDADE DE HORAS (h)
Coord.	40
Cons.	152
P1	212
T1	168
T2	136



Por: ROBERTO FRANÇA - COORDENADOR

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Dia	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	HORAS (h)
1	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	4
2			
3	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	4
4			
5			
6			
7	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	4
8			
9			
10	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	4
11			
12			
13			
14			
15			
16	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	4
17			
18	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	4
19			
20			
21			
22			
23	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	4
24			
25	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	4
26			
27			
28	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	4
29			
30	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	4
	TOTAL		40



Por: CLAUDIO CASARIN - CONSULTOR

Período: de 01/11/2011 a 31/05/2011

Dia	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	HORAS (h)
1	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
2			
3	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
4	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
5			
6			
7	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
8	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
9	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
10	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
11	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
12			
13			
14			
15			
16	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
17	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
18	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
19			
20			
21	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
22	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
23	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
24	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
25	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
28	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
29	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
30	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
	TOTAL		152



Por: AUGUSTO MATSUSHITA – P1

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Dia	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	HORAS (h)
1	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
2			
3			
4			
5			
6			
7	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
8			
9			
10	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
18			
19			
20			
21			
22			
23	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
24			
25	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
26			
27			
28	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
29			
30	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	4
	TOTAL		60



Por: ELZIO MISTRELO – P1

Período: de 01/11/2011 a 31/05/2011

Dia	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	HORAS (h)
1	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
2			
3	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
4	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
5			
6			
7	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
8	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
9	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
10	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
11	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
12			
13			
14			
15			
16	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
17	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
18	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
19			
20			
21	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
22	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
23	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
24	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
25	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
28	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
29	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
30	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
	TOTAL		152



Por: ROBERTO VOGEL (T1)

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Dia	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	HORAS (h)
1	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
2			
3	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
4	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
5			
6			
7	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
8	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
9	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
10	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
11	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
12			
13			
14	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
15	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
16	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
17	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
18	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
19			
20			
21	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
22	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
23	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
24	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
25	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
28	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
29	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
30	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
	TOTAL		168



Por: Fausto Batista C. Fº (T2)

Período: de 01/11/2011 a 30/11/2011

Dia	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	LOCAL	HORAS (h)
2			
3			
4	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
5			
6			
7	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
8	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
9	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
10	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
11	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
12			
13			
16	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
17	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
18	Definição das alternativas e Estudos Comparativos	Escritório sede	8
19			
20			
21	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
22	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
23	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
24	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
25	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
28	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
29	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
30	Projeto de enchimento e eixos	Escritório sede	8
	TOTAL		136