

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER

MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-445
km 0+000 ao Acesso à Lerroville

LOCAL: MAUÁ DA SERRA/PR À LERROVILLE/PR
TRECHO: km 0+000 AO km 26+800
FASE: PROJETO EXECUTIVO
EXTENSÃO: 26,800 km

VOLUME 3
MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
TOMO II



AGOSTO/2021

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER

MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-445
km 0+000 ao Acesso à Lerroville

LOCAL: **MAUÁ DA SERRA/PR À LERROVILLE/PR**

TRECHO: **km 0+000 AO km 26+800**

FASE: **PROJETO EXECUTIVO**

EXTENSÃO: **26,800 km**

VOLUME 3
MEMÓRIA JUSTIFICATIVA
TOMO II

Revisão	Data	Descrição
00	29/01/2021	Emissão inicial
01	31/05/2021	Atendimento ao RAP A
02	12/08/2021	Alteração de Projeto no Acesso à Lerroville

SUMÁRIO

TOMO I

- 1 APRESENTAÇÃO
- 2 MAPA DE SITUAÇÃO
- 3 ESTUDOS REALIZADOS - PARTE I
 - 3.1 ESTUDO DE TRAÇADO
 - 3.2 ESTUDOS DE TRÁFEGO
 - 3.3 ESTUDOS GEOLÓGICOS
 - 3.4 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

TOMO II

- 3 ESTUDOS REALIZADOS – PARTE II.....3
 - 3.5 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS/GEODÉSICOS.....3
 - 3.6 ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO.....10
 - 3.7 ESTUDOS GEOTÉCNICOS27
 - 3.8 ESTUDO DE ESTABILIDADE DE TALUDES.....43
 - 3.9 AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO134
 - 3.10 ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS.....141
 - 3.11 CONCEPÇÃO PRELIMINAR DE OBRA DE ARTE ESPECIAL.....181

TOMO III

- 4 PROJETOS ELABORADOS – PARTE I
 - 4.1 PROJETO GEOMÉTRICO
 - 4.2 PROJETO DE INTERSEÇÕES, RETORNOS E BAIAS PARA PONTOS DE ÔNIBUS
 - 4.3 PROJETO DE TERRAPLENAGEM
 - 4.4 PROJETO DE DRENAGEM E OAC

TOMO IV

- 4 PROJETOS ELABORADOS – PARTE II
 - 4.5 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO
 - 4.6 PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO

TOMO V

- 4 PROJETOS ELABORADOS – PARTE III
 - 4.7 PROJETO DE SINALIZAÇÃO
 - 4.8 PROJETO DE PAISAGISMO E OBRAS COMPLEMENTARES
 - 4.9 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA
- 5 TERMO DE ENCERRAMENTO

ANEXOS

- ANEXO 01 – CADASTRO DE BUEIROS EXISTENTES
- ANEXO 02 – TOPOGRAFIA
- ANEXO 03 – AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE
- ANEXO 04 – RETÍGRAFICOS DE PAVIMENTO NOVO E RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO
- ANEXO 05 – IRAP

3 ESTUDOS REALIZADOS – PARTE II

3.5 ESTUDOS TOPOGRÁFICOS/GEODÉSICOS

Para execução dos trabalhos de estudos topográficos foram utilizados insumos oriundos da Base Cartográfica, obtida por meio de levantamento aerofotogramétrico e perfilamento laser (LIDAR - *Light Detection and Ranging*), que possibilitaram a fotointerpretação e restituição na escala 1:2000 dos elementos de interesse descritos no anexo 3 do documento Especificações para Apresentação dos Projetos Viários (cap. 9.3.4), complementados por levantamento topográfico convencional, com a realização da implantação dos marcos da rede geodésica, levantamento planimétrico cadastral complementar e levantamento batimétrico.

O sistema de referência geodésico utilizado na definição da Base Cartográfica, na implantação da poligonal topográfica e dos marcos da rede de referência é o SIRGAS2000, projeção UTM fuso 22. O levantamento topográfico seguiu as definições das normas NBR13.133 e NBR14.166.

3.5.1 Curvas de nível

Os dados do perfilamento laser foram utilizados para a elaboração o modelo digital do terreno (MDT) que por sua vez permitiram a geração das curvas de nível. O MDT é obtido inicialmente a partir da classificação automática na nuvem de pontos laser, a qual através de uma rotina específica distingue o que é terreno das outras informações de superfície. Posteriormente à classificação automática é realizado um refinamento manual dos pontos classificados como terreno para corrigir eventuais falhas na classificação automática. O resultado do refinamento dos pontos fornece o acurado modelo digital do terreno e a partir desse MDT, foram geradas as curvas de nível com espaçamento de metro em metro.

3.5.2 Restituição estereofotogramétrica

As imagens obtidas no aerolevanteamento receberam tratamento matemático de ortorretificação, gerando as ortofotos que consistem em uma representação fotográfica aérea da superfície terrestre na região do projeto, no qual todos os elementos

apresentam a mesma escala, livre de erros e deformações, permitindo assim a obtenção de medidas precisas e servido de referência para o processo de restituição fotogramétrica.

A restituição estereofotogramétrica compreende um conjunto de técnicas e recursos que permite a visualização tridimensional do terreno e de elementos nele contidos, bem como a sua representação na forma de linhas, símbolos e textos, em um arquivo gráfico digital CAD. Os elementos restituídos estão definidos na tabela de layers disponível no anexo A1 do documento Especificações para Apresentação dos Projetos Viários.

3.5.3 Marcos topográficos e poligonal de apoio

Para o apoio as atividades e estudos de campo que necessitem de um referencial topográfico, foi implantada poligonal de apoio, cujo fechamento foi realizado utilizando-se vértices da Rede Geodésica de Primeira Ordem do IBGE (Vértices SAT), seguindo os normas vigentes.

Para cada marco implantado, foi gerada uma monografia com a identificação, localização, fotos, coordenadas do ponto e demais informações de interesse. Estas monografias estão apresentadas no Anexo deste relatório.

Ao longo de toda extensão da área do projeto, foram implantados 30 marcos, sendo 16 no Subtrecho 01 e 14 no Subtrecho 02. A quantidade de marcos e suas localizações foram definidas de acordo com o Termo de Referência.

Os vértices foram monumentalizados através de marcos de concreto no formato tronco-piramidal, com as seguintes dimensões: base quadrangular de 12 cm, topo quadrangular de 8 cm, e altura de 60 cm.

No topo de cada um dos marcos foi implantada uma chapa metálica contendo as informações necessárias à identificação do vértice em questão. As chapas metálicas foram confeccionadas com 6,5 cm de diâmetro, com um pino central de 4 cm de comprimento que garante uma melhor fixação na superfície de implantação.



Figura 1 - Chapa de Identificação

Para a determinação das coordenadas dos marcos foram utilizados receptores GNSS multi-frequência da marca CHC, modelo i80. Os receptores GNSS multi-frequência permitem a observação de todas os sinais emitidos pelas constelações de satélites disponíveis (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU).

Os rastreios foram realizados com tempo mínimo de 20 minutos para cada ponto, com taxa de gravação de 1 segundo e máscara de elevação de 15 graus, o que permite eliminar observações inconsistentes.

Para complementar a base cartográfica foram realizados levantamentos topográficos a fim de coletar outras informações relevantes ao projeto. Os vértices implantados serviram como base para os levantamentos planialtimétricos.

A poligonal possui o seguinte caminhamento:

Tabela 1 - Caminhamento das poligonais

POLIGONAL	SAÍDA	CAMINHAMENTO	CHEGADA
1	SAT 93961	VT01 a VT30	SAT91647

3.5.4 Fechamento

Com a poligonal levantada em campo, foi feito o cálculo do erro de fechamento da mesma, para efetuar a distribuição dos erros através do ajustamento das observações. O processamento e ajustamento da Poligonal foram realizados no Datum SIRGAS2000, utilizando o software GNSS Solutions. A projeção cartográfica utilizada foi a Universal Transversa de Mercator (UTM). A tabela a seguir apresenta o resumo do fechamento obtido:

Tabela 2 - Erro de fechamento da poligonal

RESULTADO DO FECHAMENTO DAS POLIGONAIS							
Rede de Referência							
Vértice de Saída	Vértices Intermediários	Vértice de chegada	Comprimento da Poligonal (m)	Erro Planimétrico Cometido (m)	Erro Altimétrico o Cometido (m)	Erro Total Cometido (m)	Precisão Relativa
SAT 93961	VT01 a VT30	SAT 91647	85.223,597	0,015	0,077	0,079	1/1.078.780

Após o cálculo do erro de fechamento, as coordenadas dos vértices intermediários foram determinadas distribuindo-se o erro através dos pontos. As monografias dos vértices de Saída e Chegada estão no Anexo deste relatório. O relatório de processamento GNSS da poligonal está em Anexo.

A seguir são apresentadas as coordenadas e altitudes dos pontos da poligonal, no Sistema de Projeção UTM:

Tabela 3 - Coordenadas e altitudes ortométricas dos vértices da Poligonal

Vértices	N	E	Alt. Ortométrica (m)
VT01	7.356.007,789	480.433,040	1097,0548
VT02	7.356.460,426	480.624,205	1061,7704
VT03	7.357.941,979	481.256,393	1001,7818
VT04	7.359.233,627	482.505,500	1003,5784
VT05	7.361.358,532	483.104,281	981,7133
VT06	7.363.066,944	483.374,116	902,9247
VT07	7.364.806,106	483.084,399	880,0795
VT08	7.366.339,978	483.292,586	885,0926
VT09	7.368.163,721	483.031,902	786,3108
VT10	7.368.883,911	483.917,632	735,6524
VT11	7.370.386,962	484.311,501	743,8269
VT12	7.371.978,465	485.559,714	729,8165
VT13	7.373.435,804	486.495,897	729,8999
VT14	7.374.991,796	487.041,736	769,6063
VT15	7.376.677,832	487.487,233	739,7661
VT16	7.378.384,757	487.692,884	785,2288
VT17	7.380.145,529	487.259,388	739,3943
VT18	7.381.531,915	487.776,400	675,9326

Vértices	N	E	Alt. Ortométrica (m)
VT19	7.383.164,949	488.258,956	682,2733
VT20	7.384.580,883	489.002,874	648,4085
VT21	7.386.063,196	489.398,754	562,0703
VT22	7.387.698,344	488.820,423	529,9528
VT23	7.389.577,567	488.486,798	518,7709
VT24	7.391.253,793	488.078,156	495,6875
VT25	7.393.059,503	488.022,805	493,5926
VT26	7.395.040,180	487.814,957	492,2153
VT27	7.396.656,701	487.119,318	520,5864
VT28	7.397.727,886	485.656,783	598,6854
VT29	7.398.897,849	485.867,305	626,9584
VT30	7.399.113,938	485.894,546	613,7799

3.5.5 Nivelamento Geométrico

O nivelamento geométrico foi realizado para obter com precisão as altitudes ortométricas dos marcos topográficos, a partir de Referência de Nível (RN) do IBGE. Foi utilizado o método das visadas iguais, que consiste em realizar leituras em miras equidistantes do nível topográfico. realizar leituras em miras graduadas para calcular desnível entre pontos ao longo da rodovia. Foram efetuadas visadas equidistantes para minimizar o erro de curvatura da Terra. Evitou-se a leitura a menos de 0,50 m do solo, principalmente nas horas de maior insolação, a fim de eliminar os efeitos da reverberação. Foram utilizados 1 nível digital da marca Geodetic, modelo DL-202, e 1 nível marca Leica, modelo Sprinter 250M. A fim de garantir a verticalidade das miras e para manutenção do seu posicionamento durante os procedimentos de leitura e mudança de estação foram efetuados controle e ajuste dos níveis esféricos, bem como utilizadas sapatas de apoio.

Para o processamento das linhas de nivelamento geométrico foi utilizado o programa de ajustamento de redes de nivelamento. No cálculo e ajustamento das linhas de nivelamento foram aplicadas injunções de altitude nas referências de nível da rede altimétrica do IBGE. A tolerância para o erro de fechamento nas linhas de nivelamento foi de no máximo $20 \text{ mm} \times \sqrt{k}$, onde “k” é o comprimento do circuito expresso em quilômetros. Para o processamento dos dados de nivelamento foi utilizado o software “REDENIV” desenvolvido para ajustamento de linhas de nivelamento. A monografia da RN utilizada coo saída e chegada para o nivelamento está contida no Anexo.

A tabela a seguir apresenta o erro de fechamento da linha de nivelamento:

Tabela 4 - Erro de fechamento do nivelamento

RESULTADO DO FECHAMENTO DAS POLIGONAIS							
Rede de Referência							
RN de Saída	Vértices Intermediários	RN de Chegada	Comprimento Médio da linha (km)	Altitude Ortométrica da RN de chegada (m)	Altitude Ortométrica Calculada (m)	Diferença (mm)	Tolerância (20 mm x \sqrt{k})
RN 2941P	VT01 a VT30	RN 2941P	56.807,77	1021,0102	1021,143	132,8	150,7

3.5.6 Levantamento Planialtimétrico Cadastral

O levantamento topográfico cadastral teve por objetivo complementar informações que não por algum motivo não puderam ser identificadas pelo processo de restituição estereofotogramétrica. O levantamento foi realizado com equipamento do tipo Estação Total e GPS. Ao longo dos pontos da poligonal foram irradiados os pontos relevantes do levantamento cadastral, incluindo os pontos de obras de arte correntes, interferências localizadas, planos cotados e linhas batimétricas nos locais de ponte, bueiros, etc.

Os bueiros de greide e grotas e canaletas foram cuidadosamente cadastrados com o levantamento de atributos (estado de conservação, tipo, fotografias) e com o levantamento topográfico, conforme necessidade, das cotas de fundo, formatos e dimensões. Para uma melhor análise dos estudos hidrológicos, além da representação gráfica dos bueiros, foram geradas fichas cadastrais conforme apresentado no Anexo deste relatório.

3.5.7 Topobatimetria

Para atendimento das especificações técnicas do levantamento topobatimétrico, foram previstos levantamentos topobatimétricos em 2 rios dentro do Subtrecho 1, sendo um no Rio Apucarantina (km 14,75) e outro no Rio Santa Cruz (km 19,94). Os levantamentos foram executados conforme as seguintes especificações:

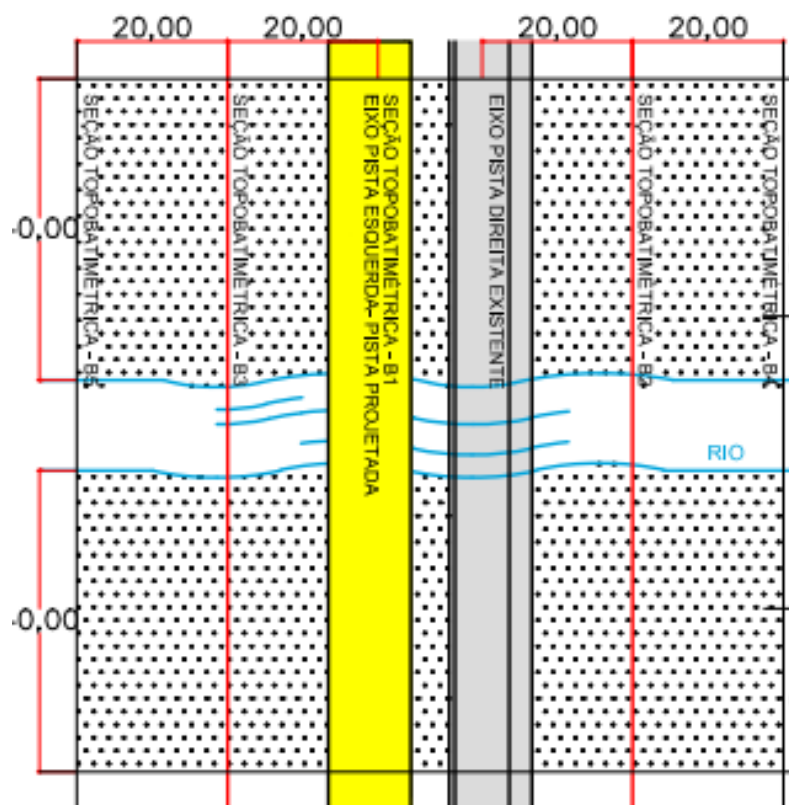


Figura 2 - Topobatimetria

3.6 ESTUDOS DE SEGURANÇA DE TRÂNSITO

3.6.1 Diagnóstico da Situação Existente

A análise da geometria do traçado existente apontou 05 curvas e um trecho em variante com necessidade de retificação para atender a velocidade diretriz de 80 km/h, velocidade para pista duplicada garantindo assim uma maior segurança dos usuários.

Relação dos kms para adequações geométricas:

- correções de curva - km 11,0; km 18,3; km 20,8; km 24,4 e km 24,8;
- 1 variante - km 21,6 ao km 22,2;

Foi observado o histórico de acidentes dos últimos cinco anos, com base nos registros do banco de dados do DER-PR (2015-2019).

No Subtrecho 01, foram registrados 154 acidentes com 102 feridos, desses 20 são vítimas fatais.

A tabela a seguir mostra essa relação:

Tabela 5 – Quantidade de acidentes (2015 a 2019)

Ano	Quantidade de acidentes	Feridos	Óbitos
2015	37	29	10
2016	31	21	1
2017	36	10	2
2018	20	18	2
2019	30	24	5
TOTAL:	154	102	20

Segue abaixo os tipos de acidente identificados no trecho:

- capotamento;
- tombamento;
- colisão frontal;
- colisão traseira;
- colisão longitudinal;

- choque com elementos de pista;
- choque com árvore;
- acidente com ciclista;
- derramamento de carga;
- choque com barranco;
- choque com veículo parado;
- abalroamento transversal;
- queda moto;
- engavetamento;
- atropelamento de pedestre.

As tabelas a seguir, mostram a quantidade de vítimas envolvidas e os tipos de acidentes com sua data e a localização.

- Ano 2015

Data	Km	Perfil	Tipos	Mortes	Feridos
10/06/2015	0,6	DEPRESSÃO	CHOQUE COM ÁRVORE	1	4
06/10/2015	2,75	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	2
18/03/2015	4,52	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
06/03/2015	6,3	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
23/08/2015	7,2	RAMPA	ACIDENTE COM CICLISTA	0	2
26/02/2015	8,62	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	1
01/06/2015	9,6	RAMPA	COLISÃO TRANSVERSAL	0	2
01/07/2015	10,8	NÍVEL	TOMBAMENTO	0	0
03/05/2015	10,2	RAMPA	OUTROS	0	1
19/07/2015	10,7	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	0
15/03/2015	10,8	NÍVEL	DESLIZAMENTO	0	2
04/06/2015	11,6	RAMPA	COLISÃO FRONTAL	0	2
08/11/2015	12,2	DEPRESSÃO	COLISÃO TRANSVERSAL	5	2
10/09/2015	12,6	RAMPA	INCÊNDIO	0	0
16/06/2015	12,2	RAMPA	DESLIZAMENTO	0	0
02/05/2015	13,25	RAMPA	CHOQUE COM ÁRVORE	0	0
14/01/2015	17,4	NÍVEL	CAPOTAMENTO	0	0
19/04/2015	18,4	NÍVEL	CAPOTAMENTO	0	1
26/07/2015	18,05	NÍVEL	OUTROS	0	0
10/10/2015	19,7	NÍVEL	COLISÃO FRONTAL	0	0

Data	Km	Perfil	Tipos	Mortes	Feridos
16/10/2015	20,6	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
12/08/2015	20	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
03/07/2015	21,6	DEPRESSÃO	TOMBAMENTO	1	0
27/10/2015	22	RAMPA	TOMBAMENTO	1	0
28/12/2015	22,6	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
12/12/2015	22,1	DEPRESSÃO	TOMBAMENTO	0	0
03/02/2015	23,6	RAMPA	TOMBAMENTO	1	0
05/02/2015	24,1	RAMPA	TOMBAMENTO	0	1
05/03/2015	24,4	RAMPA	TOMBAMENTO	0	3
07/02/2015	24	NÍVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	2
07/07/2015	24,1	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	2
11/04/2015	24,2	DEPRESSÃO	TOMBAMENTO	0	0
24/06/2015	24,4	RAMPA	CAPOTAMENTO	1	0
14/09/2015	24,7	RAMPA	CHOQUE COM ELEM. DE PISTA	0	1
24/12/2015	25,3	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
25/11/2015	25,25	RAMPA	COLISÃO TRANSVERSAL	0	1
05/08/2015	26,5	NÍVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0

• Ano 2016

Data	Km	Perfil	Tipos	Mortes	Feridos
01/12/2016	5,7	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
08/09/2016	6,9	DEPRESSÃO	COLISÃO FRONTAL	1	1
07/06/2016	8	DEPRESSÃO	CAPOTAMENTO	0	1
27/02/2016	8,8	RAMPA	DERRAMAMENTO DE CARGA	0	0
27/11/2016	8,2	NÍVEL	TOMBAMENTO	0	1
02/11/2016	9,3	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	2
08/06/2016	9,28	NÍVEL	OUTROS	0	0
15/07/2016	10,2	RAMPA	OUTROS	0	0
28/03/2016	10,8	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
02/05/2016	11	NÍVEL	COLISÃO TRASEIRA	0	0
16/05/2016	12,35	RAMPA	COLISÃO FRONTAL	0	1
07/02/2016	13,7	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	1
09/05/2016	13,8	DEPRESSÃO	CAPOTAMENTO	0	3
03/01/2016	14,6	NÍVEL	TOMBAMENTO	0	1
18/05/2016	15,8	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
03/08/2016	20,7	DEPRESSÃO	CAPOTAMENTO	0	1
04/06/2016	20,7	RAMPA	DESLIZAMENTO	0	0
23/04/2016	20,4	DEPRESSÃO	CAPOTAMENTO	0	0
30/08/2016	20,2	DEPRESSÃO	TOMBAMENTO	0	0
05/06/2016	21,1	DEPRESSÃO	CHOQUE COM BARRANCO	0	0
29/09/2016	21,41	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0

Data	Km	Perfil	Tipos	Mortes	Feridos
06/11/2016	23,11	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	1
02/02/2016	24,4	DEPRESSÃO	TOMBAMENTO	0	1
02/07/2016	24,21	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
02/10/2016	24,35	RAMPA	TOMBAMENTO	0	1
11/03/2016	24,73	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
11/03/2016	24,7	RAMPA	CHOQUE COM VEÍCULO PARADO	0	0
22/09/2016	24,5	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	4
29/08/2016	24,3	DEPRESSÃO	CAPOTAMENTO	0	0
01/01/2016	25,2	DEPRESSÃO	COLISÃO TRANSVERSAL	0	2
22/12/2016	26,5	NÍVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	0

• Ano 2017

Data	Km	Perfil	Tipos	Mortes	Feridos
08/01/2017	2,85	NÍVEL	CAPOTAMENTO	0	1
12/04/2017	2,3	RAMPA	CHOQUE COM ÁRVORE	0	0
30/12/2017	2,1	RAMPA	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
03/08/2017	5,21	RAMPA	CAPOTAMENTO	0	0
13/11/2017	6,83	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
06/06/2017	8,3	RAMPA	DESLIZAMENTO	1	0
05/02/2017	9,8	NÍVEL	TOMBAMENTO	0	1
29/12/2017	9,65	DEPRESSÃO	CAPOTAMENTO	0	1
14/05/2017	12,7	DEPRESSÃO	TOMBAMENTO	0	0
08/10/2017	14	NÍVEL	OUTROS	0	0
24/10/2017	14,1	NÍVEL	TOMBAMENTO	0	0
26/02/2017	17,7	NÍVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
30/03/2017	18,1	DEPRESSÃO	ATROPELAMENTO DE ANIMAL	0	0
28/08/2017	19	NÍVEL	ATROPELAMENTO DE ANIMAL	0	0
08/06/2017	20,8	DEPRESSÃO	DERRAMAMENTO DE CARGA	0	0
14/04/2017	20,3	NÍVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
05/02/2017	21,2	RAMPA	TOMBAMENTO	0	1
02/04/2017	24,21	RAMPA	COLISÃO TRASEIRA	0	0
09/02/2017	24,45	RAMPA	TOMBAMENTO	0	1
12/09/2017	24	RAMPA	COLISÃO FRONTAL	0	0
28/07/2017	24,5	DEPRESSÃO	CHOQUE COM ÁRVORE	0	3
30/06/2017	24,5	RAMPA	DESLIZAMENTO	0	1
13/06/2017	25,4	RAMPA	TOMBAMENTO	0	0
09/12/2017	26,7	NÍVEL	ATROPELAMENTO DE PEDESTRE	1	0
10/02/2017	26,3	NÍVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	0
19/06/2017	26,3	NÍVEL	COLISÃO TRANSVERSAL	0	0

Data	Km	Perfil	Tipos	Mortes	Feridos
04/11/2017	26,53	NÍVEL	OUTROS	0	0
05/06/2017	26	NÍVEL	COLISÃO LONGITUDINAL	0	1

- Ano 2018

Data	Km	Tipos	Mortes	Feridos
05/02/2018	0,2	COLISÃO TRANSVERSAL	0	5
14/05/2018	6,63	COLISÃO FRONTAL	0	4
30/01/2018	6	CAPOTAMENTO	0	1
18/02/2018	16,8	COLISÃO FRONTAL	2	3
21/03/2018	17,2	DERRAMAMENTO DE CARGA	0	0
02/05/2018	22,6	TOMBAMENTO	0	0
22/04/2018	24,5	COLISÃO TRANSVERSAL	0	0
17/02/2018	26,2	COLISÃO FRONTAL	0	1
05/10/2018	1	TOMBAMENTO	0	0
04/07/2018	2	CHOQUE	0	0
05/10/2018	2	TOMBAMENTO	0	0
09/08/2018	4	TOMBAMENTO	0	0
18/06/2018	5	COLISAO TRASEIRA	0	1
06/11/2018	5	TOMBAMENTO	0	0
13/08/2018	9	COLISAO TRASEIRA	0	0
03/10/2018	9	ABALROAMENTO LATERAL	0	0
29/08/2018	14	COLISAO TRASEIRA	0	0
03/08/2018	21	CHOQUE	0	0
01/07/2018	22	ABALROAMENTO LATERAL	0	0
02/10/2018	22	ABALROAMENTO LATERAL	0	1
13/06/2018	24	TOMBAMENTO	0	0
16/07/2018	24	TOMBAMENTO	0	0
16/08/2018	24	CAPOTAMENTO	0	0
03/09/2018	24	TOMBAMENTO	0	0
12/09/2018	24	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	0
07/08/2018	26	COLISAO TRASEIRA	0	0
20/08/2018	26	QUEDA MOTO	0	1
01/11/2018	26	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	1

- Ano 2019

Data	Km	Tipos	Mortes	Feridos
19/04/2019	1	CHOQUE	0	0
10/04/2019	2	ABALROAMENTO LATERAL	0	0
01/08/2019	4	NAO INFORMADO	0	1
11/12/2019	5	TOMBAMENTO	0	0
05/12/2019	7	CHOQUE	0	0
09/06/2019	8	COLISAO TRASEIRA	1	0
04/02/2019	9	COLISAO FRONTAL	0	2
28/04/2019	9	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	2
01/09/2019	9	CHOQUE	0	1
21/09/2019	9	CAPOTAMENTO	0	0
08/02/2019	10	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	0
21/11/2019	10	QUEDA MOTO	0	1
10/11/2019	11	COLISAO FRONTAL	1	3
18/03/2019	12	NAO INFORMADO	0	0
02/10/2019	14	CAPOTAMENTO	0	1
06/01/2019	16	COLISAO FRONTAL	0	6
22/10/2019	16	QUEDA OBJETO	0	0
06/07/2019	18	TOMBAMENTO	0	1
09/01/2019	20	COLISAO FRONTAL	3	1
09/03/2019	21	COLISAO FRONTAL	0	2
17/03/2019	21	COLISAO TRASEIRA	0	0
27/03/2019	21	QUEDA OBJETO	0	0
13/03/2019	22	TOMBAMENTO	0	0
28/05/2019	24	COLISAO TRASEIRA	0	0
14/03/2019	25	ACIDENTE COMPLEXO	0	1
10/05/2019	25	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	1
28/07/2019	26	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	0
11/09/2019	26	QUEDA OBJETO	0	0
20/09/2019	26	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	1
23/10/2019	26	ABALROAMENTO TRANSVERSAL	0	0

3.6.2 Metodologia

Com a finalidade de avaliar as condições de operação da PR-445 do ponto de vista da segurança dos usuários, foram analisados, no segmento que compreende o Subtrecho 01, os dados de acidentes verificados entre os anos de 2015 e 2019, com base nos relatórios de acidentes disponibilizados pelo DER-PR.

Esse estudo também considera que ao analisarem-se acidentes viários dificilmente será possível a atribuição de sua ocorrência a uma única causa. A grande maioria dos fatores contribuintes para a ocorrência do acidente pode ser enquadrada nos seguintes componentes: componente humano, componente veicular, componente viário e componente ambiental. No componente humano destaca-se o uso de álcool, manobras de risco e excesso de velocidade. O componente veicular refere-se a fatores relacionados ao veículo, como condição dos freios e pneus. Quanto ao componente viário estão incluídas as condições da geometria da rodovia e condições adjacentes a ela. Finalmente, o componente ambiental considera as condições climáticas como chuva, neblina e luminosidade.

Ressalta-se que o maior responsável pelos acidentes é o componente humano, e que, no entanto, este não pode ser visto sem a associação dos outros componentes. Considerando os dados disponíveis, essa análise se restringirá aos componentes viários, contemplando, portanto, a detecção de problemas de segurança viária existentes na rodovia, com base na concentração de acidentes existente no segmento em estudo, tendo como objetivo avaliar e definir soluções para os problemas existentes identificados, assegurando que os projetos desenvolvidos incluam as medidas necessárias para a minimização dos riscos de ocorrência de acidentes no segmento.

3.6.3 Visão geral do trecho

O segmento localizado entre o km 0 e o acesso à Lerroville da rodovia PR-445 apresenta pista simples, com duas faixas de rolamento e acostamentos externos. O traçado altimétrico apresenta relevo ondulado com rampas variando entre 0,15% e 6,31%. Seu traçado horizontal é composto, em sua maior parte, por curvas adequadas para a velocidade de 80 km/h, com raios maiores de 230 metros, porém apresenta algumas curvas inadequadas para a velocidade de 80 km/h, enquadrando-se em velocidade de 60 km/h.

No km 25+500 localiza-se o entroncamento que dá acesso à Tamarana. Atualmente o dispositivo é em nível e apresenta a configuração de rótula vazada. No km 26+500 localiza-se o entroncamento que dá acesso à Lerroville, apresentando configuração similar à do acesso à Tamarana.

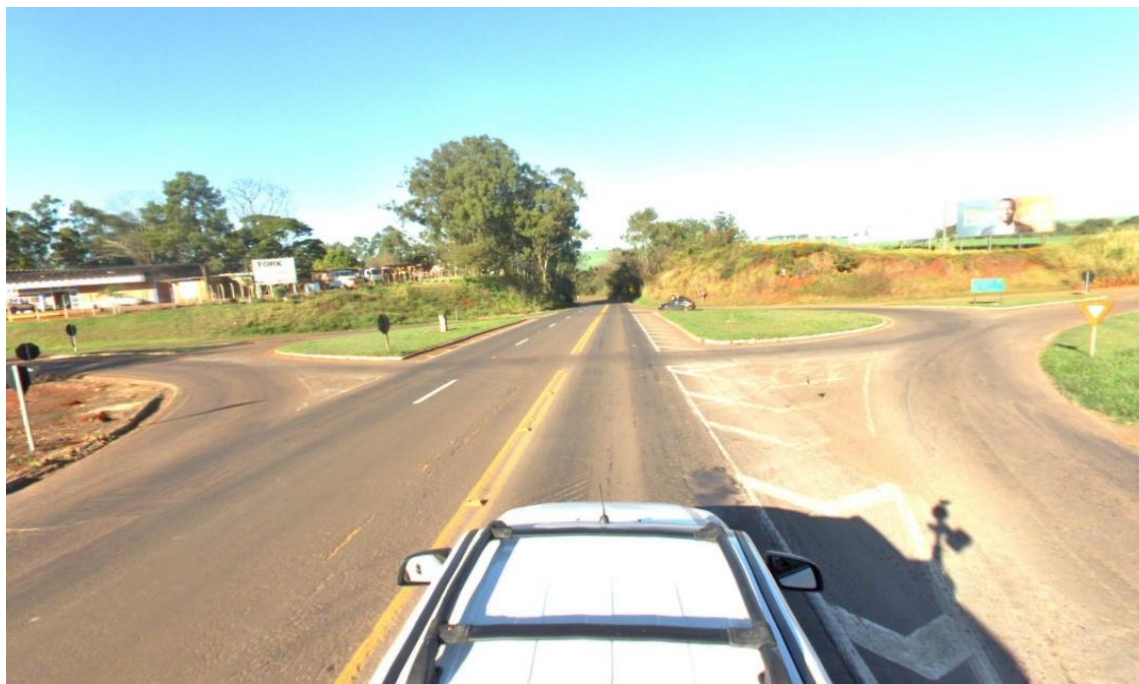


Figura 3 - Entroncamento com acesso à Tamarana

O segmento é caracterizado por uma grande quantidade de acessos, com aproximadamente 61 acessos, na sua maioria propriedades rurais lindeiras à rodovia.

Tendo como base os dados disponibilizados pelo DER-PR, que contém os acidentes ocorridos entre a data de 01/01/2015 e 30/12/2019, a PR-445 apresentou 150 acidentes no total, sendo que 13 deles apresentaram morte, 54 com feridos, e 83 sem vítimas.

Os tipos de acidente que mais ocorreram no período avaliado foram os tombamentos, representando cerca de um a cada quatro acidentes ocorridos, seguidos dos capotamentos, e colisões longitudinais e frontais, que representam cerca de 14%, 9% e 9% dos acidentes ocorridos, respectivamente. O gráfico apresentado a seguir demonstra a distribuição dos acidentes ocorridos no período segundo a tipologia.

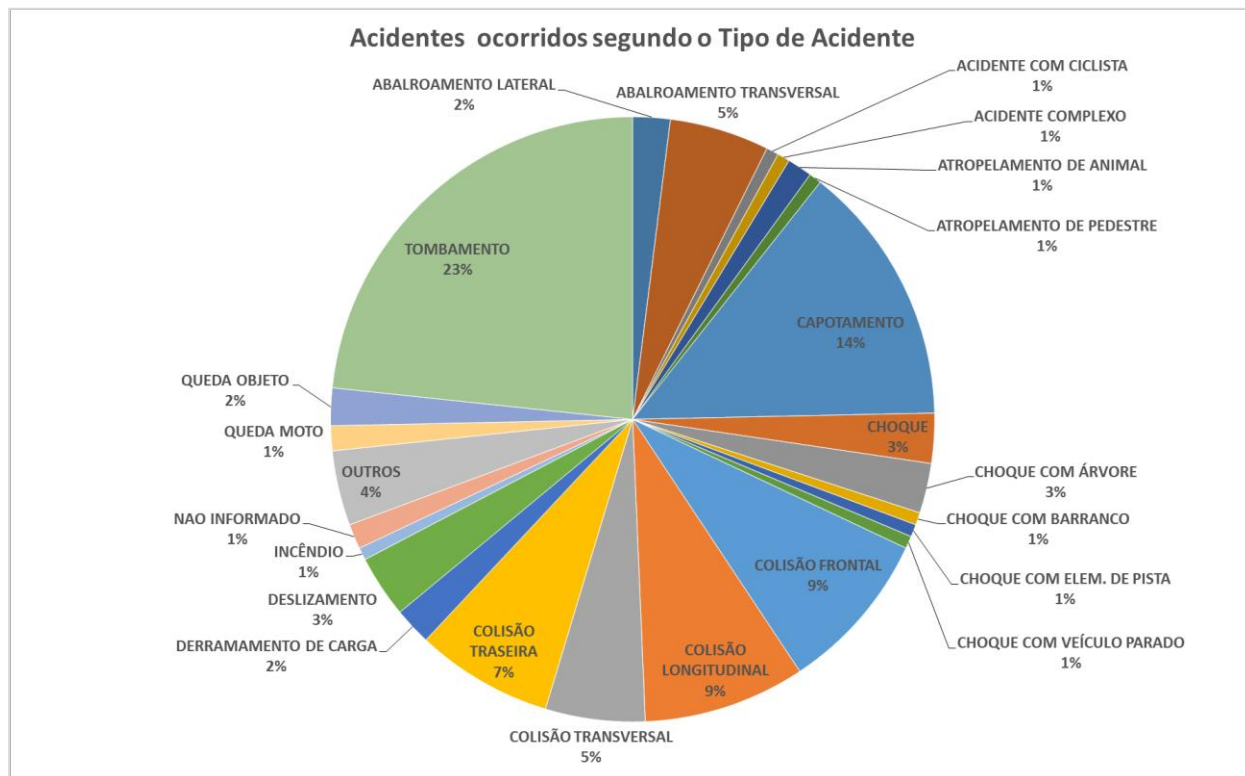


Figura 4 - Gráfico dos acidentes ocorridos segundo o tipo

O tipo do acidente será muito importante para a avaliação dos pontos críticos, pois servirão de base para a análise das causas mais prováveis dos acidentes ocorridos nesses locais.

O gráfico apresentado a seguir demonstra os acidentes de trânsito ocorridos segundo o quilômetro e o tipo de acidente.

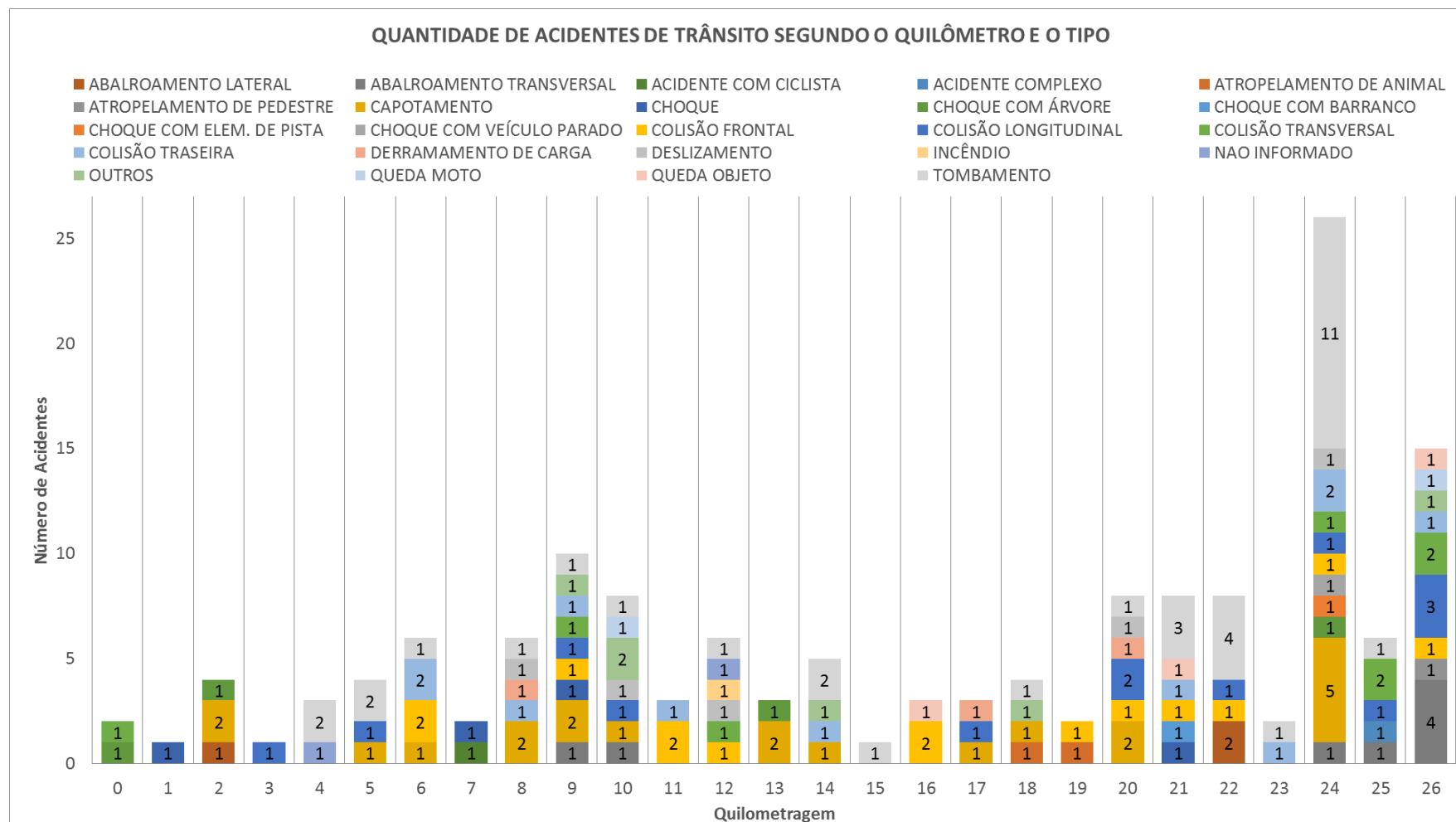


Figura 5 - Gráfico dos acidentes segundo o quilômetro e o tipo de acidente

A distribuição espacial dos acidentes pode ser visualizada no gráfico apresentado a seguir.

Com base na análise dos dados constata-se que as quilometragens que apresentam maior incidência de acidentes encontram-se nos quilômetros 24 e 26, que além de apresentarem maior número de acidentes no total, foram os que tiveram maior quantidade de acidentes com vítimas, conforme apresentado no gráfico.

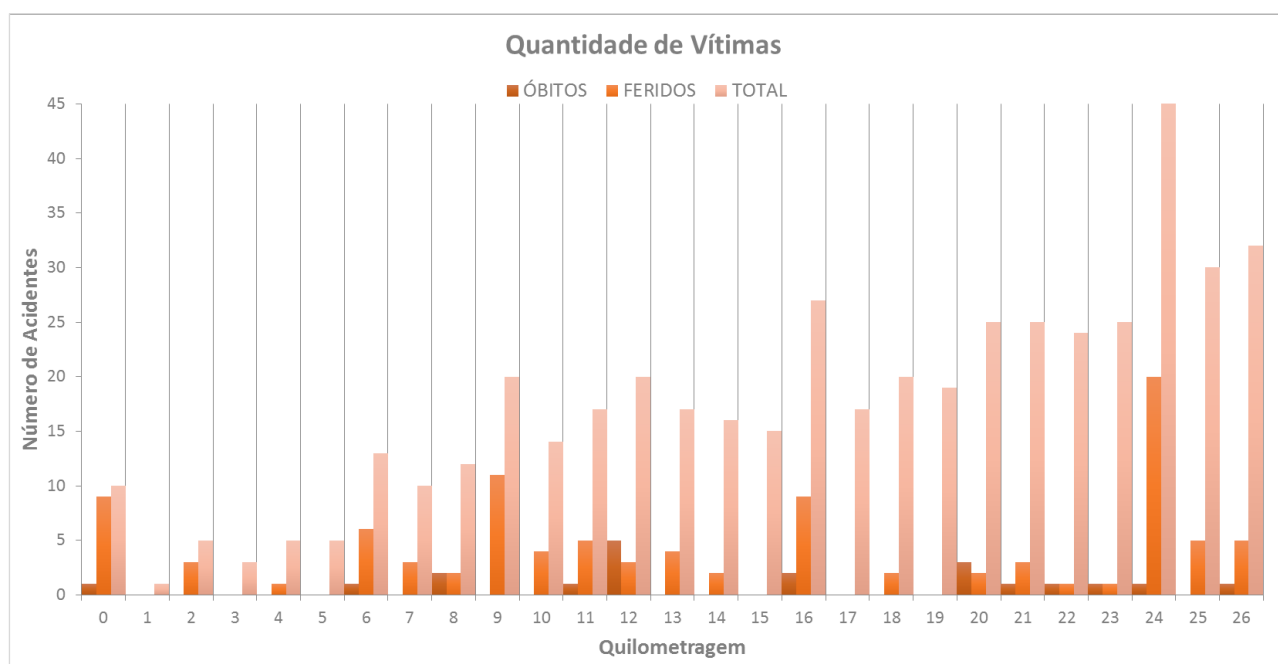


Figura 6 - Gráfico com a quantidade de vítimas por quilômetro

O item a seguir tem como objetivo analisar os locais que apresentaram maior quantidade de acidentes nos quilômetros 24 e 26, para que sejam avaliados possíveis problemas viários nos locais.

3.6.4 Locais concentradores de acidentes

O segmento do quilômetro 24 contou com cerca de 17% dos acidentes ocorridos no trecho analisado. Em números totais, o local que mais concentrou acidentes no quilômetro foi entre os km 24+400 e 24+500, conforme apresentado no gráfico a seguir.

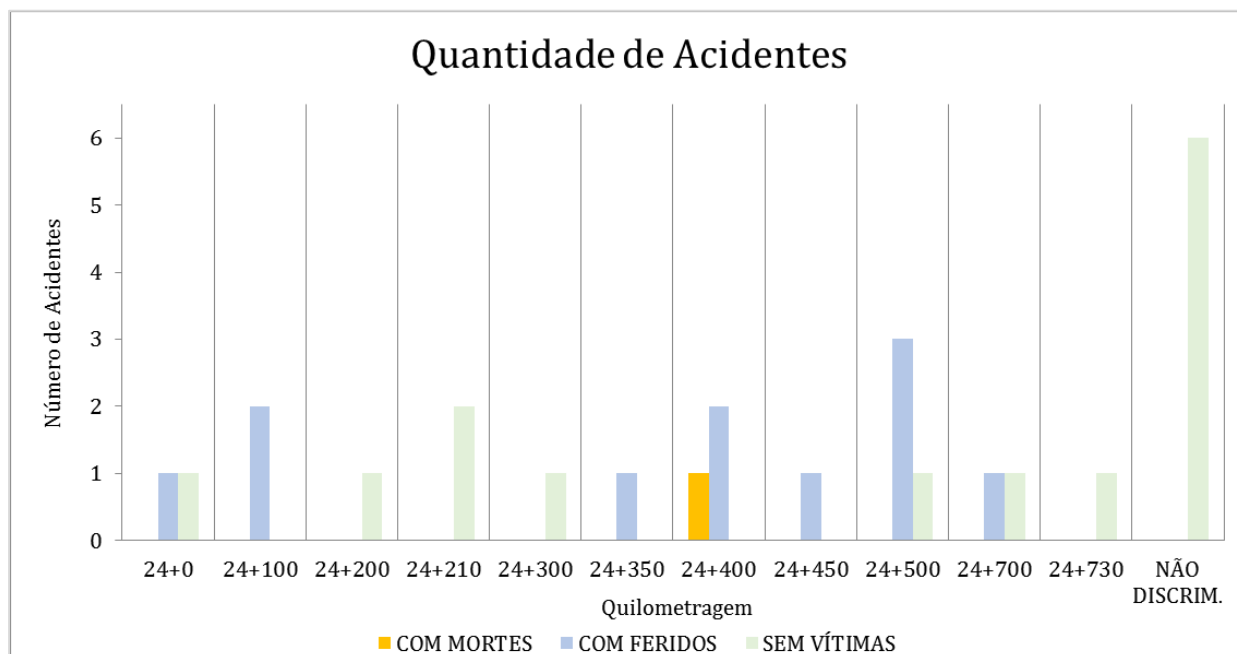


Figura 7 - Gráfico com a quantidade de acidentes por quilômetro

Com aproximadamente 10% dos acidentes ocorridos no segmento analisado, o trecho do quilômetro 26 apresentou maior número de acidentes no ponto do km 26+500, o gráfico apresentado a seguir demonstra a distribuição dos acidentes ocorridos nesse segmento.

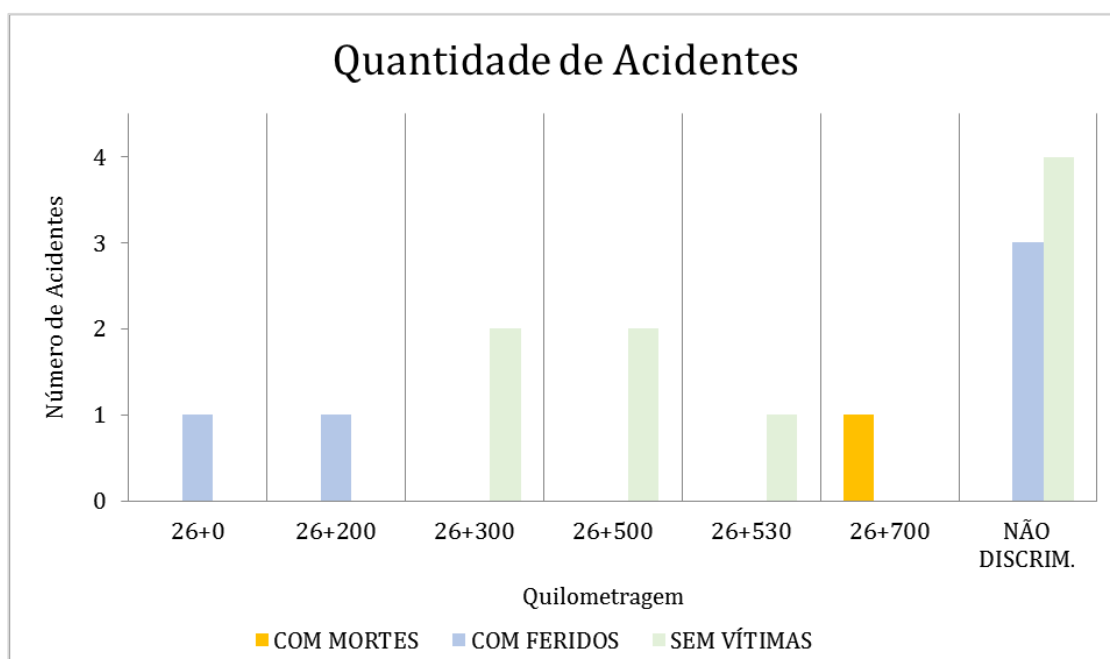


Figura 8 - Gráfico com a quantidade de acidentes por quilômetro

Tendo como base os dados avaliados, a seguir serão analisados os pontos que apresentaram maior número de acidentes, nesses pontos serão avaliadas as condições existentes confrontando os dados de acidentes e as condições viárias locais.

3.6.4.1 Km 24+400 a 24+500

O km 24+400 ao km 24+500 contabiliza oito acidentes, sendo três tombamentos, dois capotamentos, um deslizamento, um choque com árvore e uma colisão transversal. Geometricamente o ponto está localizado em uma curva horizontal de raio 160 m, inserido em uma curva côncava de $k=21,587$. A velocidade regulamentada do local é de 60 km/h. O talude adjacente ao bordo externo da curva neste local é do tipo não recuperável, apresentando necessidade de contenção longitudinal ao longo de todo seu comprimento, considerando esse critério.



Figura 9 - Talude não recuperável no bordo externo da curva

A intermediação desse local é caracterizada, no sentido crescente da quilometragem, por uma curva horizontal de raio 286 m antecedida por uma tangente de 200 m localizados em um declive de 5,34%, enquanto o outro sentido apresenta uma curva

horizontal de raio 160 m cerca de 500 m após o entroncamento que dá acesso à Tamarana. Ao longo de todo o trecho descrito a ultrapassagem é proibida.

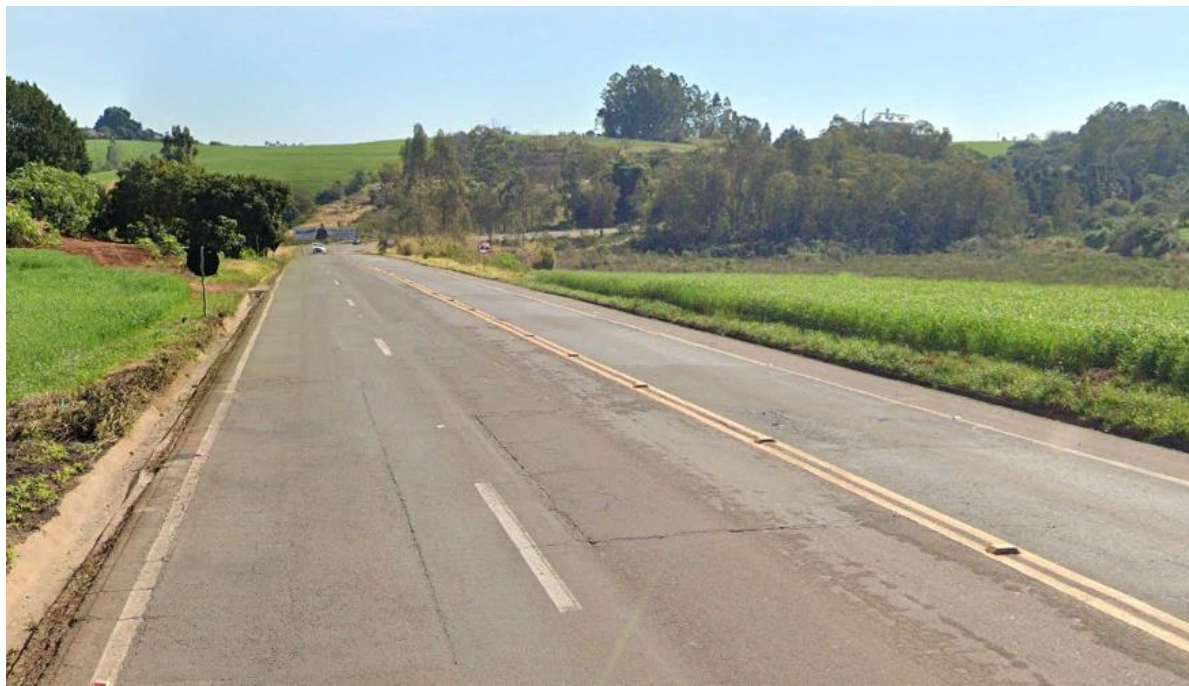


Figura 10 - Sentido crescente de quilometragem - Tangente



Figura 11 - Sentido decrescente de quilometragem

O local é caracterizado por uma grande quantidade de árvores às margens da rodovia a distâncias inferiores à da zona livre necessária, sem a presença de dispositivos de contenção lateral.

Também se verifica a existência de dois acessos em nível no km 24+300, em ambos os lados da rodovia. O acesso do sentido crescente está inserido no bordo interno da curva de raio 160 m, enquanto o acesso do sentido contrário está posicionado a aproximadamente 100 metros do final desta curva e início da tangente.



Figura 12 - Acesso no sentido decrescente



Figura 13 - Acesso no sentido crescent

Tendo-se em vista as condições existentes no ponto analisado, e os tipos de acidentes que ocorreram nas proximidades desse ponto (tombamentos e capotamento), avalia-se que a causa mais provável para os acidentes neste ponto seja a força centrífuga exercida pela curva horizontal de raio 160 m. Esta curva é coincidente com uma curva vertical côncava precedida por rampas de aproximadamente 6% em ambos os sentidos, condição que favorece a aceleração dos veículos que se encontram na curva em sentidos contrários.

Os tipos de acidentes observados neste ponto são normalmente associados a essas condições, portanto conclui-se que as características planimétricas e a altimetria deste ponto, aliadas a não permissão de ultrapassagem nos arredores, são as causas mais prováveis destes acidentes. Ressalta-se que problemas identificados, como raios de curvatura horizontal limitantes de velocidade, assim como limitações de áreas de ultrapassagem e proteção integral dos taludes não recuperáveis serão solucionados no projeto executivo de duplicação da rodovia.

3.6.4.2 Km 26+500

Esse ponto encontra-se no entroncamento que dá acesso à Lerroville. Geometricamente, o local encontra-se no ponto final de uma curva vertical côncava, com traçado longitudinal em tangente. As imediações desta região são caracterizadas por traçado longitudinal em tangente de aproximadamente 500 m antecedendo o entroncamento, em sentido crescente, inserido em uma curva côncava de $k=87,625$, e curva horizontal de raio 350 m após o entroncamento, coincidente com uma curva vertical convexa.



Figura 14 - Entroncamento com acesso à Lerroville

Com base nos dados de acidentes ocorridos no local, um deles foi do tipo colisão transversal, outro do tipo colisão longitudinal e o terceiro classificado como “outros”. Analisando-se as condições locais, infere-se que a colisão longitudinal que ocorreu nesse local se deve a tentativa indevida de ultrapassagem. No caso da colisão transversal, as condições geométricas do acesso em nível indicam que há risco deste tipo de acidente, pelo cruzamento de fluxos. Ressalta-se que o conflito entre fluxos pelo acesso em nível e as devidas condições de segurança serão solucionados no desenvolvimento do projeto executivo.

3.7 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

3.7.1 Materiais Métodos

3.7.1.1 Plano de sondagem e investigações

O Plano de sondagens foi elaborado a partir dos dados do Estudo Geológico preliminar e do Projeto Geométrico da obra, seguindo as instruções da IS-206, do Procedimento de Estudos geológicos e Geotécnicos da Engefoto (PRC-PRJ-GET01) e do Anexo A - Especificações para Apresentação dos Projetos Viários e do Procedimento de Estudos geológicos e Geotécnicos, além das normas técnicas aplicáveis.

Referências	
Procedimento Estudos Geológicos e Geotécnicos	PRC-PRJ-GET01
Instrução de Serviço para Estudos Geológicos	DNIT – IS 202
Instrução de Serviço para Estudos Geotécnicos	DNIT – IS 206
Especificações para Apresentação dos Projetos Viários	ANEXO – A
Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários	DNIT – IPR 726
Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo – Norma rodoviária - Procedimento	DNER-PRO 102/97
Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio	NBR 6484
Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de ocorrência de rochas	NBR 6490
Rochas e Solos	NBR 6502
Rochas e Solos – Simbologia	NBR 13441
Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização	NBR 6457
Solos – Análise Granulométrica	NBR 7181
Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água	NBR 6458
Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica	NBR 6508
Solo – Determinação do limite de plasticidade	NBR 7180
Solo – Ensaio de compactação	NBR 7182

3.7.1.1.1 Estudo de Subleito e Cortes

Para o estudo de subleito e cortes as sondagens foram distribuídas seguindo as seguintes diretrizes:

Tabela 6 – Espaçamentos dos furos de sondagem em segmentos de corte (IS-206)

Tipo geometria / Extensão do corte (m)	Espaçamento / Número mínimo de furos de sondagem
Greide colado	200 metros
Até 120	1
120 a 200	2
200 a 300	3
300 a 400	4
Superior a 400	1 furo a cada 150 metros

A profundidade dos furos foi projetada para atingir 1,5 metros abaixo do greide do projeto geométrico.

3.7.1.1.2 Estudo de fundação de aterro e bueiros existentes

Para os estudos de fundação de aterro foram utilizados os dados dos bueiros de grotas existentes e foram locadas sondagens na saída do bueiro ou no off-set do aterro, considerando a prolongação do bueiro na pista projetada, todos os furos estão previstos com 7,45 metros de profundidade ou, caso o nSPT em 7,45 metros seja menos que 5, deverá ser seguido o critério de paralização conforme NBR 6484.

Nos demais aterros foram locadas sondagens nos offsets dos aterros com profundidade de 7,45 metros cada, ou, caso o nSPT em 7,45 metros seja menos que 5, deverá ser seguido o critério de paralização conforme NBR 6484.

De acordo com o Anexo A, nas ocorrências de solo mole os ensaios de percussão terão início após a camada vegetal.

O critério de paralização segue o determinado na NBR 6484 ou a profundidade programada, o que ocorrer antes.

- Critério de paralização – NBR 6484

O processo de perfuração por circulação de água, associado aos ensaios penetrométricos, deve ser utilizado até onde se obtiver, nesses ensaios, uma das seguintes condições:

- a) quando, em 3 metros sucessivos, se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador-padrão;
- b) quando, em 4 metros sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais do amostrador-padrão; e
- c) quando, em 5 metros sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrador-padrão

3.7.1.1.3 Estudo de estabilidade dos taludes

Para os estudos de estabilidade foram separados subtrechos homogêneos com base no mapa pedológico do Estudo Geológico. Optou-se por esta separação por considerar que o mapa geológico apresenta uma única unidade na área do trecho, ou seja, não há subdivisão, além disso as unidades pedológicas representam melhor as heterogeneidades das camadas superficiais do terreno.

Sendo assim, foi considerada a existência de 4 unidades pedológicas. Latossolo vermelho, Argissolo vermelho amarelo, Nitossolo vermelho distrófico e Nitossolo vermelho eutrófico, além de regiões mistas de Latossolo/Argissolo e Latossolo/Nitossolo distrófico, constituindo 6 subtrechos homogêneos.

A partir da divisão em subtrechos foram analisados os intervalos de cortes com mais de cinco metros de altura e foram selecionados os cortes com as maiores alturas e que fossem representativos de cada subtrecho.

Foram selecionados 14 cortes e foram locados três furos de sondagem em cada, considerando um furo na base do talude projetado, um furo no meio e um no topo. As profundidades foram calculadas a partir da superfície do terreno até um metro e meio abaixo da base do pavimento projetado.

Na estaca 1090+00, onde ocorrem cortes em ambas as margens, foi locado um furo no eixo, um furo no meio e outro no topo do talude para cada lado, resultando em uma seção de 5 furos. Considerando a proximidade com a estaca 1090+00 e a continuidade do corte, na estaca 1095+00 foram locados um furo no eixo e um no topo do talude em cada margem, constituindo uma seção de três furos.

O critério de paralização segue o determinado na NBR 6484 ou a profundidade programada, o que ocorrer antes.

3.7.1.1.4 Estudo nos locais das fundações das Obras de Artes Especiais

Para os estudos de Obra de Artes Especial (OAE) foram locadas uma sondagem por apoio, centrados no eixo da obra em casos de pilar parede; ou em uma linha em casos de pilares.

Serão executadas sondagens mistas (SM), sendo sondagens à percussão com ensaio SPT, até o impenetrável ou limite estabelecido pela NBR-6484 (Item 1.2.1) e após a camada impenetrável ou limite à percussão, serão executadas sondagens do tipo rotativa, indicando o percentual de recuperação do material, utilizando os critérios a seguir:

- a) No caso de se atingir o impenetrável ou limite à percussão, até 15m de profundidade, executar a seguir, sondagem rotativa de no máximo 7,0m de profundidade; ou até atingir 3m consecutivos com 80% de recuperação da rocha (não há, a princípio, a necessidade de ultrapassar a 7,0m de profundidade de sondagem rotativa em rocha);
- b) No caso de sondagem à percussão com profundidade até de 20,0m, a sondagem rotativa, após a camada limite ou impenetrável, se necessária, deverá ter uma profundidade de 5,0m, com qualquer percentual de recuperação do material perfurado;
- c) Com sondagens a percussão, além de 25,0m de profundidade, em material de boa capacidade de suporte (número de golpes SPT médio > 30 – sem grandes camadas de solo mole ou sem suporte, camadas somente de solo arenoso, etc...), poderá não haver a necessidade de execução de sondagem rotativa, além do impenetrável ou limite à percussão, porém este boletim de campo deverá ser enviado para análise e decisão dos projetistas da possível paralisação.

É importante lembrar, que as profundidades de sondagens à percussão, acima indicadas, devem ser consideradas abaixo do nível provável de arrasamento das futuras fundações. Isto é, se houver a previsão de corte do terreno natural, esta altura não deve ser considerada, apenas abaixo deste futuro nível, após as escavações previstas no projeto geométrico;

Outras variações poderão ser possíveis, dependendo do tipo de material encontrado nas sondagens. Sendo estas sugestões, as mais generalizadas para a execução em materiais de boas características de suporte e que seja possível atingir a camada impenetrável.

3.7.1.1.5 Coleta de amostras e ensaios

Nos furos de sondagem à trado, localizados em PPs ou Greide colado, a profundidade programada do furo foi de 1,5 metros e foi realizada uma coleta.

Nos furos de corte com profundidade igual ou menor que três metros, foi considerada a existência de um horizonte único, e programadas duas coletas sendo uma para análise de CBR energia normal e uma para intermediária.

Nos furos de corte com mais de três metros de profundidade foi considerada a existência de dois horizontes: uma acima do greide e um abaixo do greide, sendo programadas duas coletas para o intervalo acima do greide (energia normal e intermediária) e uma coleta abaixo da cota do greide (energia intermediária).

As amostras coletadas foram ensaiadas conforme programação nos seguintes ensaios:

- Ensaio para determinação da umidade natural (DNER-ME 213/94);
- Ensaio para determinação da massa específica aparente in situ (DNER-ME 093/94);
- Ensaio de granulometria por peneiramento com lavagem do material na peneira de 2 mm e de 0,075 mm (DNER-ME 041/94, DNER-ME 080/94);
- Ensaio de determinação dos índices físicos, Limites de liquidez (DNER-ME 122/94) e Limite de plasticidade (DNER-ME 082/94);

- Ensaio de compactação, na energia do Proctor Normal (DNER-ME 129/94) determinadas com pelo menos cinco pontos;
- Ensaio de compactação, na energia do Proctor Intermediário (DNER-ME 129/94) determinadas com pelo menos cinco pontos;
- Ensaio de determinação do CBR ou ISC – Índice de Suporte Califórnia e Expansão (DNER-ME 049/94).

3.7.1.2 Categorias de escavação

Para a classificação dos materiais quanto à escarificabilidade foi utilizada como base a Norma DNIT-106/2009-ES, conforme segue:

Material de 1ª categoria: Compreende os solos em geral, residuais ou sedimentares, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15 m, qualquer que seja o teor de umidade apresentado. O processo de extração é compatível com a utilização de “Dozer” ou “Scraper” rebocado ou motorizado.”

Material de 2ª categoria: Compreende os materiais de resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente; a extração eventualmente pode envolver o uso de explosivos ou processo manual adequado. Estão incluídos nesta categoria os blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e os matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15 m e 1,00 m.”

Material de 3ª categoria: Compreende os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00 m, ou de volume igual ou superior a 2 m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o emprego contínuo de explosivos.

A análise das categorias de escavação foi feita em cada seção de cada estaca onde foi previsto corte e remoção de material. Os resultados da análise de categorias de escavação estão apresentados no Projeto de Terraplenagem.

3.7.2 Resultados

3.7.2.1 Plano de sondagens e investigações

O Plano de sondagens e investigações está apresentado no Volume 3 A.

3.7.2.2 Estudos de subleito

O projeto se desenvolve sobre os basaltos da Formação Serra Geral, com pequenas ocorrências de arenitos das Formações Botucatu e Pirambóia. A ação do intemperismo sobre estes litotipos origina horizontes espessos de solos residuais argiloso que podem apresentar comportamento colapsível, devido ao elevado índice de vazios herdado da estrutura porosa dos basaltos vesiculares.

Para os estudos de subleito e corte, foram executadas 185 sondagens a trado, com a coleta e ensaios de 343 amostras de solo. Não foram previstas sondagens à percussão específicas para caracterização do subleito, porém dados das sondagens à percussão de outros estudos foram utilizadas para complementar a caracterização do subleito quando necessário.

Quanto a granulometria, o solo são predominantemente finos, a média de material passando na peneira nº200 é de 74,47%. Isso também é visualizado pela distribuição de classificação TRB, com aproximadamente 98% dos solos sendo classificado nos grupos silto-argilosos com maior expressão do A – 5 (41%), A – 7-5 (28%) e A - 4 (26%).

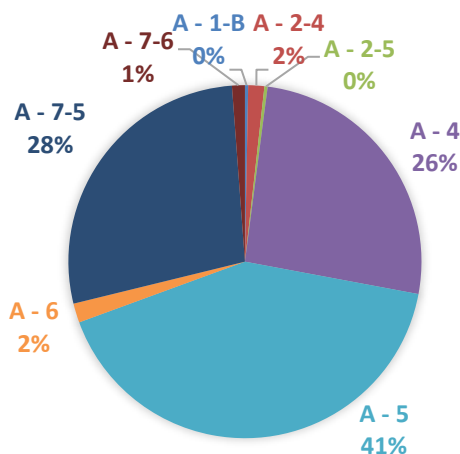


Figura 15 - Classificação TRB

Apenas uma sondagem à trado apresentou nível d'água, a ST 11 – Base do Talude, com medida de 1,03 m.

As amostras ensaiadas na energia normal apresentaram, em média, valores de 9,9% para ISC e 0,8% para expansão, já na energia intermediária 12,9% para ISC e 0,9% de expansão. O tratamento estatístico será apresentado na disciplina de pavimentação.

Os perfis individuais das sondagens a trado e os resultados dos ensaios executados podem ser consultados no Volume 3 A– Anexos do Estudo Geotécnico e a representação das sondagens em planta e perfil no Projeto Geométrico. Para CBR de projeto, consultar Projeto de Pavimentação.

3.7.2.3 Estudos das áreas de cortes

As amostras coletadas para estudo de cortes foram ensaiadas na energia normal e intermediária de compactação a fim de verificar a qualidade do solo para uso em corpos de aterro e suas camadas finais. Logo, constata-se que 95% dos cortes ensaiados atendem os requisitos mínimos para uso em corpo de aterro e 87% atendem os requisitos mínimos para as camadas finais dos corpos de aterro, conforme a especificação de serviços DER/PR ES-T 06/18.

3.7.2.4 Estudos de fundações de aterros

Para o estudo de fundações dos aterros e bueiros foram realizadas 39 sondagens à percussão, 22 para estudo de fundação de aterro, 13 para análise de terreno para extensão de bueiros existentes e 4 para aterros com possibilidade de extensão de bueiros existentes.

As sondagens apresentaram um perfil geral homogêneo com uma camada inicial de argila arenosa com baixa capacidade de suporte com características colapsíveis. As seções que não apresentam nível d'água próximo à superfície do terreno apresentam boa estabilidade no geral. As seções com nível d'água apresentam maior probabilidade de problema de estabilidade e recalque.

Os estudos de estabilidade de fundação e de talude de aterro estão apresentados no Item 3.8.4 Análise de estabilidade de aterros - Estudo de Estabilidade.

Os perfis individuais de sondagem a percussão podem ser consultados a seguir, no Volume 3 A - ANEXOS DOS ESTUDOS GEOTÉCNICOS e a representação das sondagens em planta e perfil no Projeto Geométrico.

3.7.2.5 Estudos de estabilidade de taludes

Para o estudo de estabilidade de taludes foram executadas 44 sondagens, constituindo 14 seções de análise, cada uma com 3 sondagens, com exceção da seção 1090+00 que possui 5 sondagens.

As sondagens apresentam um perfil geral homogêneo com uma camada inicial de argila arenosa com baixa capacidade de suporte que pode apresentar colapsividade. Em nenhuma seção foi identificado nível d'água, este foi um fator determinante para que a maioria das seções não apresentassem problema de estabilidade nos taludes de corte.

Os estudos de estabilidade dos taludes de corte estão apresentados no 3.8.3 Análise de estabilidade de taludes de corte - Estudo de Estabilidade.

Os perfis individuais de sondagem a percussão podem ser consultados a seguir, no Volume 3 A - ANEXOS DOS ESTUDOS GEOTÉCNICOS e a representação das sondagens em planta e perfil no Projeto Geométrico.

3.7.2.6 Estudo de áreas de empréstimos (AE)

De acordo com o balanço de massas apresentado pelo Projeto de Terraplenagem não há necessidade de volume de material de área de empréstimo para o Trecho 01.

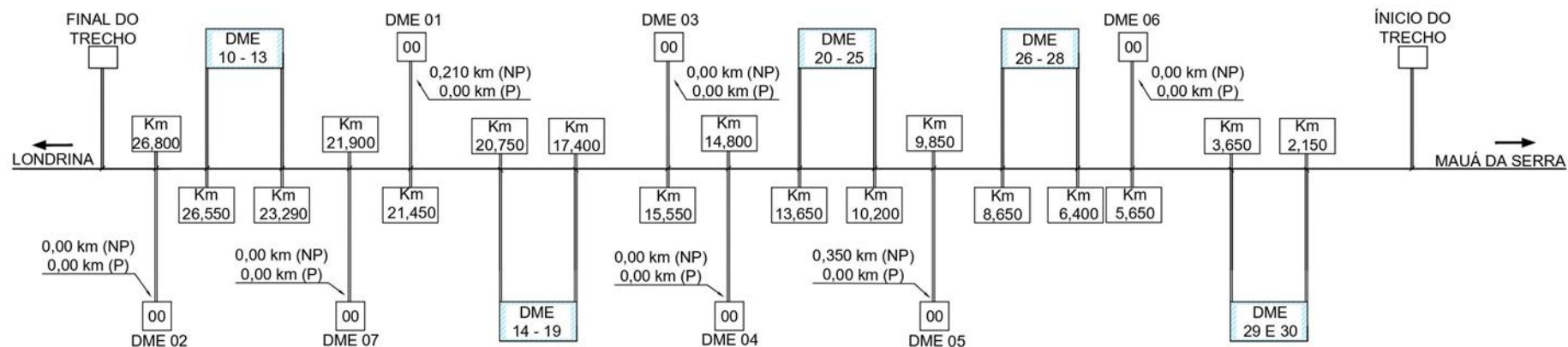
3.7.2.7 Estudos de áreas para Depósitos de Material Excedente (DME)

De acordo com o balanço de massas apresentado pelo Projeto de Terraplenagem há necessidade de áreas para Depósito de Material Excedente (DME) com capacidade de comportar aproximadamente 1 milhão de m³. O volume de material de limpeza é de 170 mil m³.

Foram selecionadas 7 áreas para DME de grandes volumes, que somadas comportam cerca de 800 mil m³. O restante do volume excedente foi distribuído em 21 pequenas áreas ao longo da Faixa de domínio (DME 10 ao DME 30).

Com exceção da área localizada na pista existente - DME 7, cuja propriedade é do DER/PR, as demais áreas são de propriedade privada. O depósito de material é considerado benfeitoria em todas as propriedades.

DIAGRAMA DE DME'S



LEGENDA






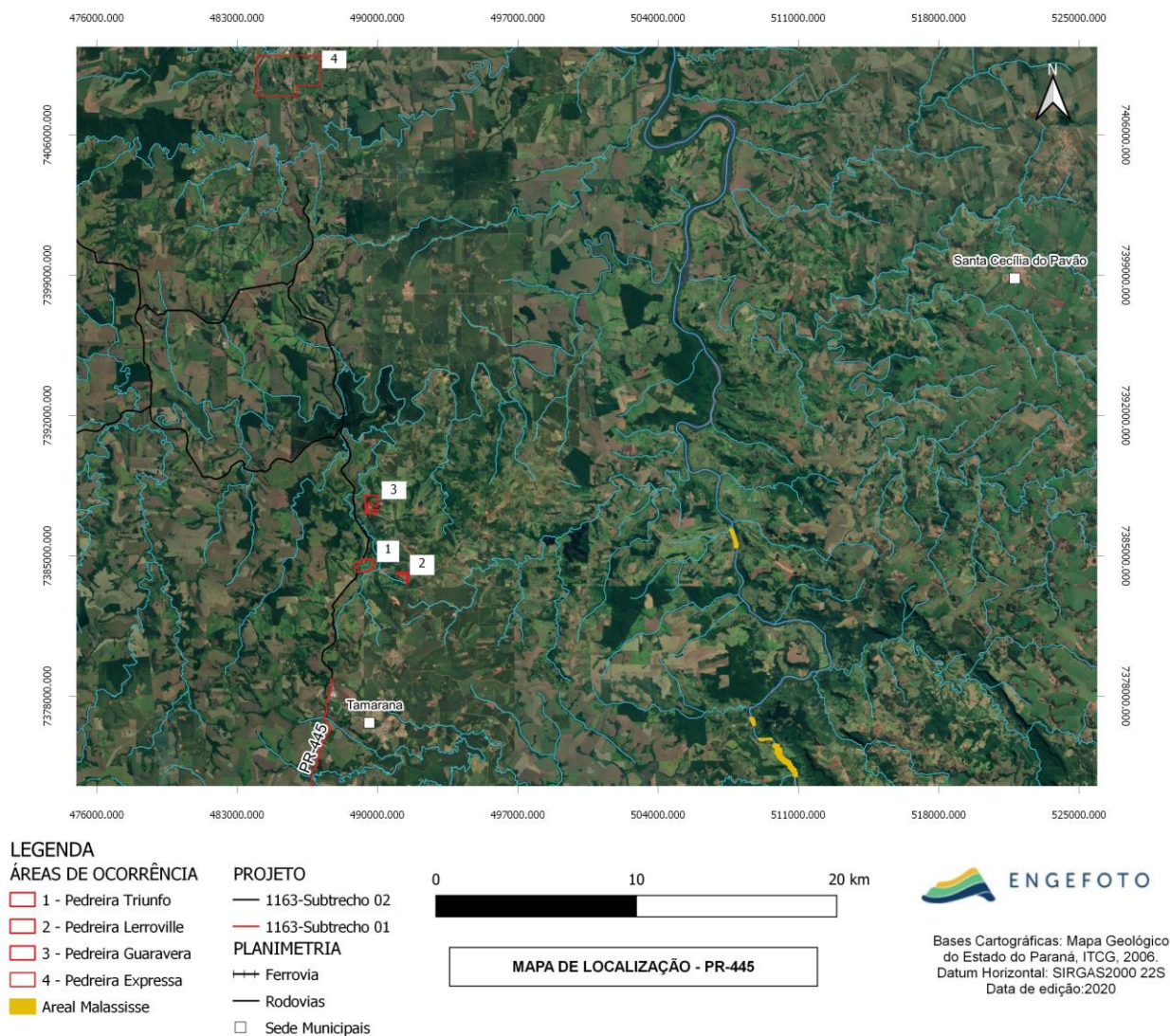
-  EIXO PR-445
-  MARCO KM PR-445
-  DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE LATERAL
-  (P) ACESSO PAVIMENTADO
-  (NP) ACESSO NÃO PAVIMENTADO

Figura 16 - Diagrama Linear de DME's


3.7.2.8 Estudos de ocorrência de materiais para pavimentação



3.7.2.8.1 Croqui de localização das fontes de materiais



O diagrama linear está apresentado no Volume 3A e no Projeto de Terraplenagem e Pavimentação.

3.7.2.8.2 Estudos de pedreiras

Nome: Pedreira Guaravera	Tipo: Comercial
Razão Social: Pedreira Guaravera Ltda.	CNPJ: 14.800.351/0001-91
Endereço: Rod. PR 445 – Km 37, Guaravera, Londrina/PR	
Nome de contato: Luís	
Telefone: (43) 3399-2506 / (43) 99847559	E-mail: guaravera@pedreiraguaravera.com.br
Material: Brita de basalto	
Observações:	
	
Ensaios:	

Nome: Pedreira Expressa	Tipo: Comercial (Ativa)																								
Razão Social: Pedreira Expressa Ltda.	CNPJ: 81.671.125/0001-45																								
Endereço: Rod. Celso Garcia Cid – PR 445 – Km 61																									
Nome de contato: Rafael (administrador) - Marcelo																									
Telefone: (43) 3379 2800 / (43) 99111-6511	E-mail: marcelaexpressa6@gmail.com																								
Material: Brita de basalto: Pó de pedra, brita 01, 02, 03 e 1½																									
ROLP – USINA DE SOLO E ASFALTO (Rômulo - 043-99133-3035)																									
Usina de solos: Capacidade tonelada por hora: 250 ton/hora Silo de cimento: tem 01	Tipo: gravimétrica ou volumétrica: gravimétrica Capacidade: Tonelada por hora: 80 toneladas/hora Tanques com agitadores para ligantes modificados: 02 tanques com agitadores																								
USIPAV – USINA DE ASFALTO - (Diego 043-99163-6349)																									
Tipo: gravimétrica ou volumétrica: gravimétrica Capacidade: Tonelada por hora: 80 toneladas/hora Tanques com agitadores para ligantes modificados: 01 tanques com agitador																									
 <div data-bbox="909 1198 1236 2004"> <p>826049/1994</p> <p> Agência Nacional de Mineração</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Atributo</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Processo</td> <td>826049/1994</td> </tr> <tr> <td>ID</td> <td>{28D48B2A-724D-4BB0-AAA2-46C3C23E330F}</td> </tr> <tr> <td>Número</td> <td>826049</td> </tr> <tr> <td>Ano</td> <td>1994</td> </tr> <tr> <td>Área (ha)</td> <td>572,5</td> </tr> <tr> <td>Fase</td> <td>CONCESSÃO DE LAVRA</td> </tr> <tr> <td>Último Evento</td> <td>424 - CONC LAV/RELATÓRIO REAVALIAÇÃO RESERVA APRESENTADO EM 15/06/2018</td> </tr> <tr> <td>Titular</td> <td>Pedreira Expressa Ltda</td> </tr> <tr> <td>Substância</td> <td>BASALTO</td> </tr> <tr> <td>Uso</td> <td>Não informado</td> </tr> <tr> <td>UF</td> <td>PR</td> </tr> </tbody> </table> </div>		Atributo	Valor	Processo	826049/1994	ID	{28D48B2A-724D-4BB0-AAA2-46C3C23E330F}	Número	826049	Ano	1994	Área (ha)	572,5	Fase	CONCESSÃO DE LAVRA	Último Evento	424 - CONC LAV/RELATÓRIO REAVALIAÇÃO RESERVA APRESENTADO EM 15/06/2018	Titular	Pedreira Expressa Ltda	Substância	BASALTO	Uso	Não informado	UF	PR
Atributo	Valor																								
Processo	826049/1994																								
ID	{28D48B2A-724D-4BB0-AAA2-46C3C23E330F}																								
Número	826049																								
Ano	1994																								
Área (ha)	572,5																								
Fase	CONCESSÃO DE LAVRA																								
Último Evento	424 - CONC LAV/RELATÓRIO REAVALIAÇÃO RESERVA APRESENTADO EM 15/06/2018																								
Titular	Pedreira Expressa Ltda																								
Substância	BASALTO																								
Uso	Não informado																								
UF	PR																								
Ensaio: Disponíveis no Volume 3 A. Parâmetros atendem às normas.																									

3.7.2.9 Estudos de areais

Nome: Areal Malassisse	Tipo: Comercial
Razão Social: Mineração de Areia Malassisse Ltda.	CNPJ: 82033333/0001-81
Endereço: Margem do Rio Tibagi - Estrada Usina Apucarantina, Lerroville/PR	
Nome de contato: Geólogo. Cleber - Proprietário: Rosângela e João Pedro Malassisse	
Telefone: (43) 3341 2152 / (43) 99914 6914 / (43) 3344 2086	
Material: Areia média sem material orgânico, não produz finos nem areia grossa,	
Observações: 30 km das proximidades do Restaurante Bengala na PR 445. Possui LO nº 8567. DNPM 826.264/99, 826.266/99, 826.264/15 e 826.355/03. Produção média mensal 400 m³.	
Ensaio: Não possui ensaio do material.	

Nome: Areal Primeiro de Maio	Tipo: Comercial/Homologado pela regional de Maringá
Razão Social: Areal Primeiro de Maio	CNPJ: 82033333/0001-81
Endereço: 498673 / 7477468	
Nome de contato:	
Telefone:	
Material:	
Observações:	
Ensaio:	

3.7.2.10 Sondagens para OAE's

O Trecho 01 possui 4 Obras de Arte Especial:

- Ponte sobre o Rio Apucarantina
- Ponte sobre o Rio Santa Cruz
- Acesso à Tamarana

Em cada OAE foram executadas quatro sondagens mistas com critério de paralização conforme apresentado.

O detalhamento das estruturas das OAEs está apresentado no Projeto de OAE. Os perfis individuais de sondagem mista podem ser consultados no Volume 3 A - ANEXOS DOS

ESTUDOS GEOTÉCNICOS e a representação das sondagens em planta e perfil no Projeto Geométrico e Projeto de OAE.

Também foram programadas e executadas sondagens no acesso à Lerroville, a fim de estudar a possibilidade de executar uma passagem em desnível, entretanto o perfil de solo apresentado nas sondagens apresentou camada muito profunda de solo mole e muito mole, neste trecho também foram realizados ensaios especiais de cisalhamento direto e adensamento para verificar a resistência do solo, que também se apresentou baixa.

3.7.2.11 Sondagens para obras de contenção

O Trecho 01 apresenta duas contenções nas OAEs de acesso à Tamarana e Lerroville. Tais estruturas estão detalhadas no Projeto de OAE. E uma contenção na Estaca 902 lado direito, antes da ponte do Rio Santa Cruz.

3.7.2.12 Sondagens em locais de solos moles

A partir das sondagens executadas nas áreas com potencial ocorrência de solos moles, foram verificadas que as seguintes sondagens apresentaram solo orgânico ou presença de nível d'água próximo à superfície:

Tabela 7 – Ocorrência de argila orgânica e/ou nível d'água próximo à superfície.

Sondagem	Estaca	Nível d'água	Solo Orgânico	Espessura do solo orgânico
SP-05	32+04	1,03	Não	0
SP-13	48+12	1,17	Não	0
SP-97	464+00	0,30	Sim	0,15 - 3,00
SP-98	466+03	1,00	Sim	0,17 - 2,00
SP-145	802+06	N.F.E	Sim	0,12 - 5,00
SP-167	901+00	1,50	Sim	0,12 - 4,15
SP-168	903+00	0,90	Sim	0,15 - 2,10
SP-176	961+02	1,00	Não	0
SP-194	1054+16	2,72	Não	0

SP-195	1057+00	2,74	Não	0
SP - 226	1221+14	N.F.E	Sim	0,10 - 6,30

N.F.E. = Nível d'água não foi encontrado

3.8 ESTUDO DE ESTABILIDADE DE TALUDES

Neste item serão apresentados os parâmetros utilizados para as análises de estabilidades, bem como, as análises de estabilidade dos taludes de corte e/ou aterro e análise de fundação de aterro das seções do projeto de duplicação da rodovia PR-445 - Trecho 1.

3.8.1 PREMISSAS DE PROJETO

A base topográfica utilizada para o estudo foi levantada pela Engefoto e apresenta curvas de nível a cada metro.

As características dos solos da região e a estratigrafia foram definidas a partir de ensaios de campo: Sondagens de Simples Reconhecimento (SPT); Sondagens Mistas (SM); Sondagens a Trado (ST); e Ensaio de laboratório: Análise de distribuição granulométrica, densidade real dos grãos, limites de Atterberg, CBR e compactação. As campanhas de investigação de campo e laboratório foram realizadas pela Engefoto, entre as datas de 30/08/2020 a 25/10/2020.

Para as seções onde não há dados de peso específico natural do solo e parâmetros de resistência (ângulo de atrito interno e intercepto coesivo), compressibilidade e colapsividade estes parâmetros foram definidos a partir de correlações com bibliografias existentes e descritas a seguir.

3.8.1.1 Intercepto coesivo

Para o intercepto coesivo (kPa) foi considerado o menor valor obtido pelas seguintes correlações:

$$Coesão = 10 \cdot N_{SPT}$$

Teixeira e Godoy (1996) - Argilas

Equação 1

$$Coesão = N_{SPT}/0,35$$

Berberian (2015) – Todos os solos

Equação 2

Tabela 8 – Correlação N_{spt} e Intercepto coesivo para solos argilosos (ALONSO, 2010)

N (golpes)	Consistência	Coesão (kPa)
< 2	Muito mole	< 10
2 – 4	Mole	10 – 25
5 – 8	Média	25 – 50
9 – 15	Rija	50 – 100
15 – 30	Muito Rija	100 – 200
> 30	Dura	> 200

3.8.1.2 Ângulo de atrito

Para o ângulo de atrito foi considerado o menor valor obtido pelas seguintes correlações:

$$\phi = 28 + 0,4 \cdot N_{SPT}$$

Godoy (1983)

Equação 3

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N_{SPT}} + 15$$

Teixeira (1996)

Equação 4

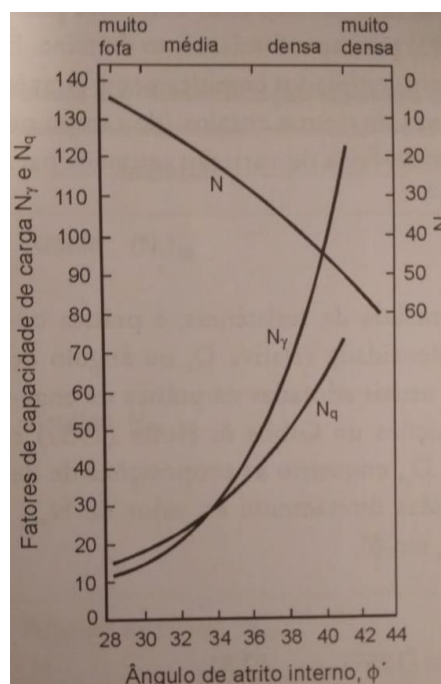


Figura 17 – Solos arenosos (PECK, HANSON E THOUNBURN, 1974)

3.8.1.3 Peso específico natural

Para o peso específico natural (kN/m^3) foi considerado o menor valor obtido pelas seguintes correlações:

Tabela 9 – Determinação do peso específico natural (CÂMARA E PEREIRA, 2005)

Solos Arenosos						
N_{SPT}	< 4	4 - 10	10 - 30	30 - 50	> 50	---
γ (t/m^3)	< 1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	---
Solos Argilosos						
N_{SPT}	< 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	> 30
γ (t/m^3)	---	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8

Tabela 10 – Solos arenosos (GODOY, 1972)

Nspt	Compacidade	Peso específico (kN/m^3)		
		Seca	Úmida	Saturada
≤ 5	Fofa	16	18	19
5 - 8	Pouco compacta	16	18	19
9 - 18	Medianamente compacta	17	19	20
19 - 40	Compacta	18	20	21
≥ 40	Muito compacta	18	20	21

Tabela 11 – Solos argiloso (GODOY, 1972)

Nspt	Consistência	Peso específico (kN/m^3)
≤ 2	Muito Mole	13
3 - 5	Mole	15
6 - 10	Média	17
11 - 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

3.8.1.4 Compressibilidade

Para a análise dos recalques primários os parâmetros foram obtidos a partir de correlações com outros resultados de caracterização, buscou-se definir sempre o parâmetro com valores de ensaios de caracterizações realizados com amostras coletadas próximas as seções. A seguir são apresentadas as fórmulas e correlações utilizadas para as análises de recalque.

$$\Delta H = \frac{H}{1 + e_0} \cdot C_c \cdot \Delta \log \log \frac{(\sigma'_0 + \Delta \sigma')}{\sigma'_0} \quad \text{Recalque primário} \quad \text{Equação 5}$$

$$S_s = c'_\alpha \cdot H \cdot \log \left(\frac{t_2}{t_1} \right) \quad \text{Recalque secundário} \quad \text{Equação 6}$$

$$T = 1,781 - 0,933 \log \log (100 - U\%) \quad \text{Equação 7}$$

Tempo estimado para recalque

$$T = \frac{c_v \cdot t}{H_d^2} \quad \text{Equação 8}$$

3.8.1.5 Colapsividade

Para a análise dos susceptibilidade de ocorrência de solos colapsáveis e, por consequência, colapso do solo, os parâmetros foram obtidos a partir de correlações com outros resultados de caracterização. A definição foi realizada sempre utilizando resultados obtidos nos ensaios de caracterizações de amostras coletadas próximas as seções. A seguir são apresentadas as correlações utilizadas para análise de colapsividade.

Tabela 12 – Correlações utilizadas para análise de solos susceptíveis a colapsividade

Handy (1973) citado por Luttenegger e Saber (1988)	Teor de finos (<0,002 mm) < 16%	Alta probabilidade de colapso
	16 a 24%	Provavelmente colapsível
	24 a 32%	Probabilidade de colapso < 50%
	> 32%	Geralmente não colapsível
Prikonskij (1952) citado por Feda (1966)	$K_d = \frac{w_l - w_o}{w_l - w_p}$	Kd < 0 – altamente colapsível, Kd > 0,5 – colapsível e Kd > 1 - expansivo

Considerou-se uma sobrecarga uniformemente distribuída de 20 kN/m² no trecho das rodovias (projetada e existente). Importante frisar que essa sobrecarga foi utilizada nas análises de aterros e em condições desfavoráveis nas análises de estabilidade de talude.

A determinação do Fator de Segurança (FS) mínimo foi realizada seguindo o que é preconizado pela norma ABNT NBR 11682 (2009). Neste sentido avaliou-se o risco de perdas de vidas humanas (Tabela 13) e os riscos de danos materiais e ambientais (Tabela 14). Na

Tabela 15 é apresentada a correlação das premissas e observa-se que o Fator de Segurança mínimo para este projeto é de 1,4.

Tabela 13 – Níveis de segurança contra perda de vidas humanas, conforme NBR 11682/2009.

Nível de Segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego intenso.
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.

Tabela 14 – Níveis de segurança contra danos materiais e ambientais, conforme NBR 11682/2009.

Nível de Segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos.
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderado.

Nível de Segurança	Critérios
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido. Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos.

Tabela 15 – Fator de Segurança (FS) adotado nas análises

	Nível de segurança contra perdas de vidas humanas		
Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Para análise da superfície de ruptura foram adotadas duas metodologias, para a ruptura do aterro considerou-se Bishop por se tratar de uma ruptura provavelmente circular. Nos casos de análise global dos aterros e análise de estabilidade dos cortes considerou-se a metodologia definida por Morgenstern-Price, isto porque é possível a ocorrência, além de rupturas circulares, de algumas rupturas planares nos contatos solo/rocha alterada/rocha sã.

3.8.2 Ensaios especiais

Em alguns pontos, para avaliação detalhada da situação do solo, foram feitas coletas de amostras indeformadas com execução de ensaios de cisalhamento direto e adensamento com e sem colapsividade. Os valores obtidos nos ensaios foram utilizados para refinar os valores dos parâmetros adotados em algumas seções.

A Tabela 16 apresenta a programação das coletas e ensaios realizados.

A Tabela 17 apresenta o resumo dos resultados obtidos. As fichas de ensaio estão apresentadas no Volume 3 A. A coleta das amostras indeformadas foi realizada nos dias 25 e 26 de novembro de 2020.

Tabela 16 – Programação de ensaios especiais

BLOCO	Estaca	Coord. X	Coord. Y	Prof. (m)	ENSAIOS	Referência	Observações
BL-01	Estaca 170+06	482.130	7.358.785	1,50	cisalhamento direto (50, 100, 200 kPa) e adensamento com colapsividade inundado a 100 KPa	Próximo a SP-39	Problema de estabilidade na seção
BL-02	Estaca 464+00	483.308	7.364.147	1,50	cisalhamento direto (50, 100, 200 kPa) e adensamento	Próximo a SP-97	Aterro com fundação em N.A. aflorante e 2,85 m de argila orgânica
BL-03	Estaca 1090	486.885	7.374.704	1,50	cisalhamento direto (50, 100, 200 kPa) inundado e drenado e adensamento com colapsividade inundado a 100 Kpa	Próximo a SP-207	Corte - reavaliar a coesão. Aproveitar para avaliar colapsividade
BL-04	Estaca 903 LD	485104	7371631	1,50	cisalhamento direto (50, 100, 200 kPa) e adensamento	SP-1003	Fundação da contenção
BL-05	Estaca 902 LD	485083	7371612	1,50	cisalhamento direto (50, 100, 200 kPa) e adensamento	SP-1004	Fundação da contenção

Tabela 17 – Quadro resumo dos resultados dos ensaios especiais

Amostr a	Estaca	Local	Condiçã o ensaio	Densidad e umida (g/cm³)	Umidad e natural (%)	Densidad e real dos grãos (g/cm³)	Peso esp. Natura l (g/cm³)	CISALHAMENTO DIRETO		ADENSAMENTO				
								Ângul o de atrito	Coesão (kPa)	Pressão de pré- adensament o (kPa)	E0	Cc	Cv (100 kPa) (cm²/s)	Coeficient e de colapso (I)
BL-01	170+0 6	Fundação do aterro	Inundado	1,699	25,1	2,666	1,81	20,78	20,596	20	0,84 2	0,3 4	0,003*	0,05
BL-02	464	Fundação do aterro	Inundado	1,453	65,4	2,439	1,195	17,02	25,299	40	2,37 8	0,4 8	0,03	-
BL-03	1090	Corte	Inundado	1,771	15,4	2,524	1,793	23,6	2,88	20	0,62 4	0,2 7	0,003*	0,05
BL-03	1090	Corte	Drenado	1,658	18	2,531		22,8	2,969					
BL-04	903	Fundação da contença o perto do rio	Inundado	1,617	35,6	2,55	1,409	24,42	0,562	40	1,45 7	0,6 1	0,03	-
BL-05	902	Fundação da contença o perto do rio	Inundado	1,822	27,7	2,611	1,247	23,25	10,604	30	1,67 5	0,6 1	0,03	-

*- com colapsividade



BL – 01

Figura 18 – Fotografia das coletas de amostras indeformadas.



BL – 02

Figura 19 – Fotografia das coletas de amostras indeformadas.



BL – 03

Figura 20 – Fotografia das coletas de amostras indeformadas.



BL – 04

Figura 21 – Fotografia das coletas de amostras indeformadas.



BL – 05

Figura 22 – Fotografia das coletas de amostras indeformadas.

3.8.3 Análise de estabilidade dos taludes de corte

A seguir são apresentadas as análises de estabilidade das seções de cortes. Importante reforçar que em condições desfavoráveis o carregamento distribuído na faixa foi retirado. Ainda, por existirem predominantemente solos residuais nas primeiras camadas, é muito importante que sejam mantidas as condições de drenagens no topo dos cortes e nas bermas, bem como, a cobertura vegetal em todos os cortes, a fim de serem mantidos os níveis de segurança e valores obtidos nestas análises.

Pela análise das sondagens realizadas, em nenhum dos casos foi identificado nível d'água, caso ocorra a surgência de água em alguma seção ao longo do período de execução, as análises de estabilidade devem ser refeitas e, se necessários, avaliados sistemas específicos de drenagem.

Para as seções referentes as Estaca-220+0, Estaca-286+0, Estaca-381+10, Estaca-393+0, Estaca-724+0, Estaca-776+0, Estaca-820+0, Estaca-866+0, Estaca-925+0, Estaca-1019+0, Estaca-1090+0 e Estaca-1095+0 foram obtidos Fatores de Segurança (FS) superiores ao mínimo estabelecido (1,4).

Para as Estaca-724+0, Estaca-1090+0 e Estaca-1095+0, como os valores de F.S. ficaram muito próximo do valor mínimo solicitado por norma, torna-se indispensável que sejam garantidos sistemas de drenagem e cobertura vegetal para que sejam evitadas as perdas de sucção decorrentes da infiltração da água da chuva.

Tabela 18 – Resumo das análises de estabilidade dos taludes de corte.

Estaca	Topografia	Sondagem	Nível d'água	Fator de segurança da seção original	Solução de estabilidade	F.S. após solução
220+00	Corte	SP 49 50 51	Ausente	1,629		
286+00	Corte	SP 61 62 63	Ausente	2,437		
381+10	Corte	SP 77 78 79	Ausente	2,281		
393+00	Corte	SP 83 84 85	Ausente	2,155		

Estaca	Topografia	Sondagem	Nível d'água	Fator de segurança da seção original	Solução de estabilidade	F.S. após solução
411+00	Corte	SP 269 270 271	Ausente	1,320	Retaludamento : alteração na geometria	1,561
724+00	Corte	SP 129 130 131	Ausente	1,425		
776+00	Corte	SP 140 141 142	Ausente	1,984		
820+00	Corte	SP-148 149 150	Ausente	2,159		
866+00	Corte	SP 160 161 162	Ausente	2,319		
925+00	Corte	SP 272 273 274	Ausente	2,326		
944+00	Corte	SP-273	Ausente	2,139		
1019+00	Corte	SP 187 188 189	Ausente	2,439		
1090+00	Corte LE	SP 201 202 203 204 205	Ausente	1,068	Retaludamento : alteração na geometria	1,493
1090+00	Corte LD	SP 201 202 203 204 205	Ausente	1,168		1,413
1095+00	Corte LE	SP 206 207 208	Ausente			1,463
1095+00	Corte LD	SP 206 207 208	Ausente			1,424
1140+00	Corte	SP-206	Ausente	2,100		
1230+00	Corte	SP 275 276 277	Ausente	1,500		
1352+00	Corte	SP-251	Ausente	1,752		

Para a Estaca-411+0 a estabilidade do corte resultou em valor final de F.S. inferior ao mínimo estabelecido, sendo a ruptura caracteristicamente planar no contato entre dos materiais, a argila arenosa mole (laranja) e o silte argiloso rijo (rosa). Para que a segurança do talude fosse garantida, optou-se pelo abatimento do talude, ficando com configuração 1, 5H:1V, com isso há um ganho razoável de segurança. Na Figura 23 é

apresentado o novo perfil com o talude já ajustado. Ressalta-se que é fundamental que este abatimento do talude seja realizado de acordo com o analisado.

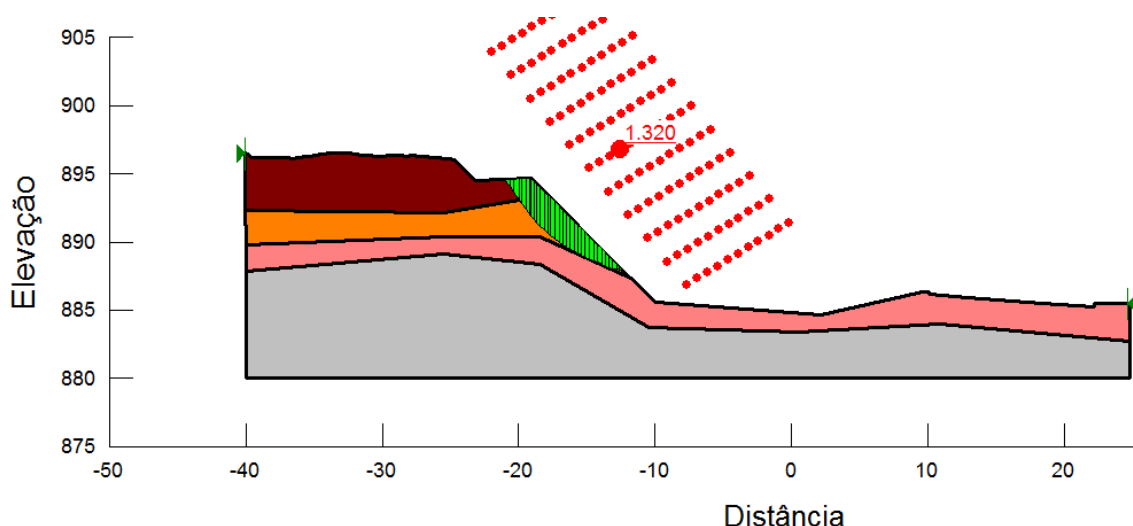


Figura 23 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 411+0

Para a Estaca-1090+0 foram avaliados os dois lados da rodovia, em ambos foram constatados problemas de segurança, conforme pode ser observado na Figura 24. Com isto foi realizada uma nova definição de seção com retaludamento e deslocamento do topo do talude 3 metros para fora do corte de de ambos os lados. A nova seção avaliada está apresentada nas Figuras 39 e 40 e ressalta-se que é fundamental que este abatimento do talude seja realizado de acordo com o analisado, resultado no aumento do Fator de Segurança e também da área de desapropriação. As Estacas 1090+0 e 1095+0 são representativas de toda a extensão da variante, por isso considerou a solução adotada para toda a extensão do corte.

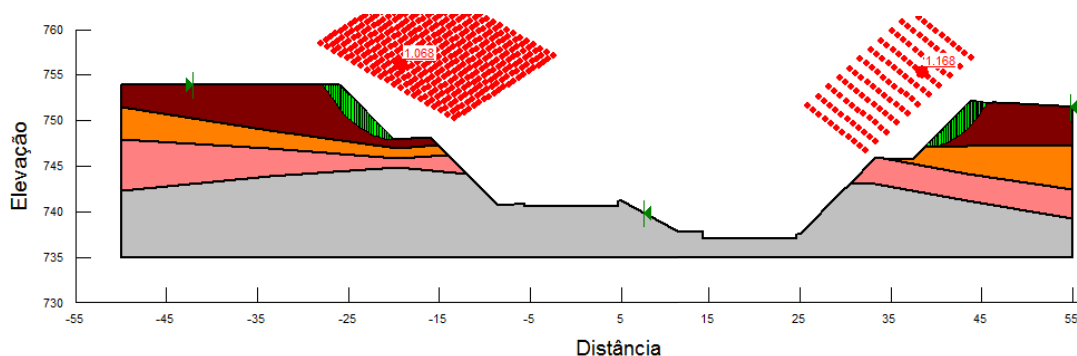


Figura 24 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1090 [Lado Direito (F.S. = 1,168) e Lado Esquerdo (F.S. = 1,068)]

Solução adotada na Estaca 411+00: abatimento do talude de 1:1 para 1,5:1 mantendo a berma, com isso houve um aumento do offset do corte em aproximadamente 3 metros, na extensão entre as estacas 410+10 a 412, resultando em um aumento de 100 m² de desapropriação. A área do offset inicial, antes da solução, já seria desapropriada.



Figura 25 – Aumento da área de desapropriação com abatimento do talude.
(Aumento está indicado em rosa).

Solução adotada nos cortes da variante Estacas 1090+00 e 1095+00: retaludamento e abatimento do talude de 1:1 para 1,5:1 aumentando uma berma e reduzindo a altura dos taludes, com isso houve um aumento do offset do corte em aproximadamente 3 metros, na extensão margem esquerda da estaca 1085 a 1105, resultando em um aumento de 1250 m² de desapropriação do lado esquerdo, no lado direito já estava prevista a desapropriação até a faixa de domínio existente. A área do offset inicial, antes da solução, já seria desapropriada.

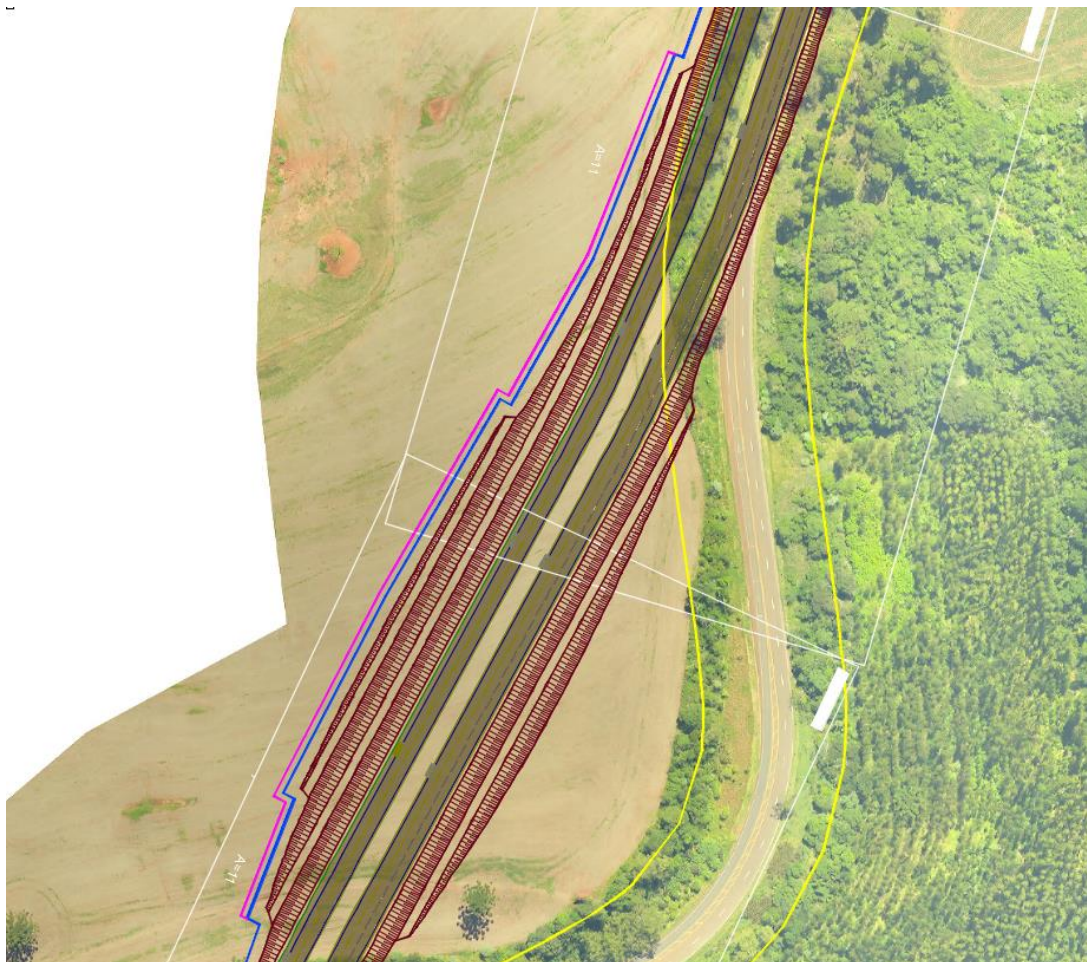
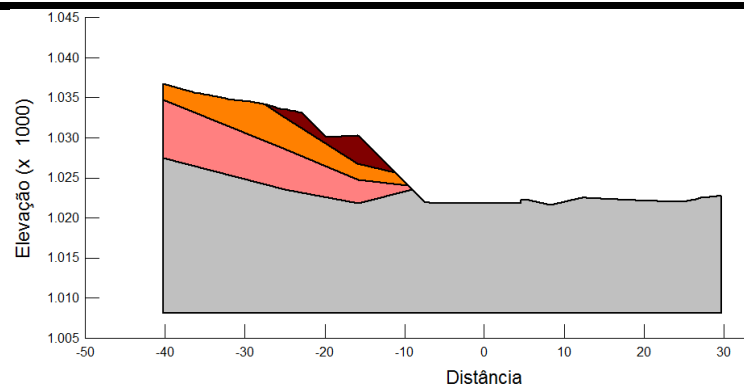


Figura 26 - Aumento da área de desapropriação com abatimento do talude. (Aumento está indicado em rosa).



(a) Seção analisada

SPT considerado SP-49,
SP-50 e SP-51

Coesão
(kPa)

Ângulo de
atrito (°)

Peso
específico
(kN/m³)

Argila siltoarenosa
mole

10

22

15

Argila siltoarenosa
mole a média

14

25

15

Silte argiloso rijo

30

32

16

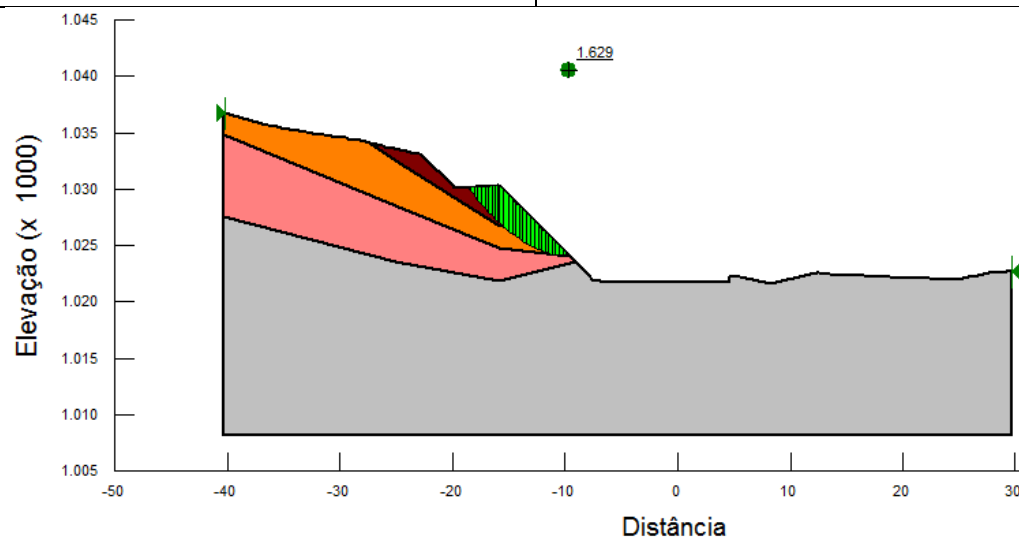
Silte argiloso duro

30

40

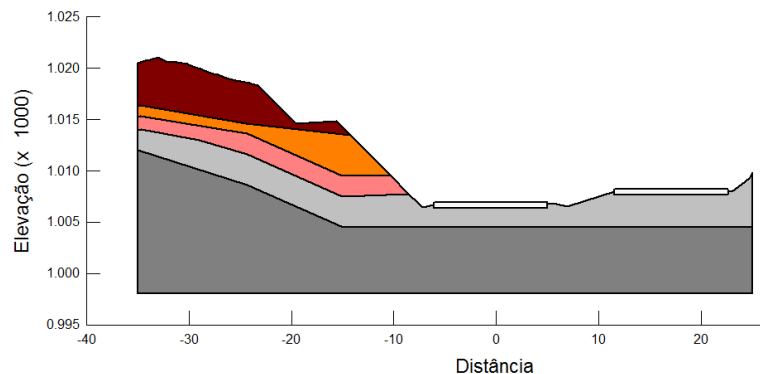
17

(b) Parâmetros utilizados



(c) Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 27 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 220+0

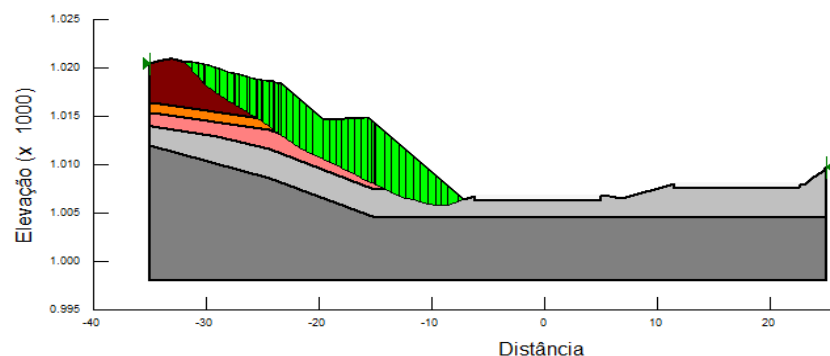


Seção analisada

 SPT considerado SP-61,
SP-62 e SP-63

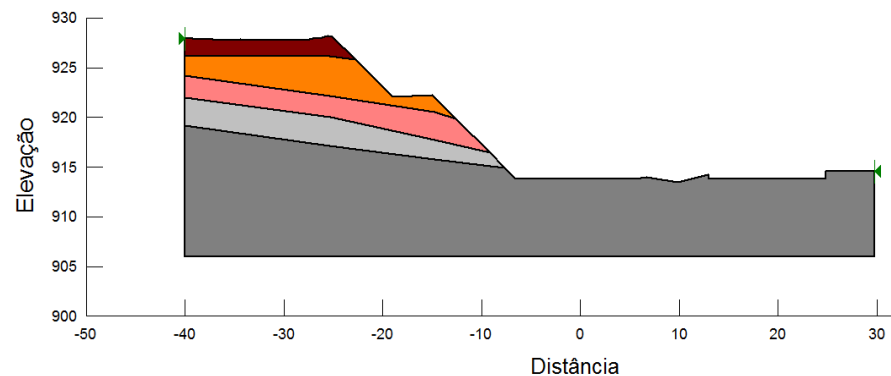
	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila arenosa, mole	17	26	12
Argila siltosa, média	30	30	16
Silte argiloso, rijo	30	34	17
Silte argiloso, duro	30	35	17
Silte arenoso, duro	30	35	17

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte e detalhe do FS obtido

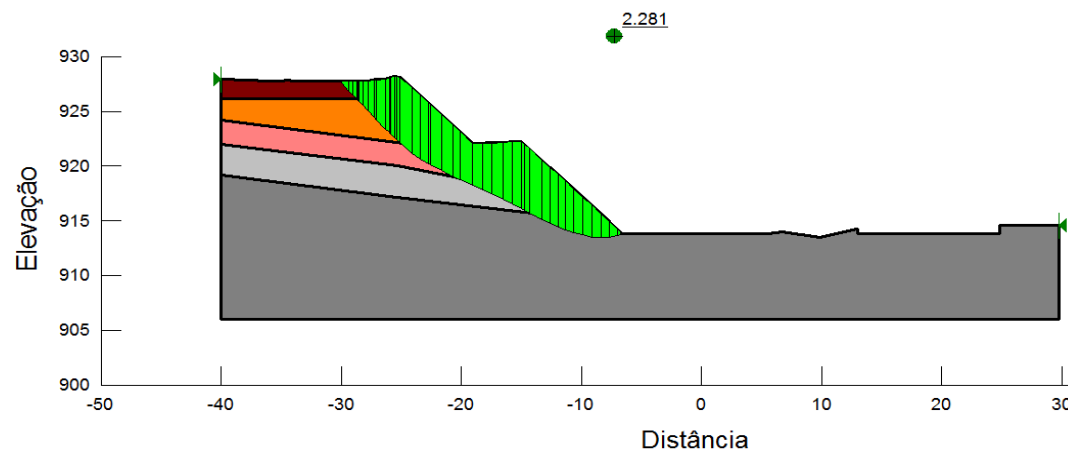
Figura 28 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 286+0



SPT considerado SP-77, SP-78 e SP-79	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila arenosa muito mole a mole	6	21	13
Argila arenosa mole a média	20	27	13
Silte argiloso médio	29	29	14
Silte argiloso rijo	30	33	14
Silte argiloso duro	30	35	16

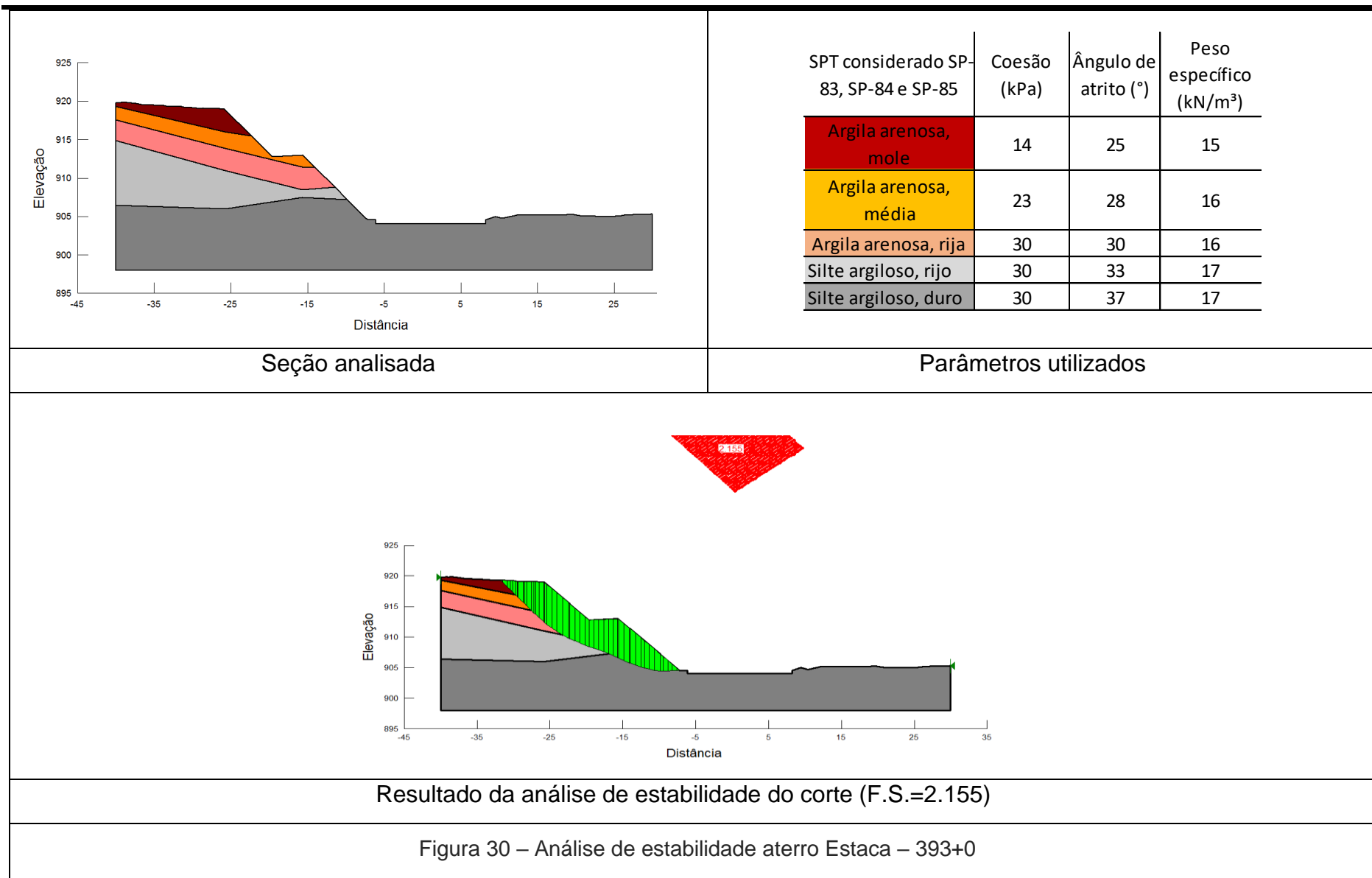
Seção analisada

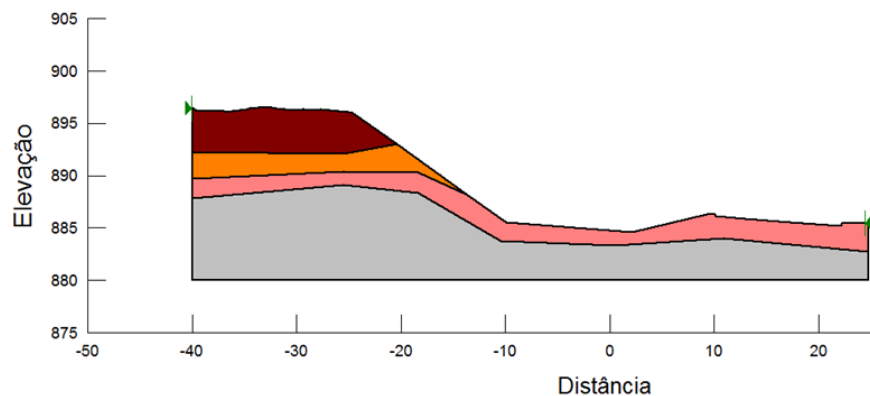
Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 29 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 381+10

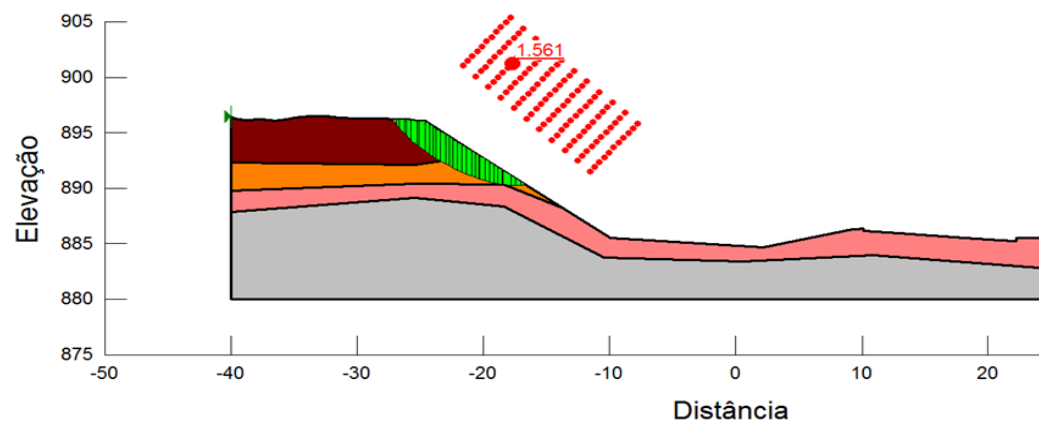




Seção analisada

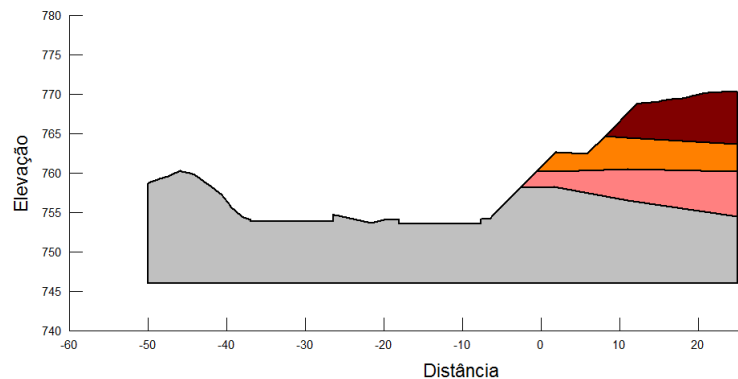
SPT considerado SP-269, 270 e 271	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila arenosa muito mole a mole	6	21	14
Argila arenosa mole	9	23	14
Silte argiloso médio	29	29	16
Silte argiloso duro	30	39	17

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

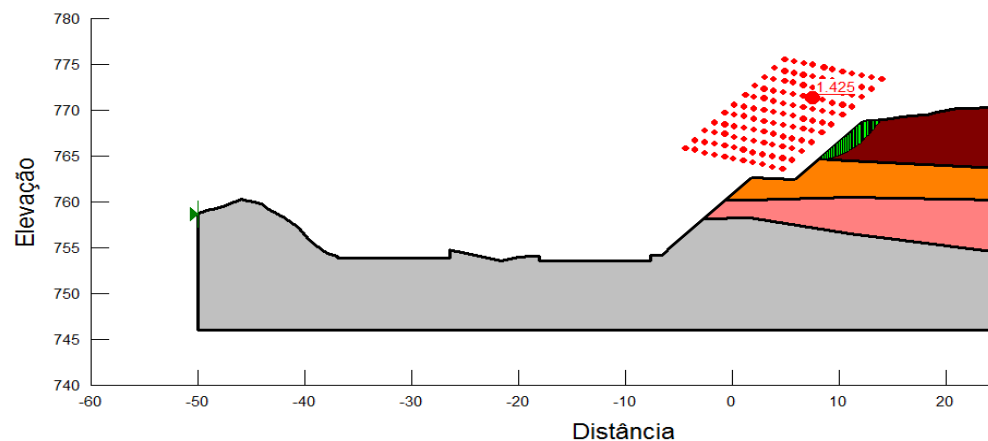
Figura 31 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 411+0



SPT considerado SP-129, SP-130, SP-131	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila siltosa, mole	6	21	13
Argila siltosa, média	17	28	16
Argila siltosa, rija	30	32	16
Argila siltosa, dura	30	36	17

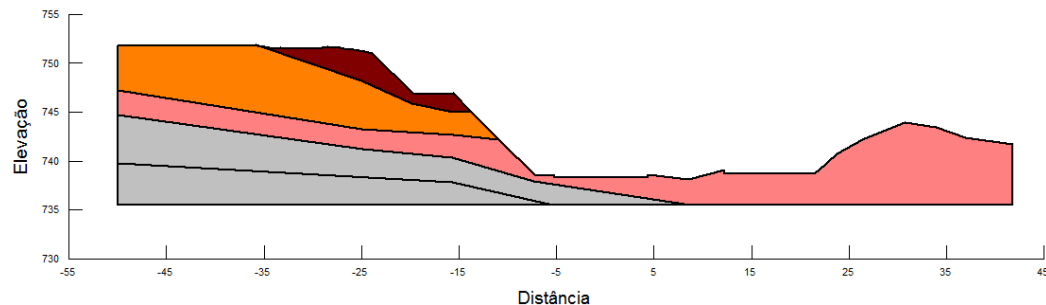
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 32 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 724+0



SPT considerado SP-140,
SP-141 e SP-142

Coesão
(kPa)

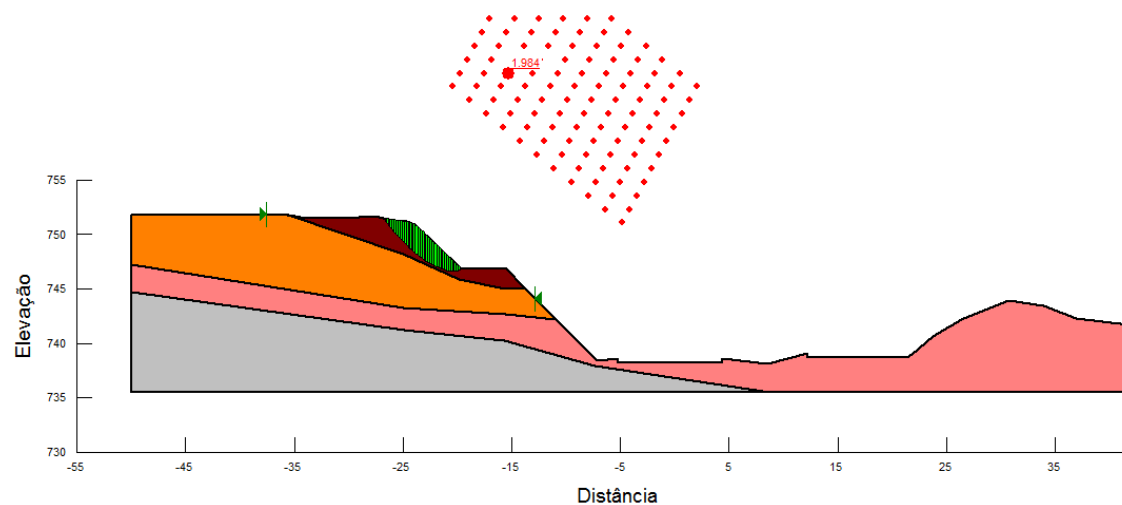
Ângulo de
atrito (°)

Peso
específico
(kN/m³)

Argila siltosa mole a muito mole	11	24	13
Argila siltosa média	26	28	16
Argila siltosa rija	30	32	16
Silte argiloso duro	30	38	17

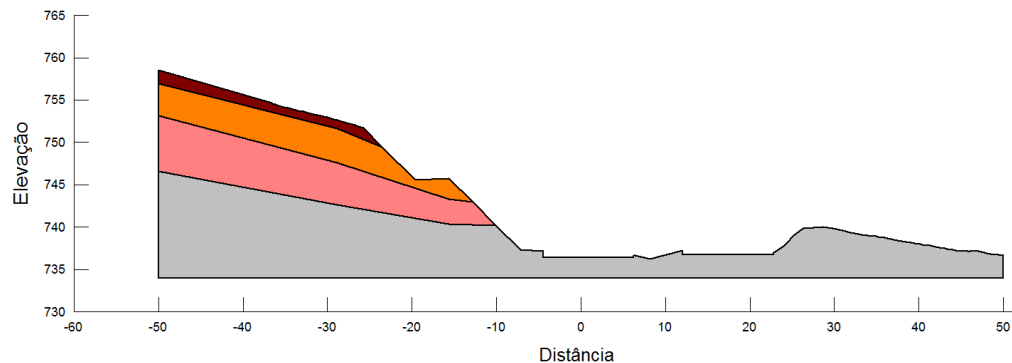
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

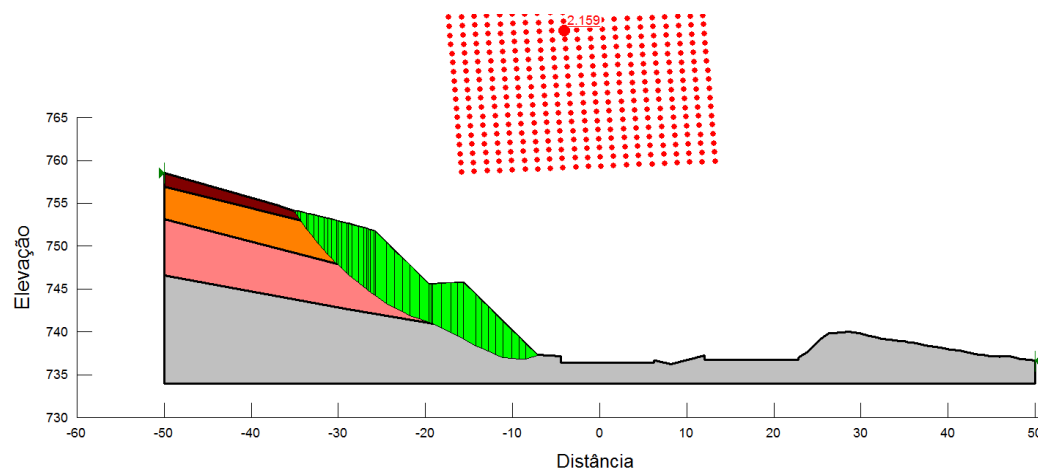
Figura 33 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 776+0



SPT considerado SP-148, SP-149, SP-150	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Silte argiloso, médio	17	26	15
Silte argiloso, rijo	30	31	16
Silte argiloso, duro	30	32	17
Silte, duro	30	35	18

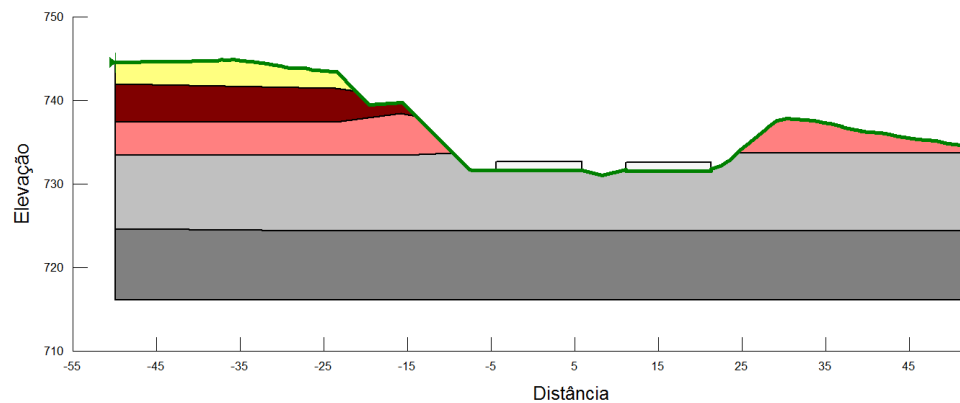
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

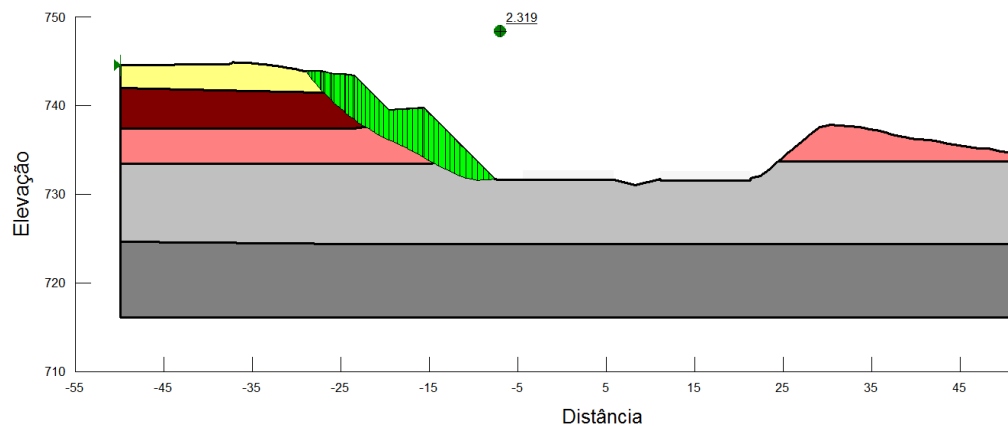
Figura 34 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 820+0



SPT considerado SP-160, SP-161 e SP-162	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila siltosa mole	11	24	15
Argila siltosa média	20	27	16
Silte argilosos rijo	30	32	16
Silte argiloso médio a duro	30	37	17
Silte argiloso duro	30	39	17

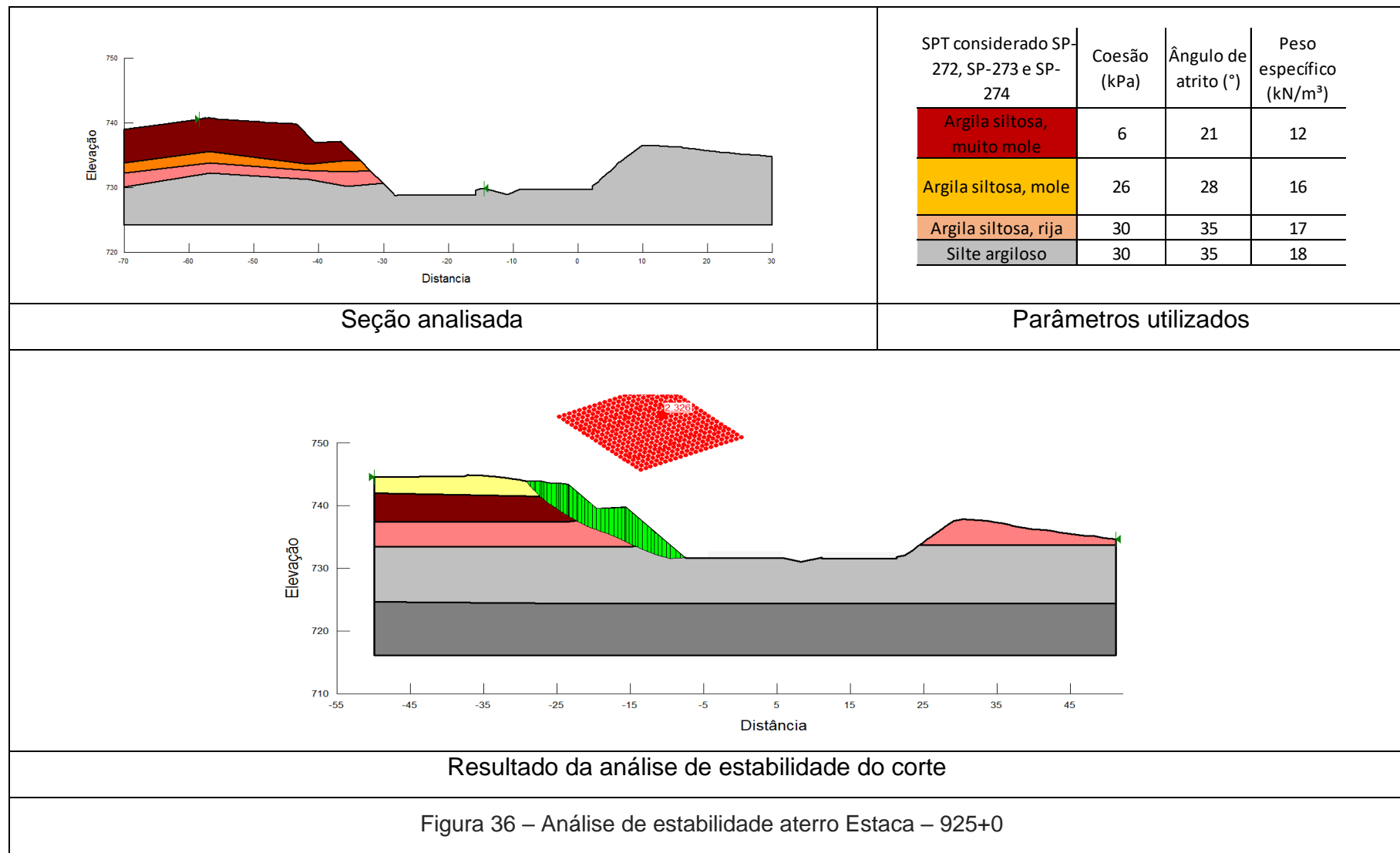
Seção analisada

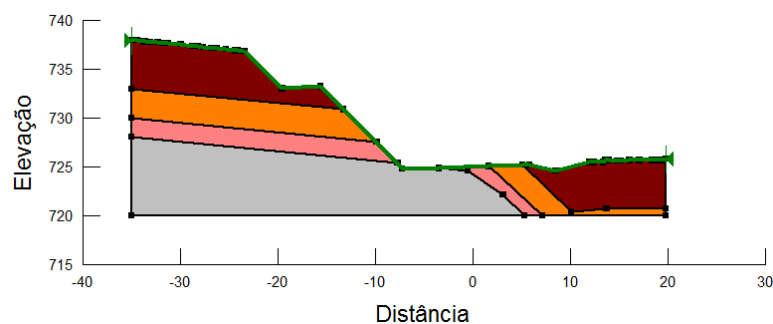
Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 35 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 866+0

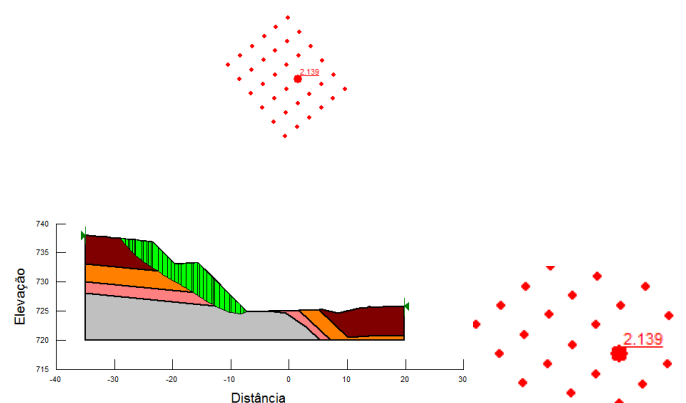




Seção analisada

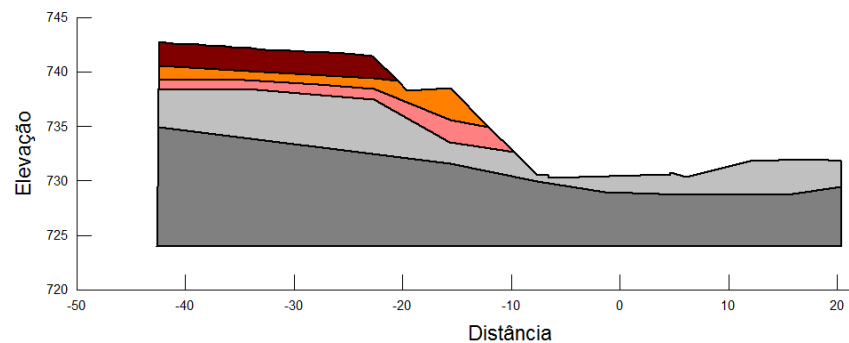
SPT considerado SP-273	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila arenosa muito mole	9	23	13
Argila arenosa média	29	29	16
Silte argiloso muito rijo	30	38	17
Silte argiloso duro	30	43	18

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 37 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 944+00



SPT considerado SP-187, SP-188 e SP-189

Coesão (kPa)

Ângulo de atrito (°)

Peso específico (kN/m³)

Argila siltosa, mole

14

25

13

Argila siltosa, média

23

28

16

Argila siltosa, rija

30

30

16

Silte argiloso, duro

30

32

17

Silte argiloso, duro

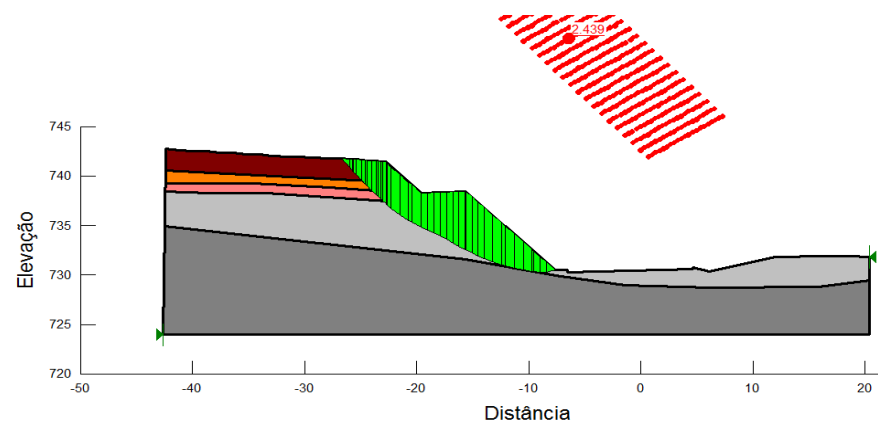
30

35

17

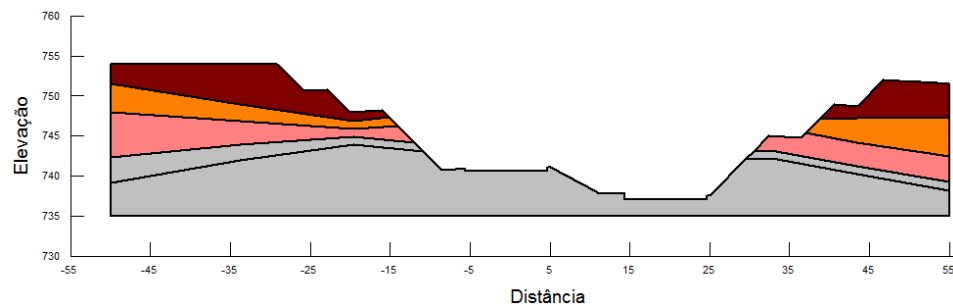
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 38 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1019+0



SPT considerado SP-201, SP-202, SP-203, SP-204 e SP-205

Coesão (kPa)

Ângulo de atrito (°)

Peso específico (kN/m³)

Argila siltosa, muito mole

6

21

13

Argila siltosa, média

23

28

16

Argila siltosa, rija

30

34

17

Silte argiloso, duro

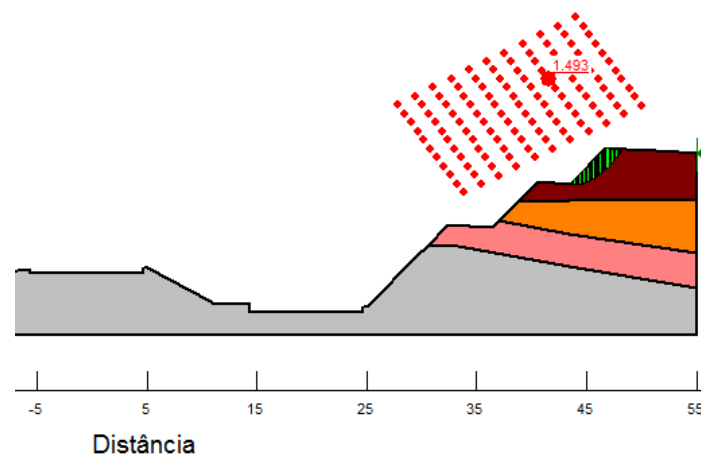
30

43

18

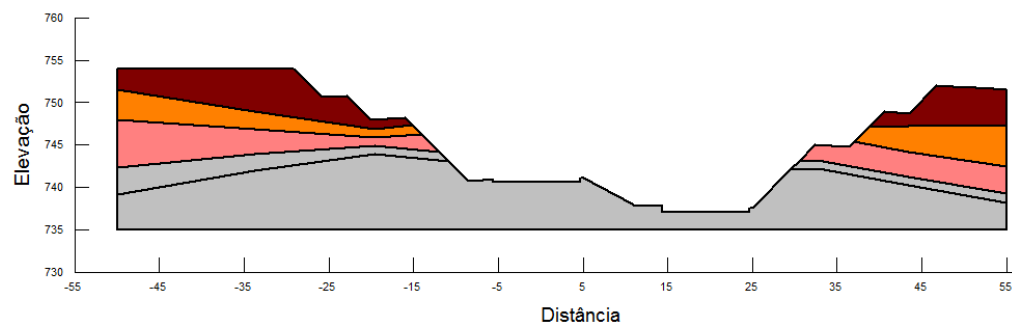
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 39 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1090+00 (Lado direito)



SPT considerado SP-201, SP-202, SP-203, SP-204 e SP-205

Coesão (kPa)

Ângulo de atrito (°)

Peso específico (kN/m³)

Argila siltosa, muito mole

6

21

13

Argila siltosa, média

23

28

16

Argila siltosa, rija

30

34

17

Silte argiloso, duro

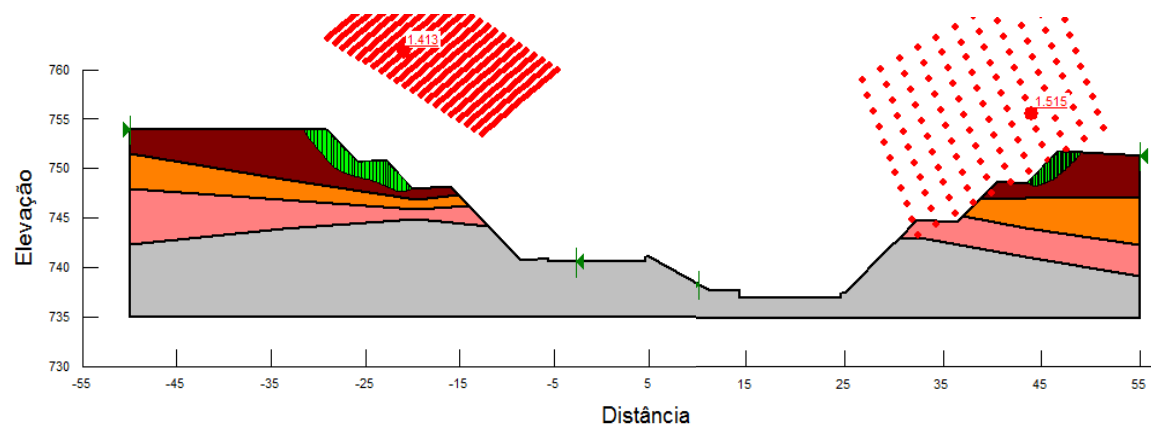
30

43

18

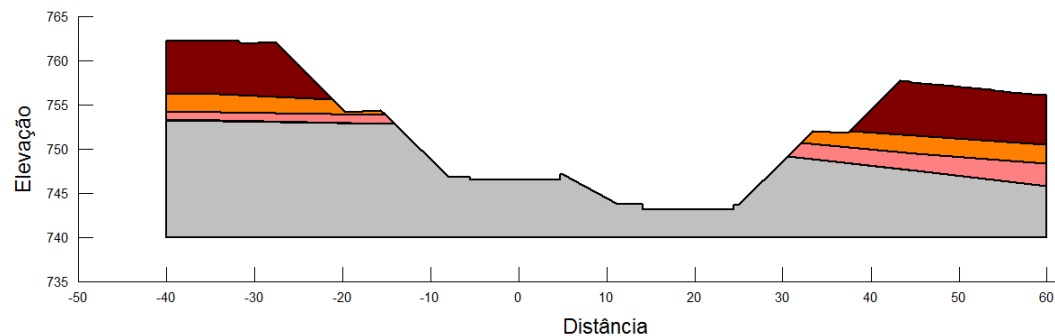
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

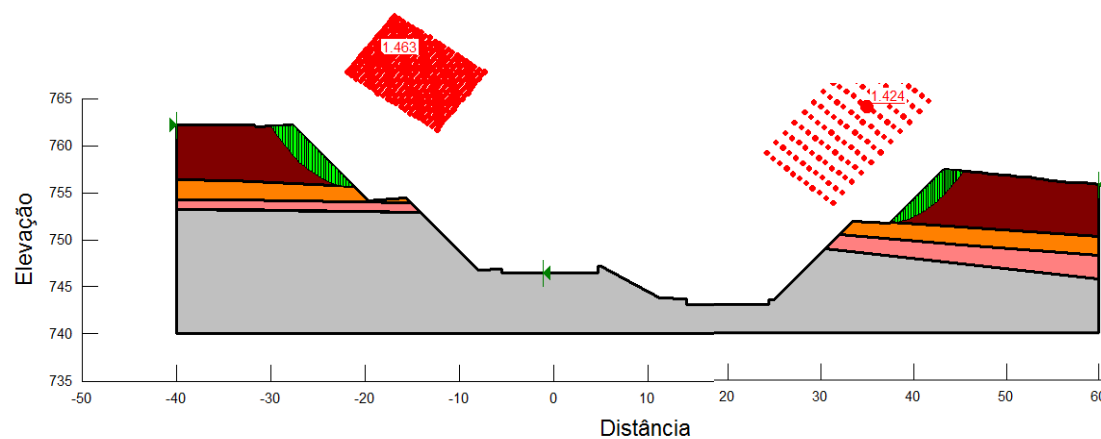
Figura 40 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1090+0 (Lado esquerdo)



SPT considerado SP-206, SP-207 e SP-208	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila arenosa, mole	11	24	15
Argila arenosa, média	30	31	16
Silte argiloso, compacto	30	32	17
Silte argiloso, duro	30	35	18

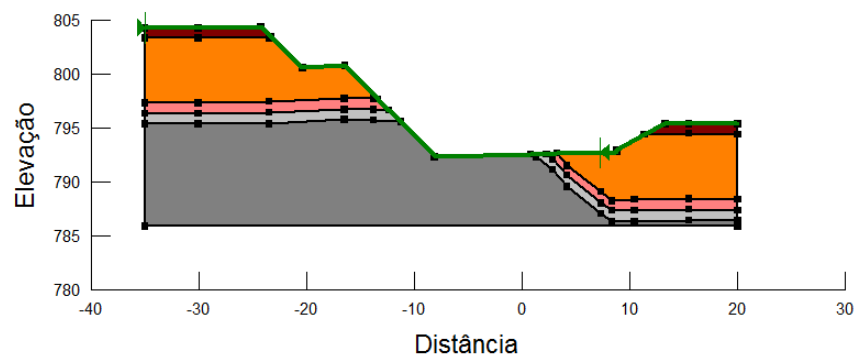
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

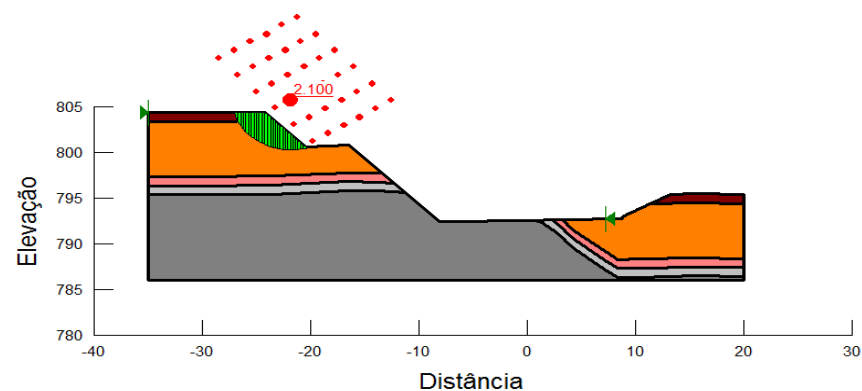
Figura 41 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1095+0



Seção analisada

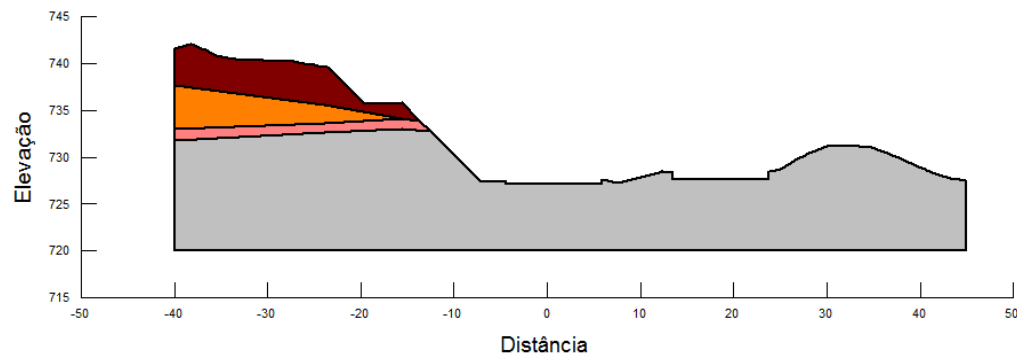
SPT considerado SP-206	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila siltosa mole	14	25	15
Argila siltosa muito mole	9	23	13
Silte argiloso rijo	30	32	16
Silte argiloso muito rijo	30	38	17
Silte argiloso duro	30	43	18

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

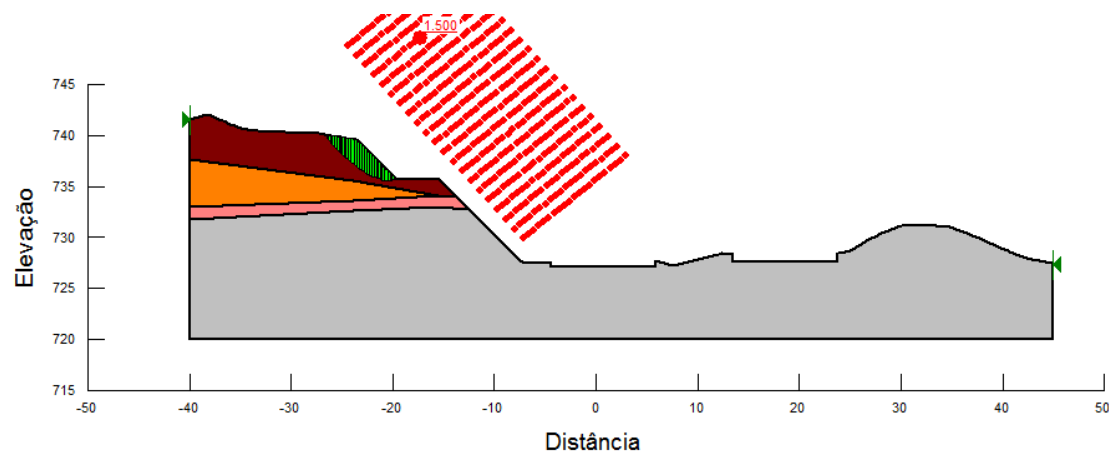
Figura 42 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1140+00



SPT considerado SP-275, SP-276 e SP-277	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila arenosa, mole	7	21	13
Argila siltosa, média	30	33	17
Argila siltosa, compacta	30	37	17
Argila siltosa, dura	30	37	18

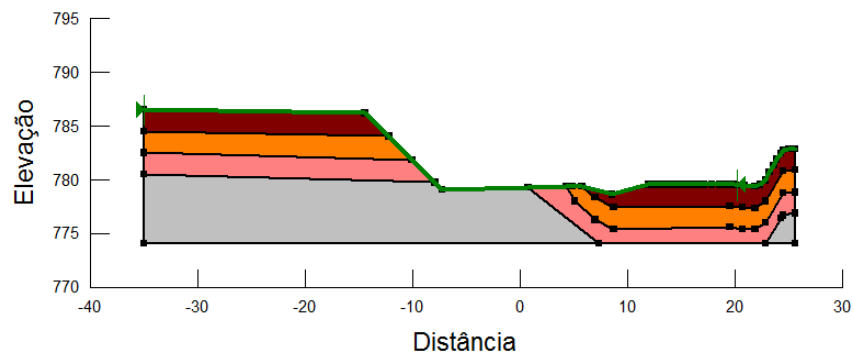
Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

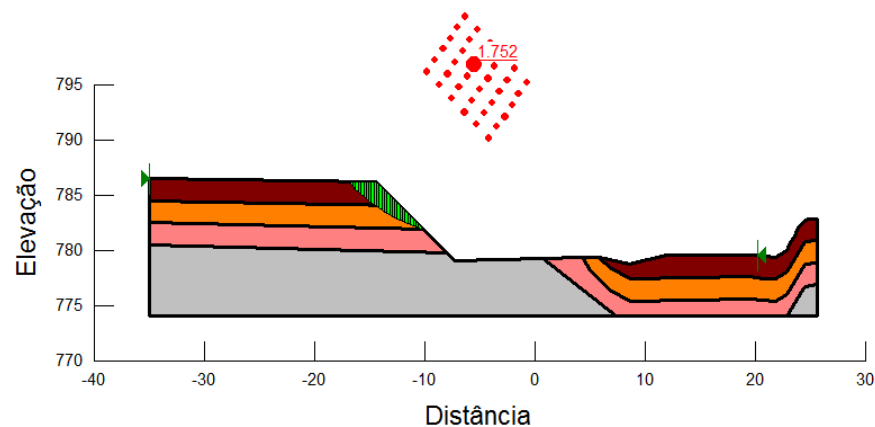
Figura 43 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1230+0



SPT considerado SP-251	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Argila arenosa muito mole	6	21	13
Argila arenosa mole	9	23	15
Argila arenosa média	23	28	16
Silte arenoso pouco compacto	26	28	15

Seção analisada

Parâmetros utilizados



Resultado da análise de estabilidade do corte

Figura 44 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1352+00

3.8.3.1 Taludes de Corte em Ramos e Retornos

Foram analisadas as estabilidades de 05 taludes de corte dos ramos e retornos, quando estes apresentaram altura superiores a 5 metros. Também foi analisado um aterro no ramo 200.

Tabela 19 – Análise de Estabilidade de ramos e retornos

RAMO / RETORNO	ESTACA	TERRENO	SOND.	FATOR DE SEGURANÇA		Estabilidade
				sem N.A.	com N.A.	
RAMO 200	205+00	CORTE	SM-287	1,272	1,112	Instável
RAMO 200	218+00	ATERRO	SP-205	1,155		Instável
RAMO 300	311+00	CORTE	SM-287	1,208	1,05	Instável
RETORNO 850	3+00	CORTE	SP-150	2,58	2,217	Estável
RETORNO 990	2+00	CORTE	SP-274	1,32	1,079	Instável
RETORNO 1135	4+00	CORTE	SP-292	2,394	2,337	Estável

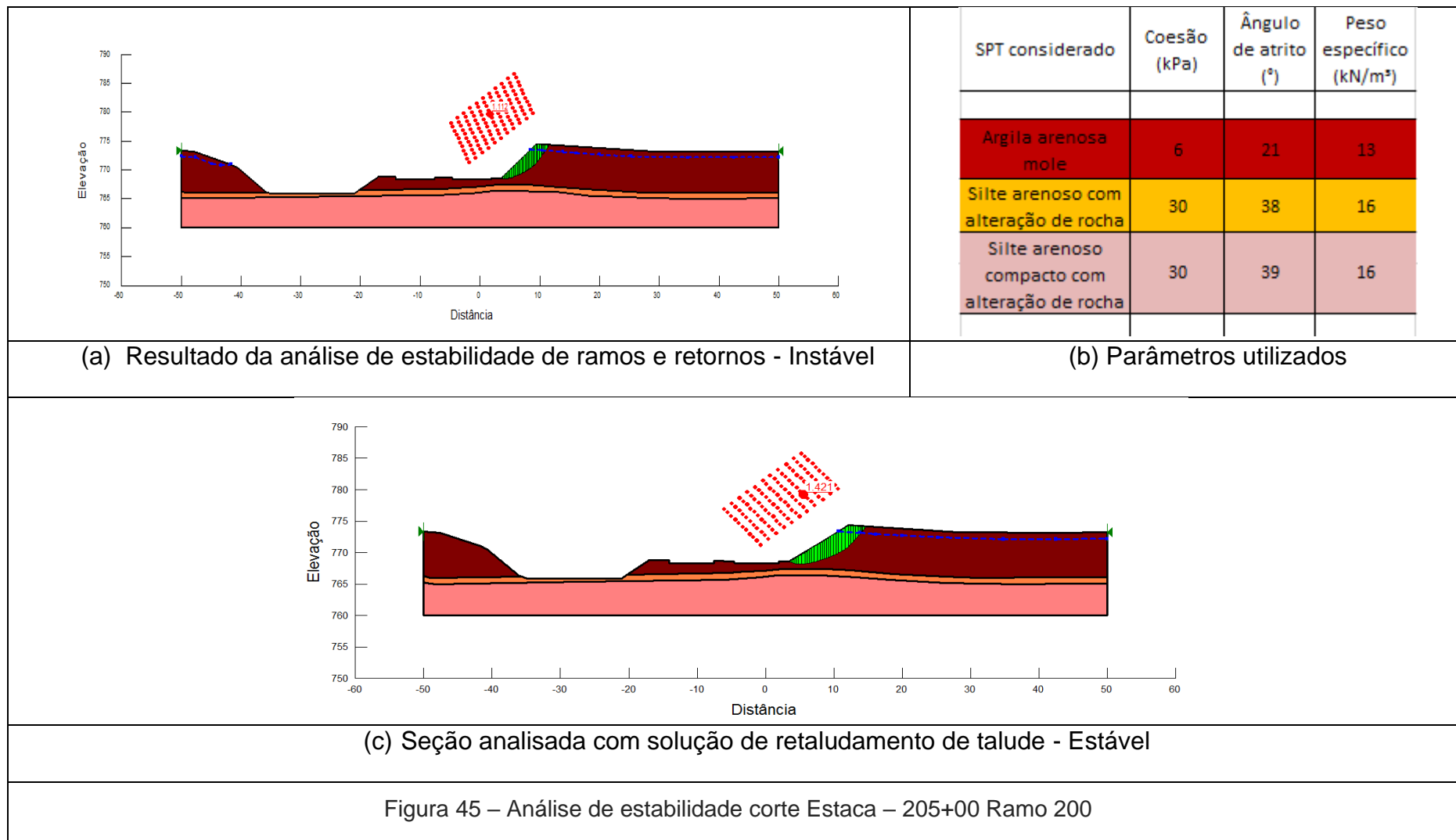
As seções Retorno 850+00 – Estaca 3+00 e Retorno 1135 – Estaca 4+00 estão estáveis. Seguindo a NBR 11682, pois apresentam fator de segurança superior a 1,4. Já para as outras seções, que não atingiram o fator de segurança mínimo foram estudadas as seguintes soluções:

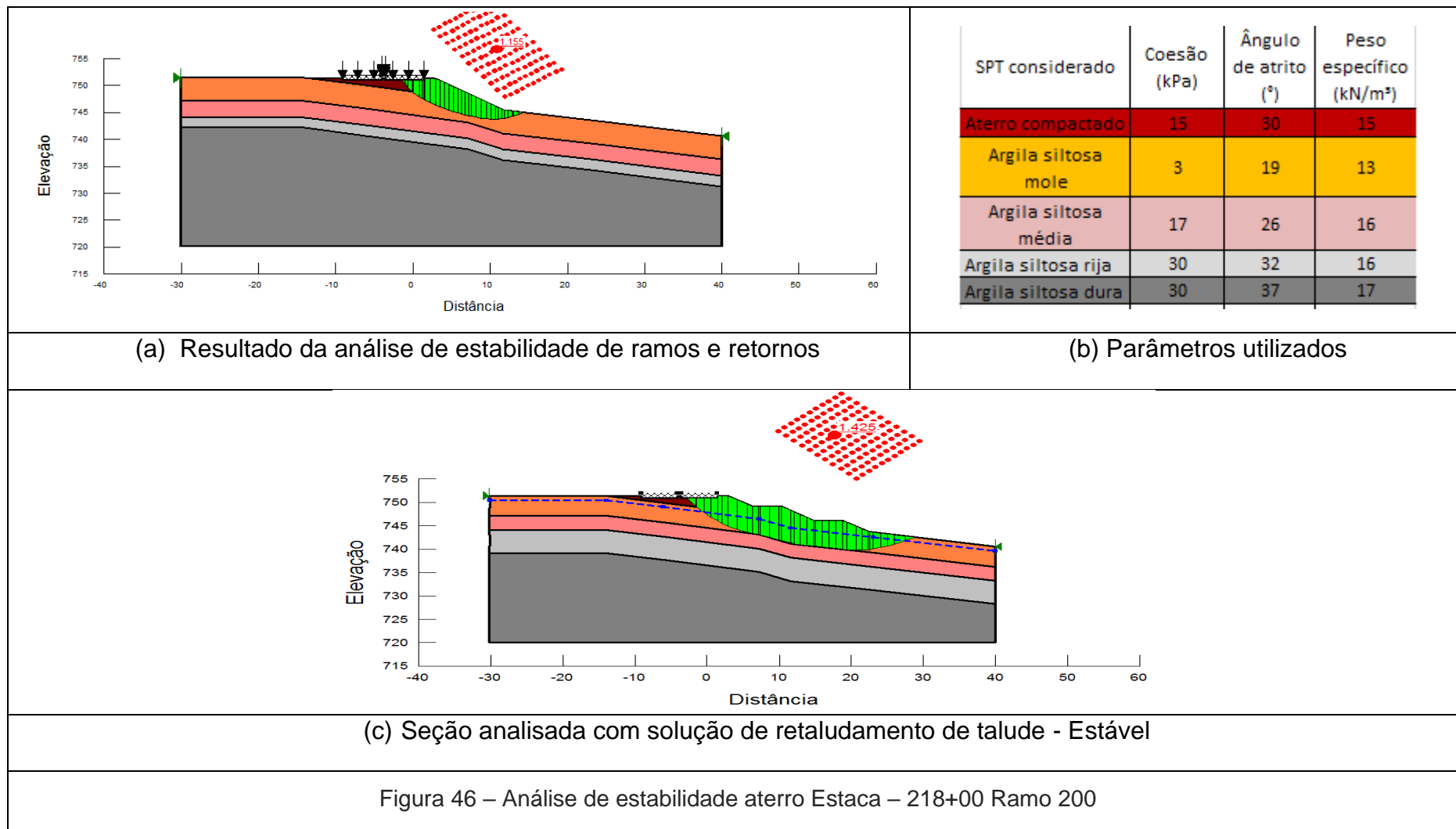
Para o talude de corte Ramo 200 – Estaca 205+00 foi feito o abatimento do talude para 1, 5H:1V, assim o talude alcança o valor de fator de segurança igual a 1,421.

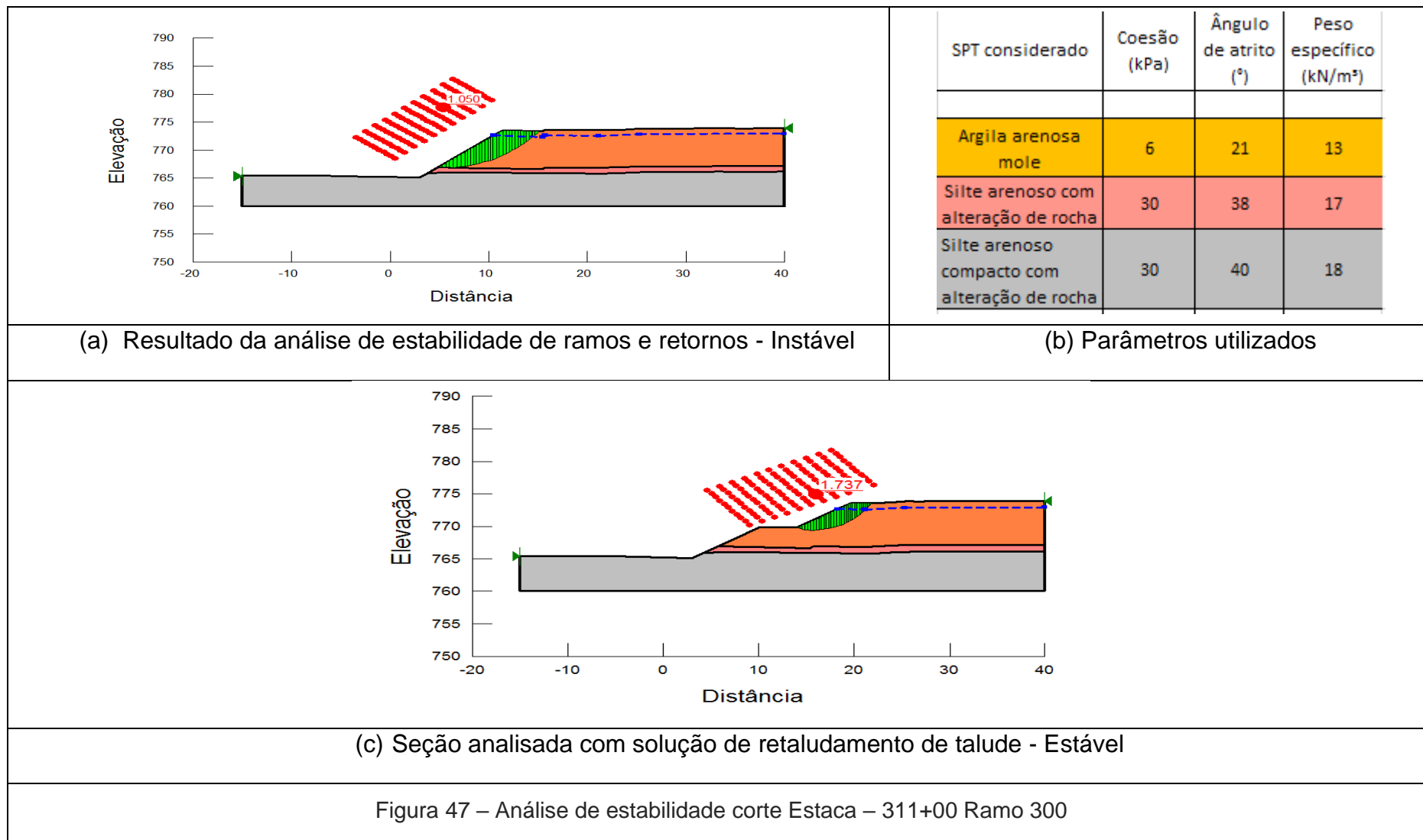
Para o talude de aterro Ramo 200 – Estaca 218+00 foi necessário o acréscimo de duas bermas com 4,00 metros cada. Assim o talude atinge a estabilidade com um fator de segurança igual 1,425.

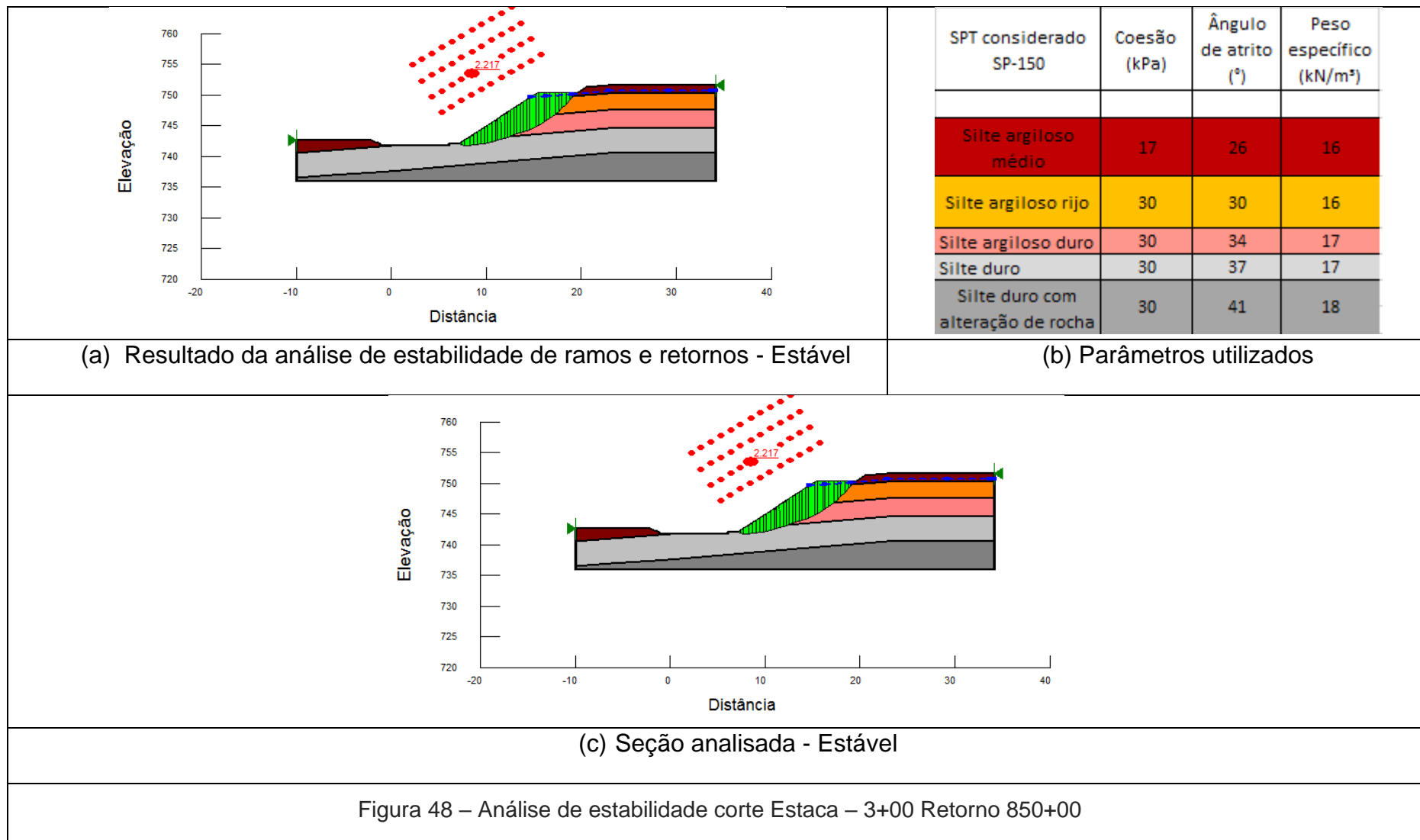
Para o talude de corte Ramo 300 - Estaca 311+00 o retaludamento consistiu em um abatimento da declividade de 1,5 H:1V e o acréscimo de uma berma de 4,00 metros. Chegando a um fator de segurança de 1,737, portanto, estável.

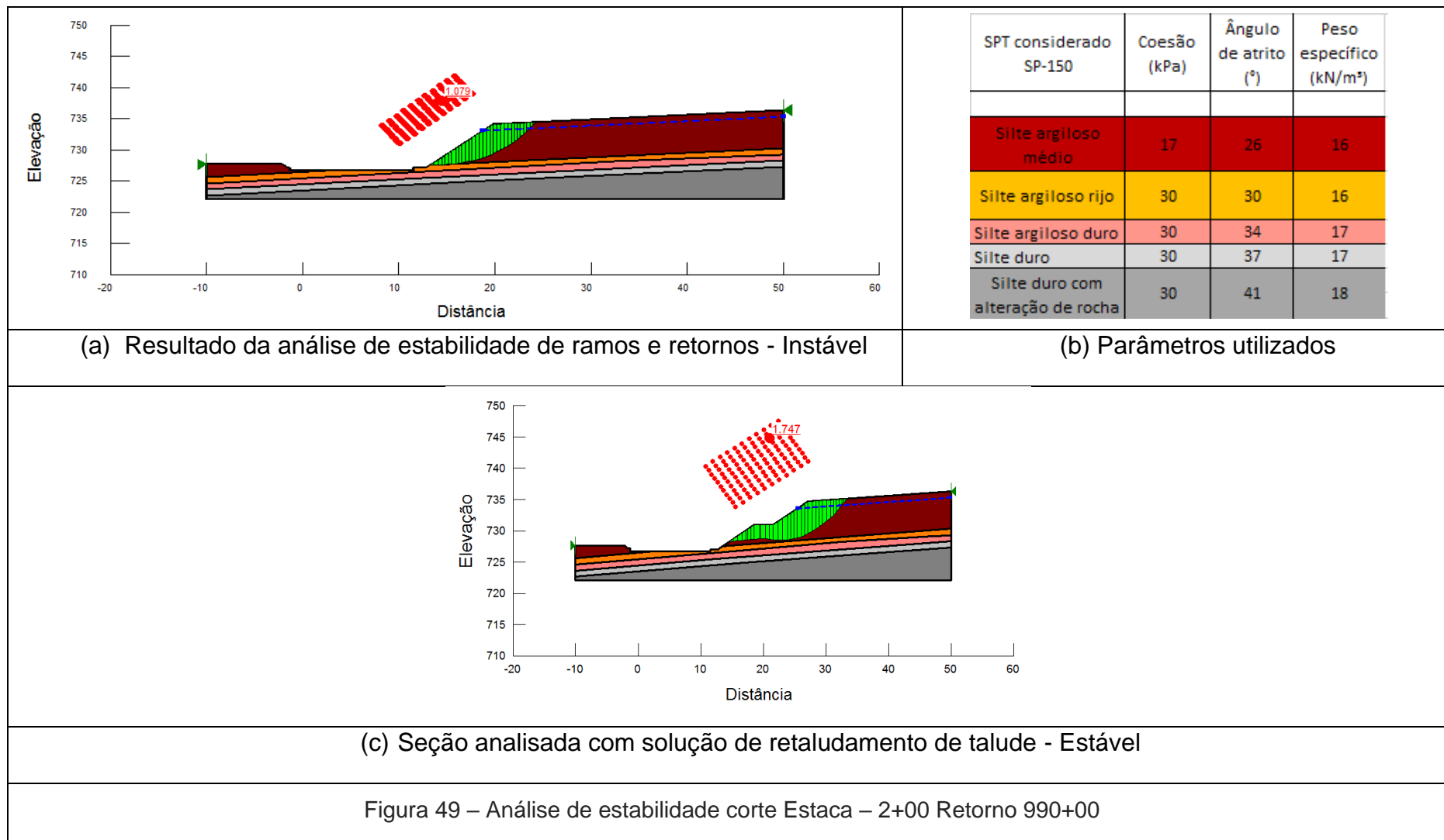
Por último, para a seção Retorno 990+00 - Estaca 2+00 a solução de estabilidade encontrada foi o abatimento da declividade do talude de 1,5H:1,0V e o acréscimo de uma berma de 3,00 metros. Elevando o fator de segurança para 1,747, tornando a condição do talude estável.

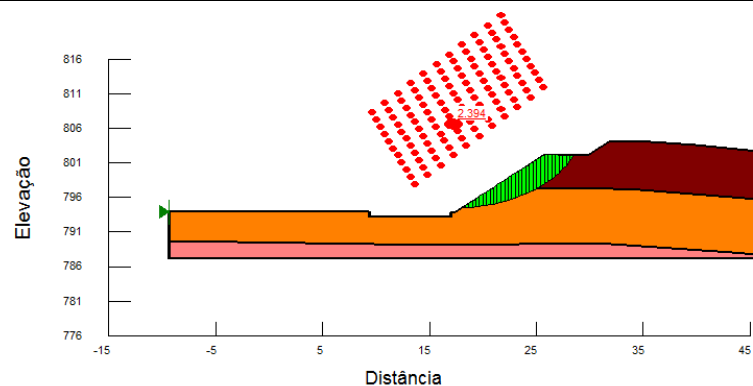












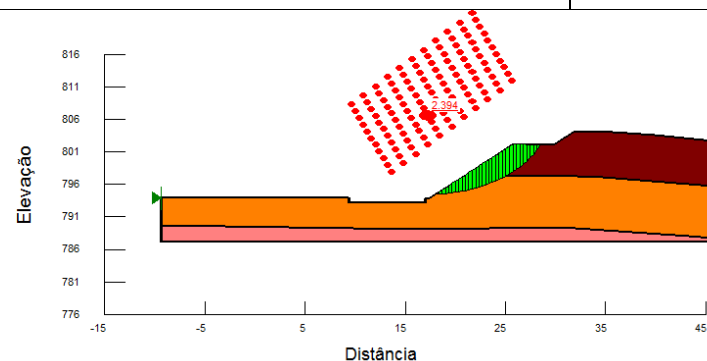
(a) Resultado da análise de estabilidade de ramos e retornos - Estável

SPT considerado	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Silte argiloso médio	20	27	16
Argila siltosa rija	30	32	16
Argila siltosa muito rija	30	37	17

(b) Parâmetros utilizados

(c)

(d)



(e) Seção analisada - Estável

Figura 50 – Análise de estabilidade corte Estaca – 4+00 Retorno 1135+00

3.8.3.2 Conclusões e recomendações

As condições de estabilidade analisadas só permanecem mantidas se a condição do solo permanecer não saturada, por isso considera-se de suma importância a execução e manutenção dos sistemas de drenagem eficientes nos taludes de corte analisados.

Como o solo tem comportamento colapsível, qualquer surgência de água durante a execução da obra deverá ser avaliada para verificação das estabilidades dos taludes envolvidos.

3.8.4 Análise de estabilidade dos aterros – Talude e Fundação

As análises de estabilidade dos aterros foram realizadas para estruturas com altura de aterro igual ou superior a 5 metros (Tabela 14), totalizando 37 seções analisadas. Para facilitar o entendimento das soluções, os resultados e as análises foram divididos em 2 grupos:

- Sem nível d'água
- Com nível d'água
- Identificado na sondagem
- Inferido a partir do levantamento topográfico (para as seções de bueiro)

Devido ao caráter colapsível do solo, onde a presença de água atuando na saturação deste leva ao colapso da estrutura, avaliou-se, com atenção, as seções que contém bueiros. As seções foram avaliadas individualmente quanto à estabilidade e recalque. Nas seções com bueiros onde foram cadastrados cursos d'água pela topografia, mesmo que a sondagem não tenha apresentado N.A., as seções foram avaliadas com N.A. inferido.

Ressalta-se que devido às características do solo, quando a seção é analisada com N.A. inferido, há perda no Fator de Segurança (F.S.) da estabilidade e a camada de solo apresenta recalque. De maneira geral, neste tipo de solo, sempre que há presença de água há recalque. A opção por analisar a seção considerando um nível d'água inferido preza pela segurança do projeto, porém a verificação da necessidade das soluções projetadas deve ser avaliada em campo durante a execução da obra. As estruturas de

drenagem e outras situações com presença de água devem ser executados com máxima cautela para evitar perda d' água para o maciço de solo.

Tabela 20 – Resumo das seções de aterro analisadas.

Estaca	Sondagem de referência	Topografia	Drenagem	Altura do aterro projetado (relação ao terreno)	F.S. Global	F.S. do Aterro	N.A.	F.S. Global com solução	F.S. do Aterro com solução	F.S. Global com N.A. inferido	F.S. do Aterro com N.A. inferido	Observações
11+00		Aterro	Bueiro									Projetado em corte - não calculado
24+16	SP-05*	Aterro	Bueiro	1.7			cadastrado na topografia					Altura insignificante - não calculado
32+04	SP-05	Aterro	Bueiro	6.7	2.202	2.415	1.03					
48+12	SP-13	Aterro	Bueiro	6.83	1.753	1.861	1.17					
60+05	SP-15*	Aterro	Canal	15.67			cadastrado na topografia			1.678	2.218	Seção 61+00 analisada com N.A. inferido a 1.4 m
61+00	SP-15	Aterro			1.682	2.517	Ausente					
81+08	SP-20	Aterro	Bueiro		1.647	2.088	Ausente					
97+00	SP-22	Aterro	Bueiro		1.719	1.851	Ausente					
126+00	SP-29	Aterro	Bueiro		1.778	2.502	Ausente					
142+09	SP-34	Aterro	Bueiro	14.28			cadastrado na topografia			1.461	1.489	Seção 143+08 analisada com N.A. inferido a 1.4 m

Estaca	Sondagem de referência	Topografia	Drenagem	Altura do aterro projetado (relação ao terreno)	F.S. Global	F.S. do Aterro	N.A.	F.S. Global com solução	F.S. do Aterro com solução	F.S. Global com N.A. inferido	F.S. do Aterro com N.A. inferido	Observações
143+08	SP-34	Aterro			1.477	1.75	Ausente	1.502	1.89			Retaludamento do talude existente e projetado 1:1.5 (sem aumento do offset)
169+14	SP-39	Aterro	Bueiro	15.85			cadastrado na topografia			1.343	1.661	Seção 170+06 analisada com N.A. inferido a 1.4 m
170+06	SP-39	Aterro			1.399	1.503	Ausente	1.47	1.961			Retaludamento do existente e do projetado 1:1.5 cm berma de 4m
175+06	SP-40	Aterro			1.994	2.145	Ausente					
199+08	SP-44	Aterro			1.729	2.012	Ausente					
347+07	SP-73	Aterro			1.904	2.104	Ausente					
349+18	SP-73	Aterro	Bueiro	6.92			cadastrado na topografia			1.941	1.948	Seção 350+00 analisada com NA inferido a 1.4 m
350+00	SP-73	Aterro			1.944	1.946	Ausente					

Estaca	Sondagem de referência	Topografia	Drenagem	Altura do aterro projetado (relação ao terreno)	F.S. Global	F.S. do Aterro	N.A.	F.S. Global com solução	F.S. do Aterro com solução	F.S. Global com N.A. inferido	F.S. do Aterro com N.A. inferido	Observações
404+04	SP-88	Aterro			2.06	2.06	Ausente					
464+00	SP-97	Aterro			1.142	1.142	0.30					
466+03	SP-98	Aterro					1.00					
901+00	SP-167	Aterro			2.471	2.811	1.50					
903+00	SP-168	Aterro			2.178	2.436	0.90					
905+00	SP-169	Aterro			2.567	2.593	Ausente					
961+02	SP-176	Aterro			2.06	2.203	1.00					
1005+02		Aterro	Bueiro	6.56			cadastrado na topografia					Solo de alteração de rocha - seção não analisada
1054+16	SP-194	Aterro			1.476	2.112	2.72					
1057+00	SP-195	Aterro			1.43	2.125	2.74					
1059+12		Aterro	Bueiro	7.34								
1071+17	SP-196	Aterro			2.622	2.622	Ausente					
1221+14	SP-226	Aterro			1.659	2.366	Ausente					
1221+14	SP-226	Aterro			1.847	2.526	Ausente					

Estaca	Sondagem de referência	Topografia	Drenagem	Altura do aterro projetado (relação ao terreno)	F.S. Global	F.S. do Aterro	N.A.	F.S. Global com solução	F.S. do Aterro com solução	F.S. Global com N.A. inferido	F.S. do Aterro com N.A. inferido	Observações
1222+13	SP-227	Aterro	Lado direito	5.2	1.66	1.66	cadastrado na topografia			1.349		
1222+13	SP-227	Aterro	Lado esquerdo		1.703	1.703	cadastrado na topografia			1.583		
1233+19		Aterro		0.75			cadastrado na topografia					Altura insignificante - não calculado
1241+00	SP-231	Aterro			1.586	1.905	Ausente					
1246+00	SP-232	Aterro			1.74	2.197	Ausente					

3.8.4.1 Seções sem nível d'água

Para as áreas de influência das seções definidas pelas Estaca-81+8, Estaca-97+0, Estaca-126+0, Estaca-175+6, Estaca-199+8, Estaca-347+7, Estaca-404+4, Estaca-905+0, Estaca-1071+17, Estaca-1221+14, Estaca-1241+0 e Estaca-1246+0 não foi observada a presença de nível d'água no subsolo.

Para as áreas de influência das seções definidas pelas Estacas 61+00, 143+08, 170+06, 350+00, 1005+02, 1222+13 e 1233+19 não foi observada presença de nível d'água no subsolo (sondagens), neste item as mesmas são analisadas nessa condição (sem nível d'água). Porém, como foi cadastrado curso d'água perene pela topografias, as mesmas foram reanalisadas na condição COM NÍVEL D'ÁGUA INFERIDO e a análise está apresentada no Item 5.4.3.

Como trata-se de uma região inserida na formação serra Geral, caracterizada pela ocorrência de solo residual de basaltos, as camadas superficiais estão sujeitas a ocorrência de colapsividade. Neste sentido, é fundamental a implantação e a garantia do bom funcionamento dos sistemas de drenagens superficiais, bem como, a proteção da superfície de todos aterros com cobertura vegetal, afim de dificultar a infiltração de água nas camadas de solos colapsíveis e garantir que seja mantida a ausência de nível d'água na área.

Ressalta-se que não foram avaliados recalques imediatos decorrentes do incremento de tensão em camadas não saturadas. De qualquer forma, utilizou-se referências bibliográficas para avaliação das camadas susceptíveis a colapso e adensamentos imediatos. Sendo assim, recomenda-se o acompanhamento de possíveis recalque imediatos e colapsividade especialmente para as Estaca-81+8, Estaca-126+0, Estaca-199+8, Estaca-404+4, Estaca-1221+14 e Estaca-1241+0 sugere-se o monitoramento de adensamentos imediatos devido a existência de solos com comportamento colapsível. Neste caso, o monitoramento poderá ser realizado com placas de recalque na superfície do terreno e instalado ao longo das seções analisadas.

Sugere-se a realização de retaludamento (dentes com altura de ~5 metros – 1:1,5) na face dos aterros existentes que irão receber o novo aterro, de acordo com o que prevê

as normas do DNIT. Em especial, para área de influência da Estaca-143+8, a qual tem um volume de aterro importante e condições desfavoráveis de estabilidade sem o retaludamento do aterro existente. Neste caso em específico, a solução apresentada é o aumento de um talude no aterro projetado e retaludamento do aterro existente em “dentes” de 5 metros de altura com inclinação 1:1,5 e bermas de 3 a 4 metros, conforme apresentado no Projeto de Terraplenagem. Importante que o retaludamento e o aterro sejam realizados seguindo a proposta para que se tenha o valor do F.S. conforme análise. Caso sejam necessárias adequações, a análise deverá ser refeita.

Para a Estaca-347+7 como o aterro existente tem seu limite em área de declive, foi avaliada a estabilidade do aterro existente devido ao incremento de tensão gerado pelo novo aterro. Na Figura a seguir, observa-se que não é notável o risco de ruptura do aterro existente devido ao incremento de carga do novo aterro. O Fator de segurança obtido foi superior a 2

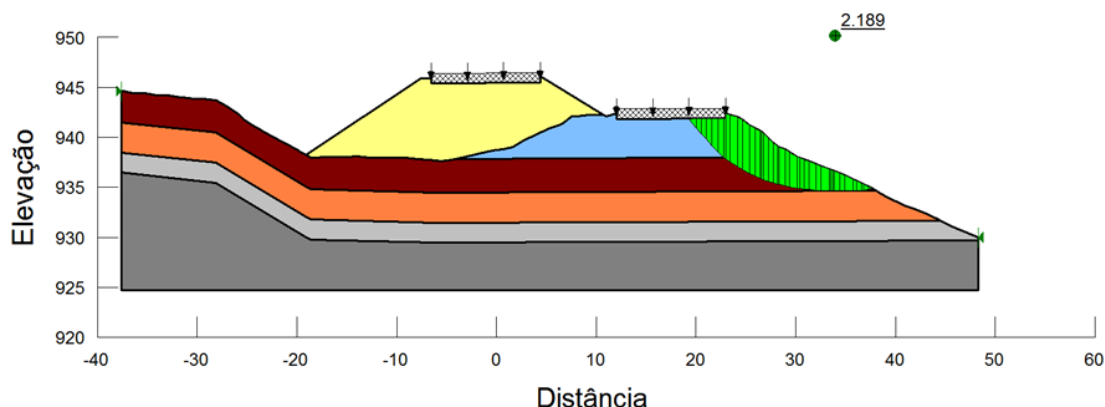


Figura 51 - Análise de estabilidade aterro Estaca – 347+7 (talude existente)

Para a **Estaca-1071+17** o aterro projetado para a duplicação tem condição estável, no entanto, o F.S. do aterro existente e que suporta a rodovia já construída está abaixo do estabelecido pela norma de estabilidade. Neste caso, será necessário realizar o retaludamento do aterro existente para abatimento. Importante ressaltar que, como não há registros do projeto já executado o aterro existente foi definido intuitivamente e considerando uma condição desfavorável.

Caso não seja possível a realização do retaludamento, sugere-se a revisão de projetos antigos ou inspeção de campo com o objetivo de definição mais assertiva da região de aterro existente. Após definida a alternativa, deverão ser realizadas novas análises de estabilidade.

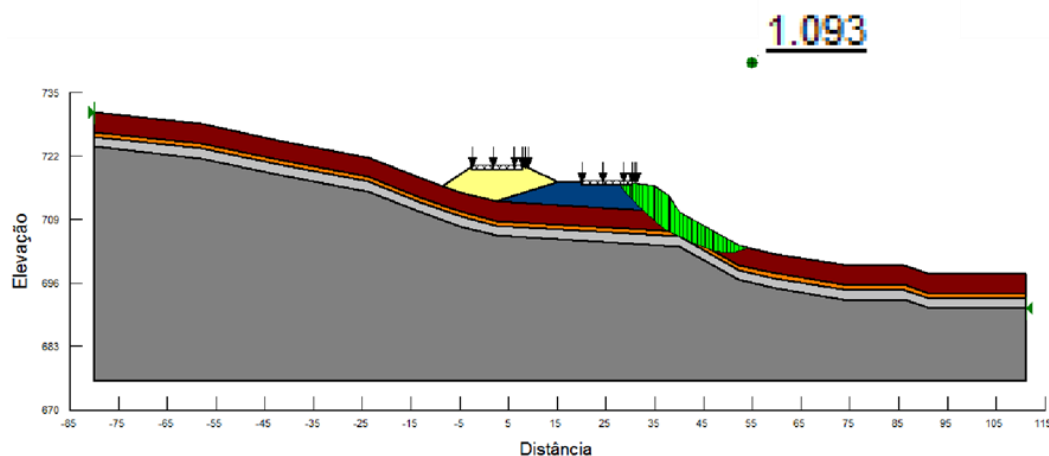


Figura 52 - Análise de estabilidade aterro Estaca – 347+7 (talude existente)

Por fim, para a Estaca-1221+14, foram cadastrados pela topografia alguns cursos d'água na área e há um bueiro existente e na planta do projeto é apresentada a ocorrência de rios, bem como de um bueiro cruzando a rodovia, no entanto nas análises não foi possível considerar a ocorrência de N.A. pois em ambas as sondagens realizadas na área SP-226 e SP-227 não foi verificada a ocorrência. De qualquer forma, se no período de obra for constatado qualquer adensamento, observação de nível d'água ou surgência de água é importante que sejam realizadas campanhas complementares e novas análises para reavaliação. Neste trecho é fundamental a realização de monitoramento com o uso de placa de recalque instalado na superfície do terreno em ambos os lados dos aterros a ser construído e já existente.

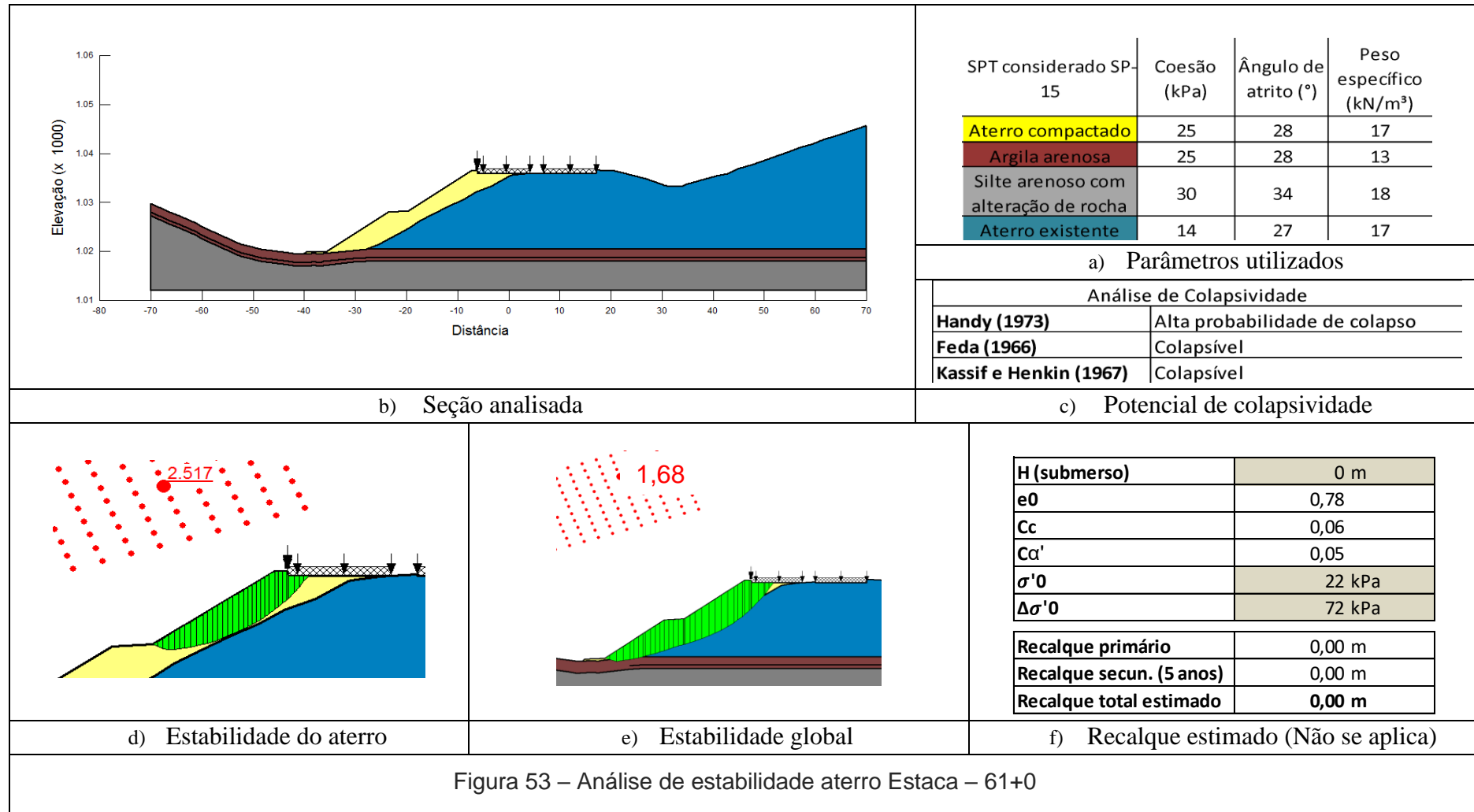
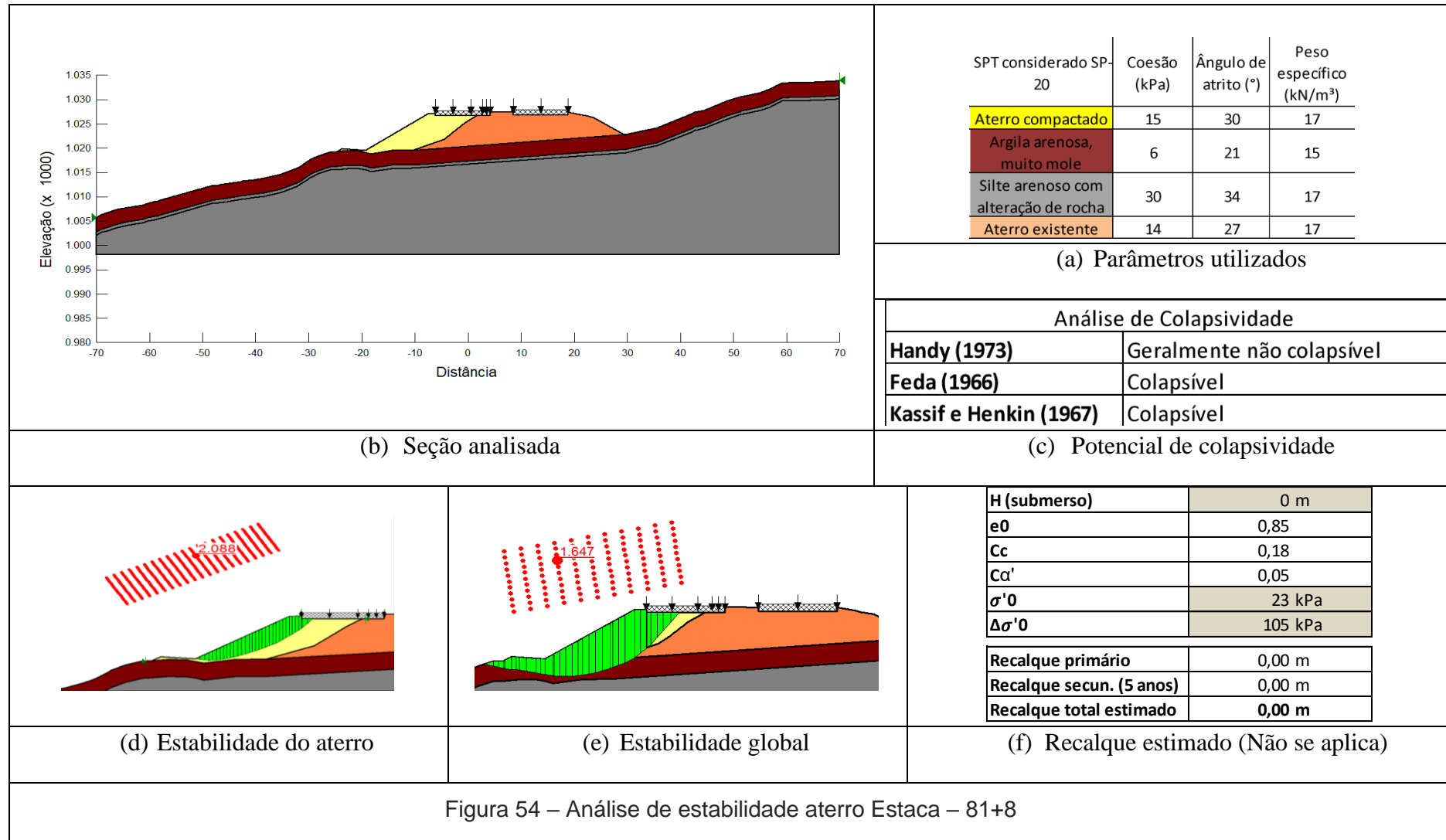
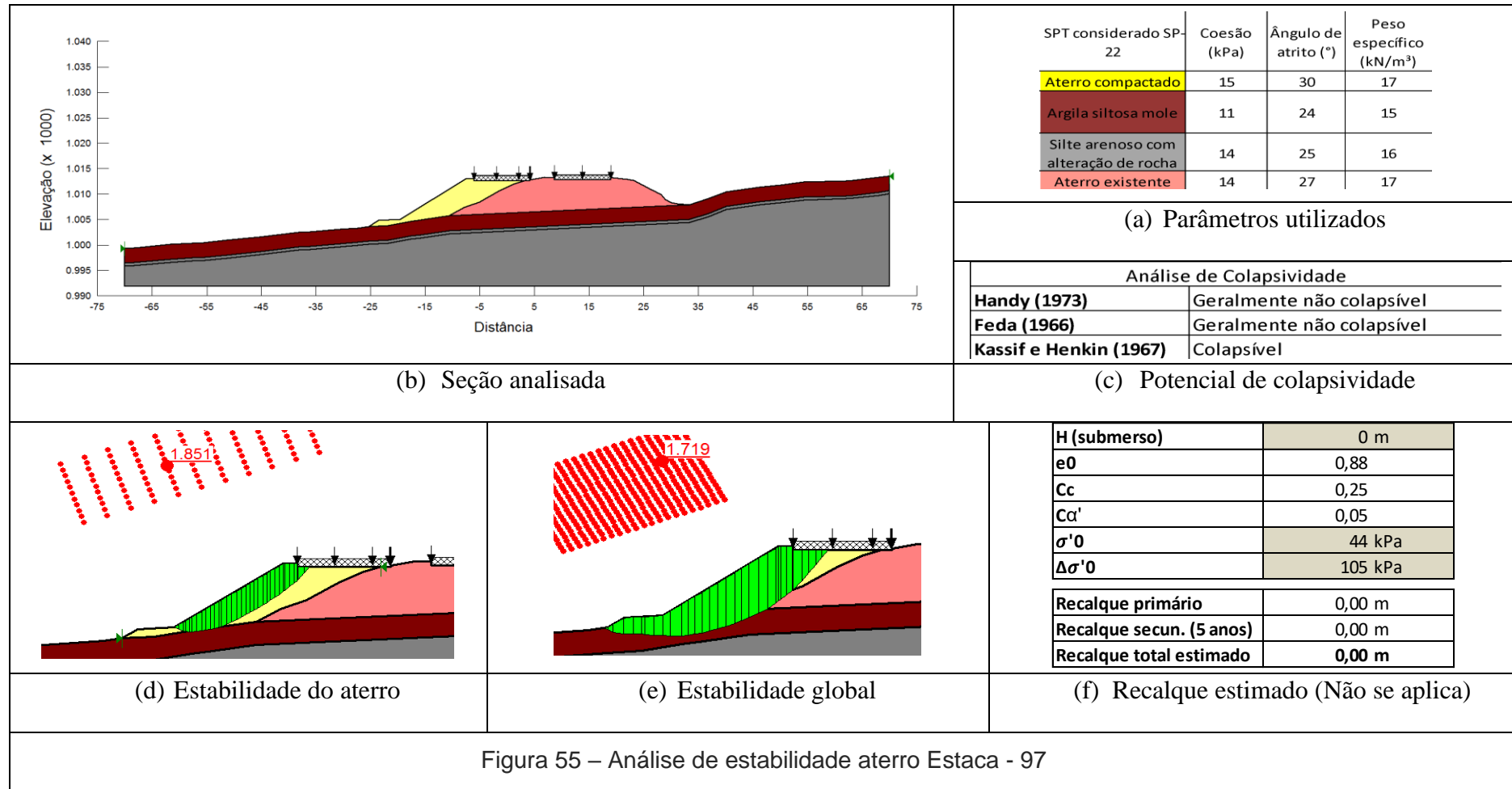
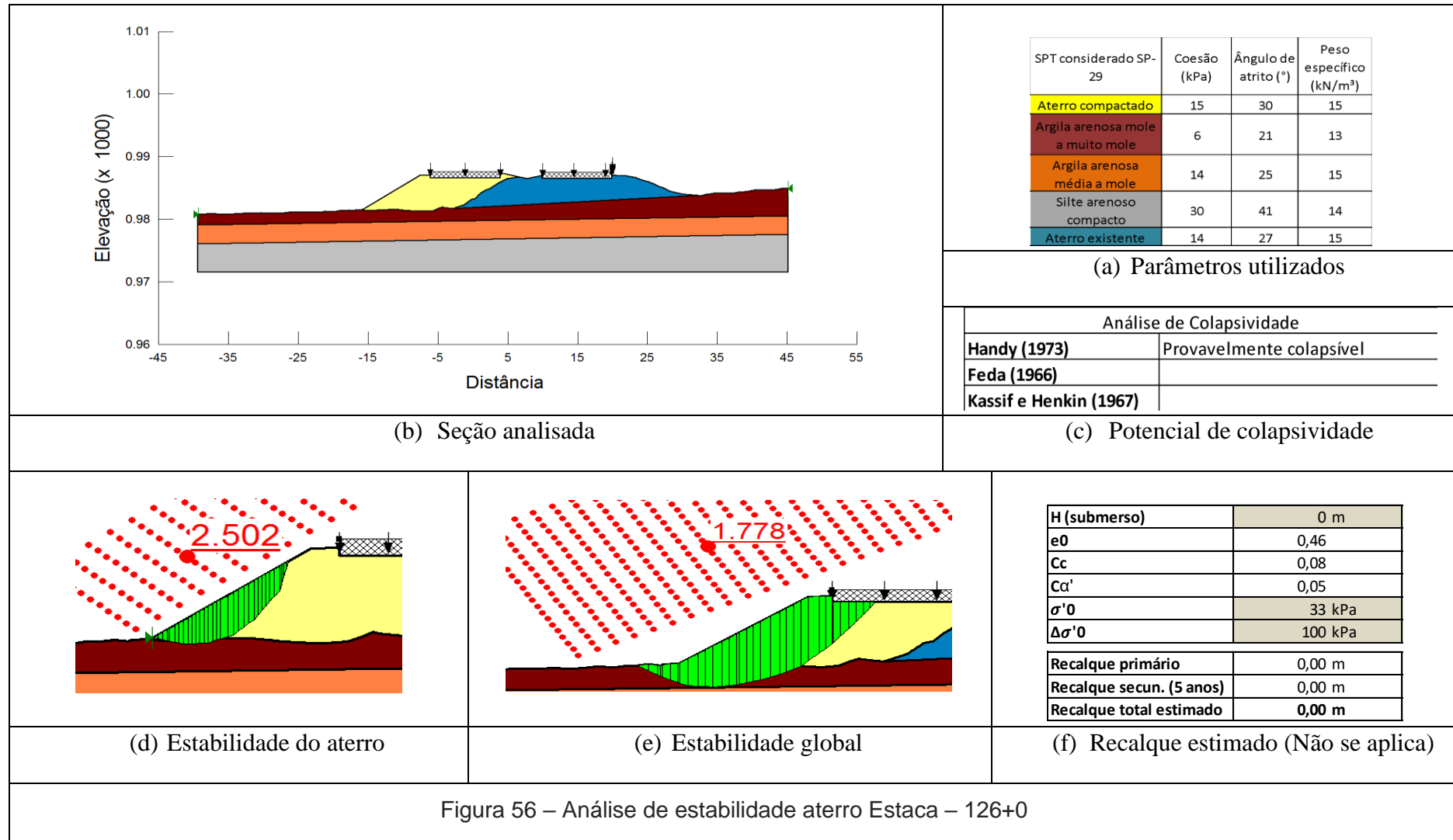
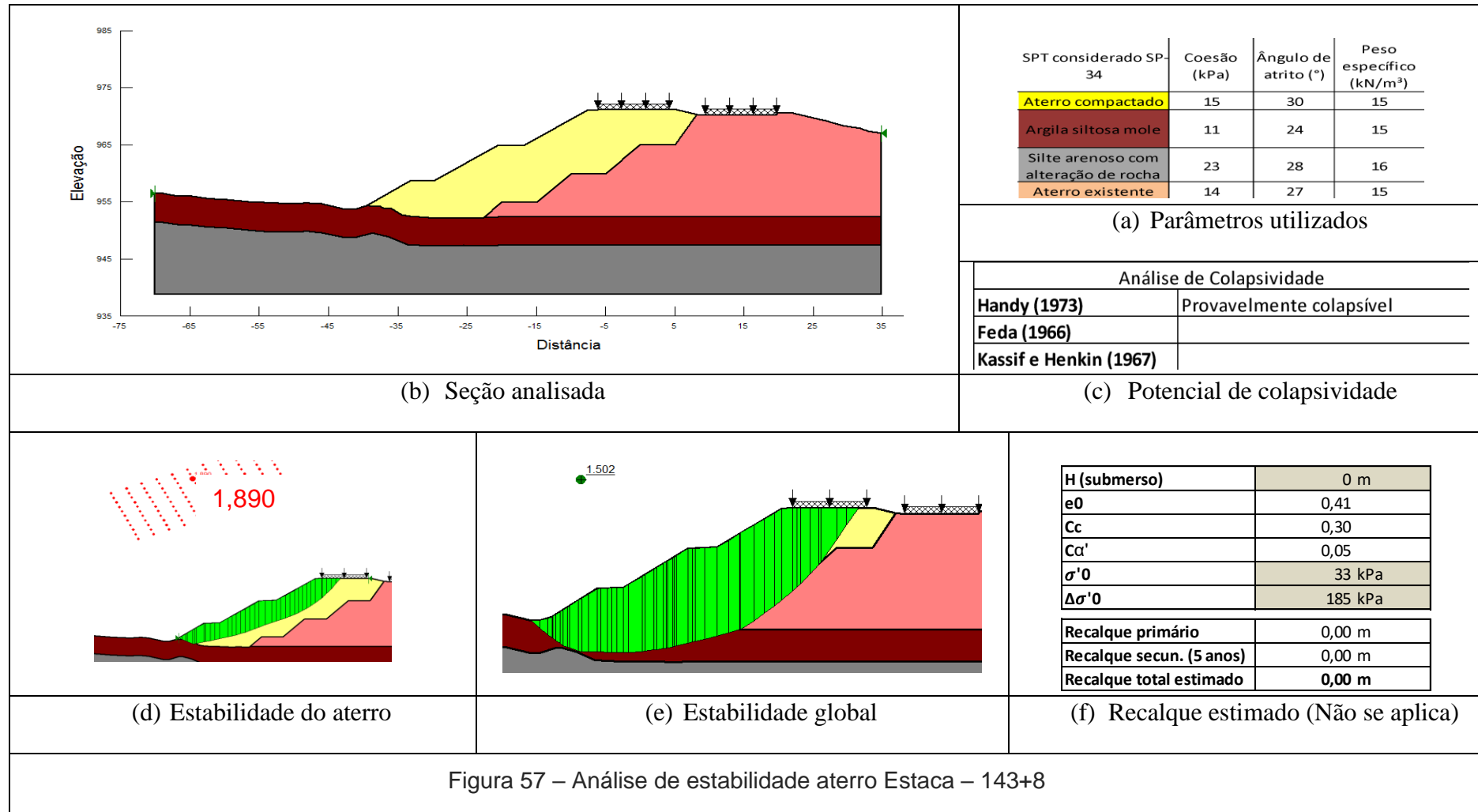


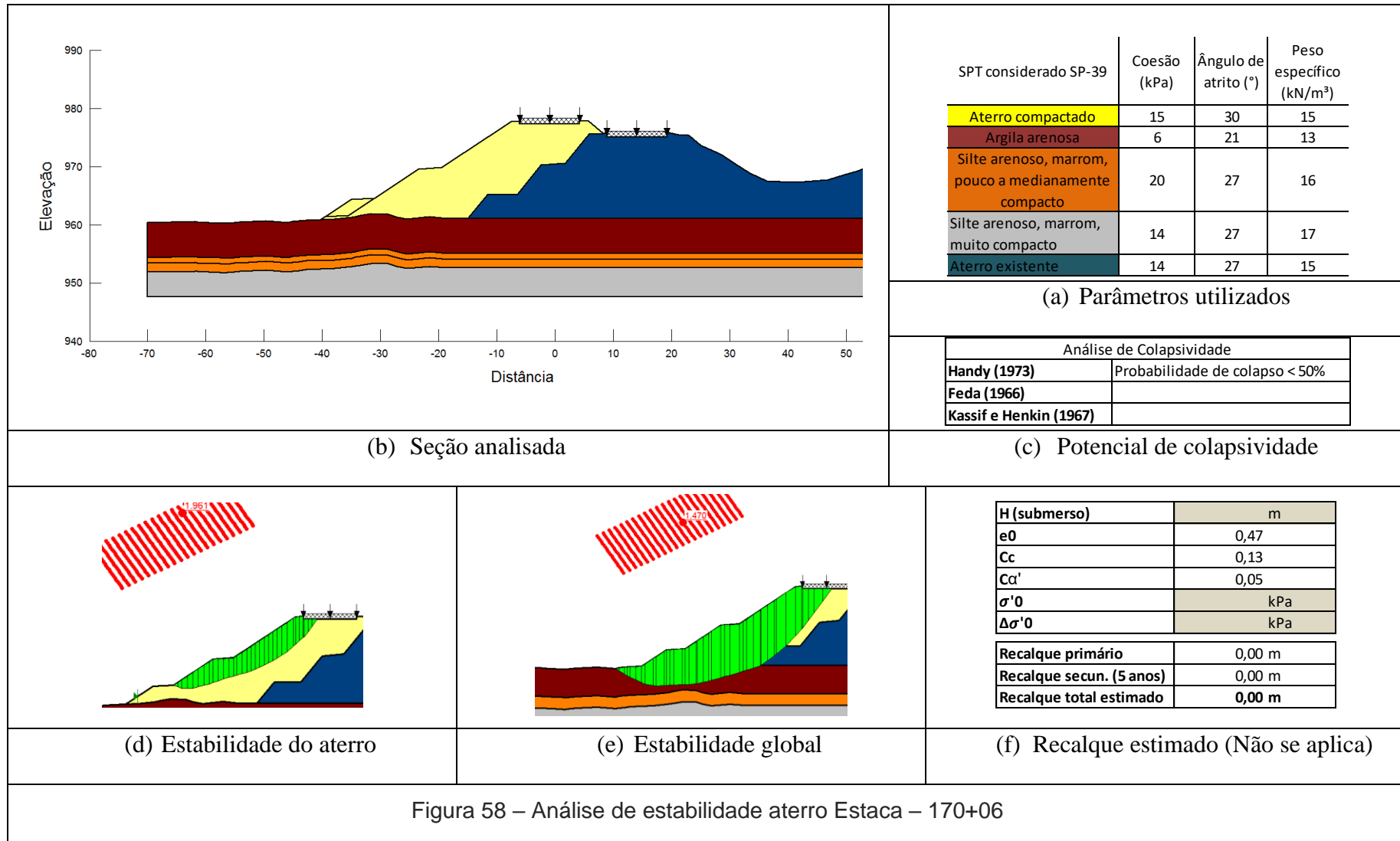
Figura 53 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 61+0

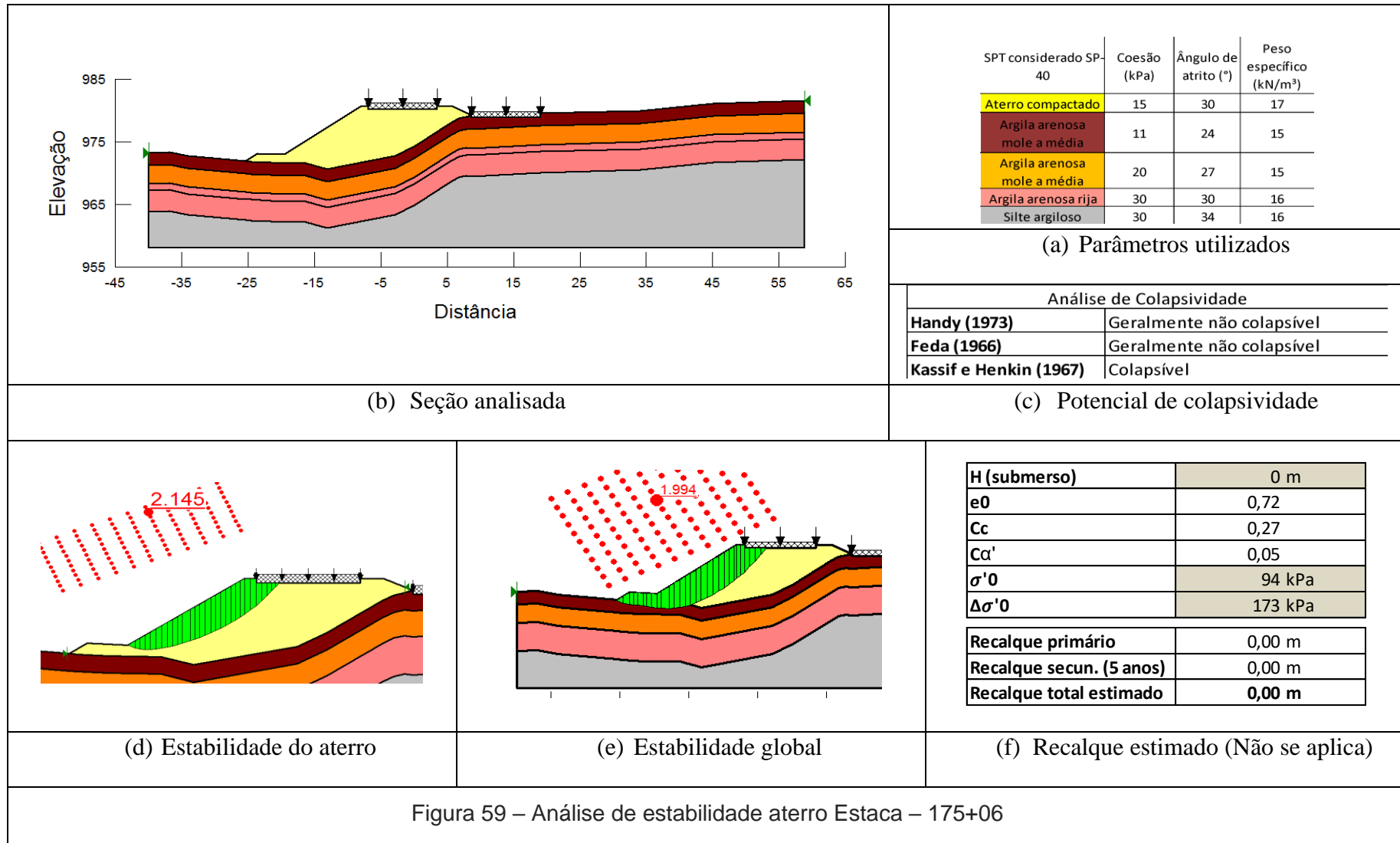


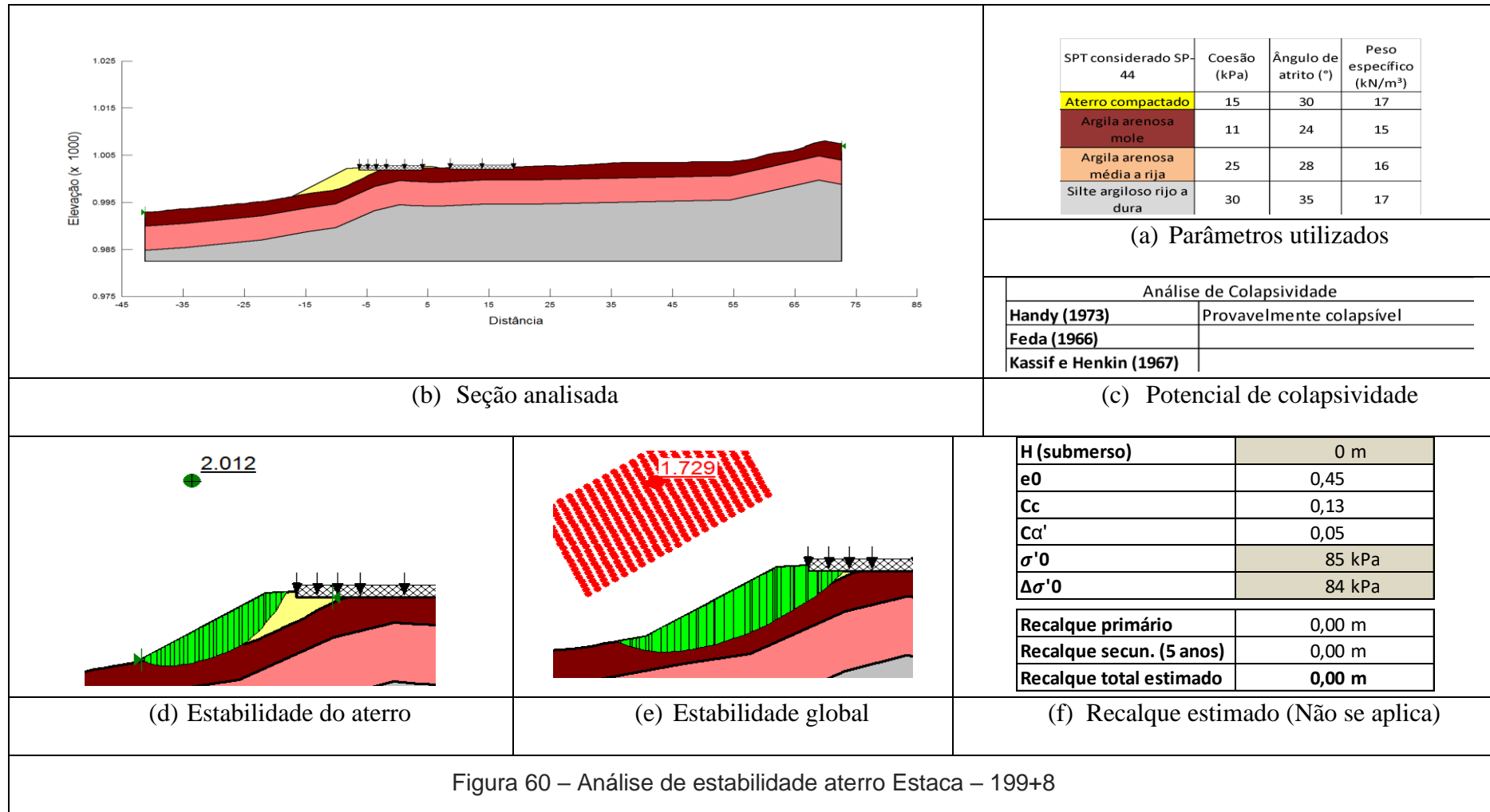


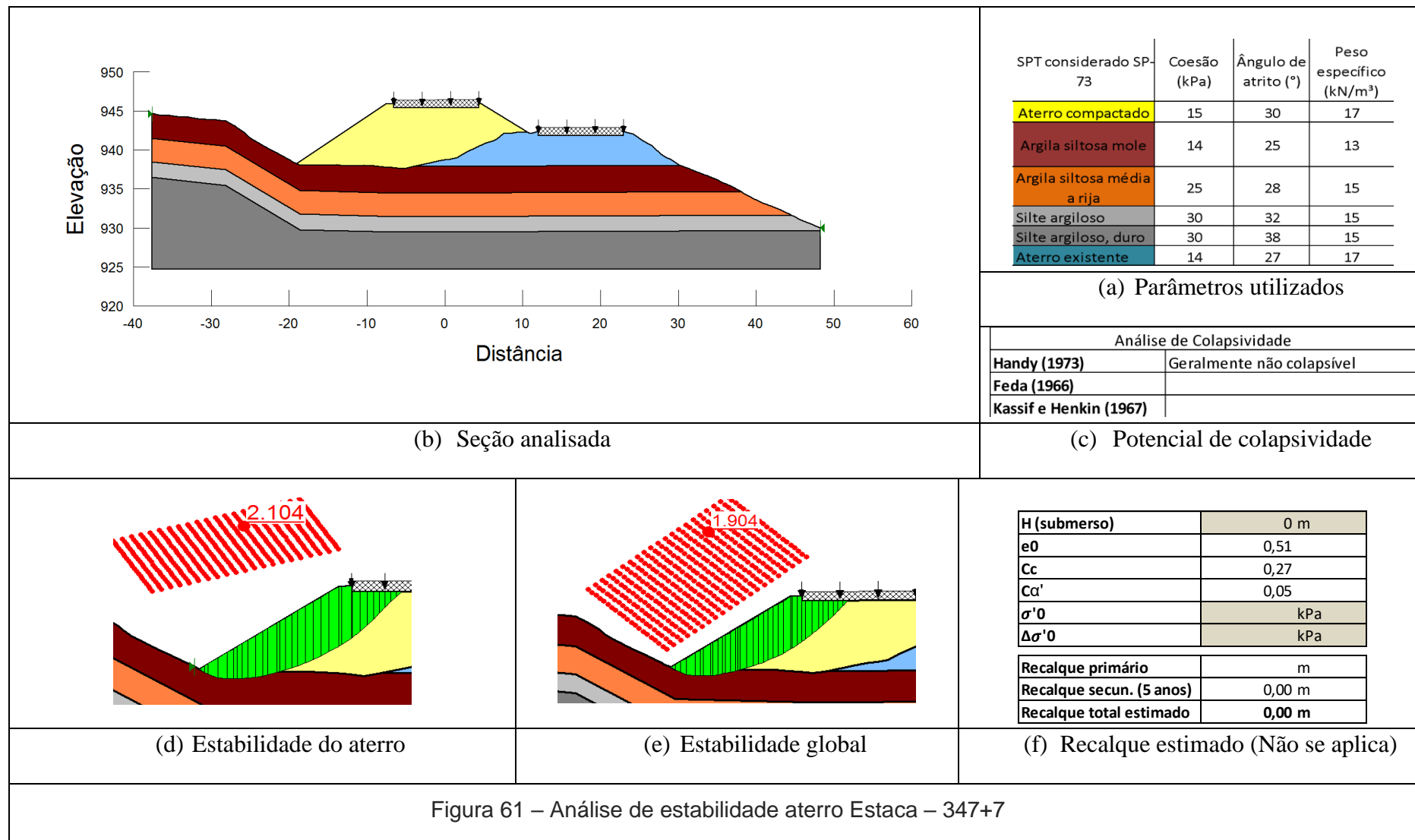


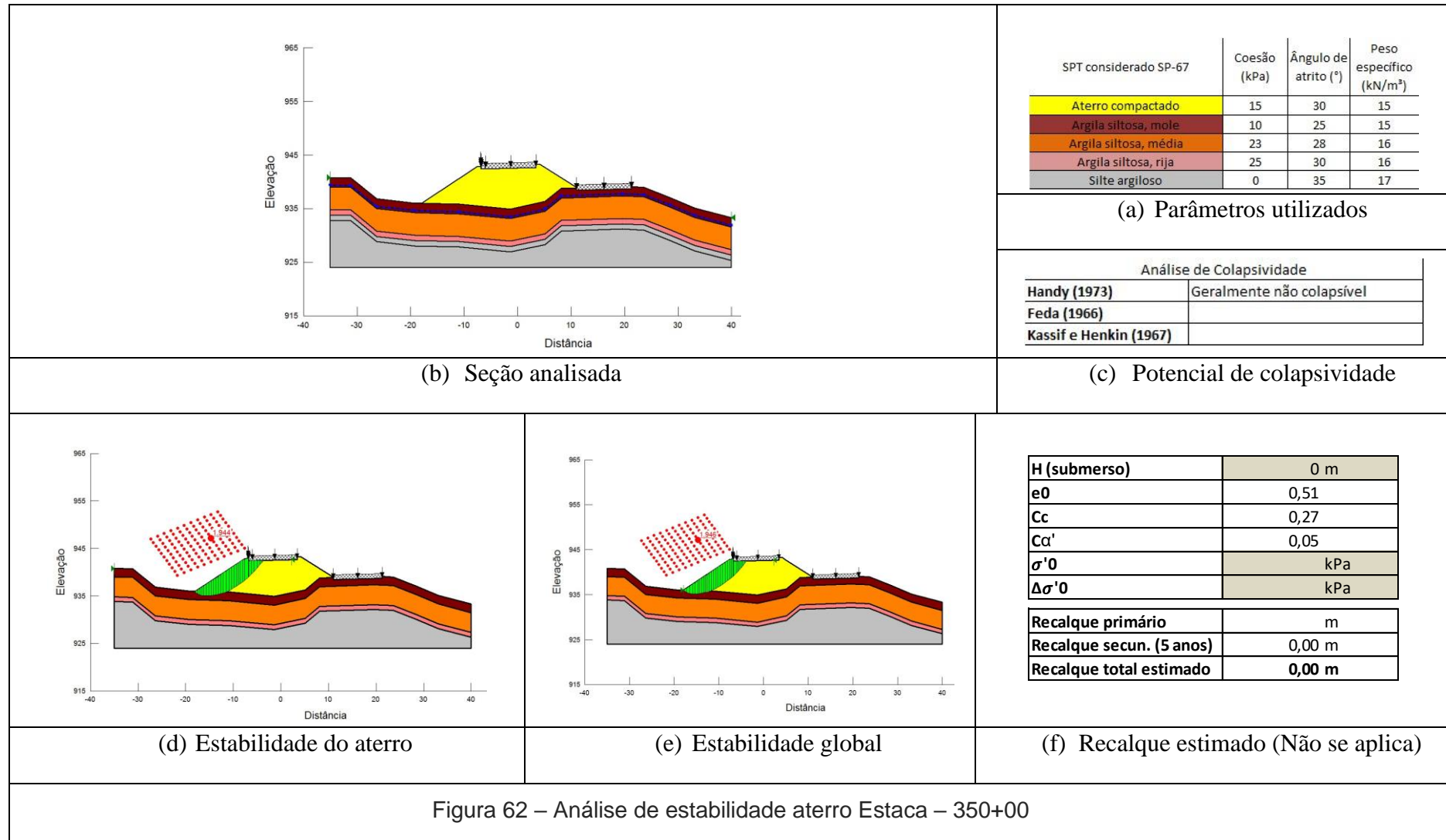


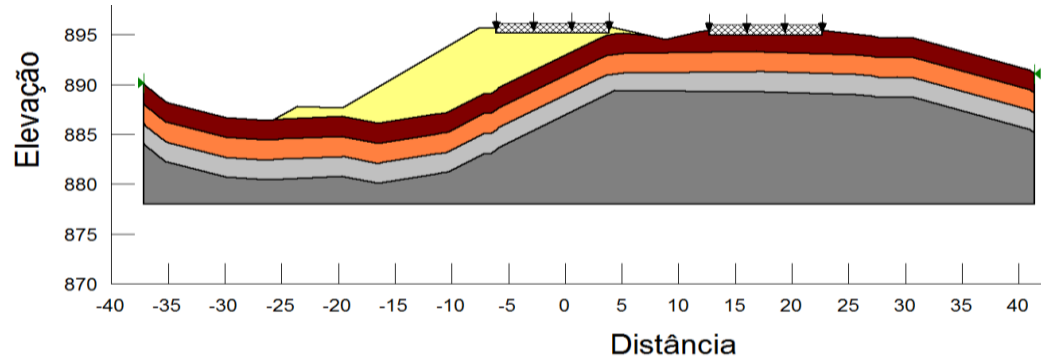












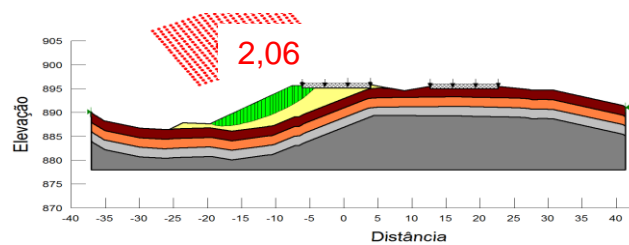
(b) Seção analisada

SPT considerado SP-88	Coesão (kPa)	Ângulo de atrito (°)	Peso específico (kN/m³)
Aterro compactado	15	30	15
Argila siltosa média	20	27	15
Argila siltosa rija	30	31	16
Argila siltosa dura	30	39	17
Silte com alteração de rocha, duro	30	43	18

(a) Parâmetros utilizados

Análise de Colapsividade	
Handy (1973)	Geralmente não colapsível
Feda (1966)	Colapsível
Kassif e Henkin (1967)	Colapsível

(c) Potencial de colapsividade

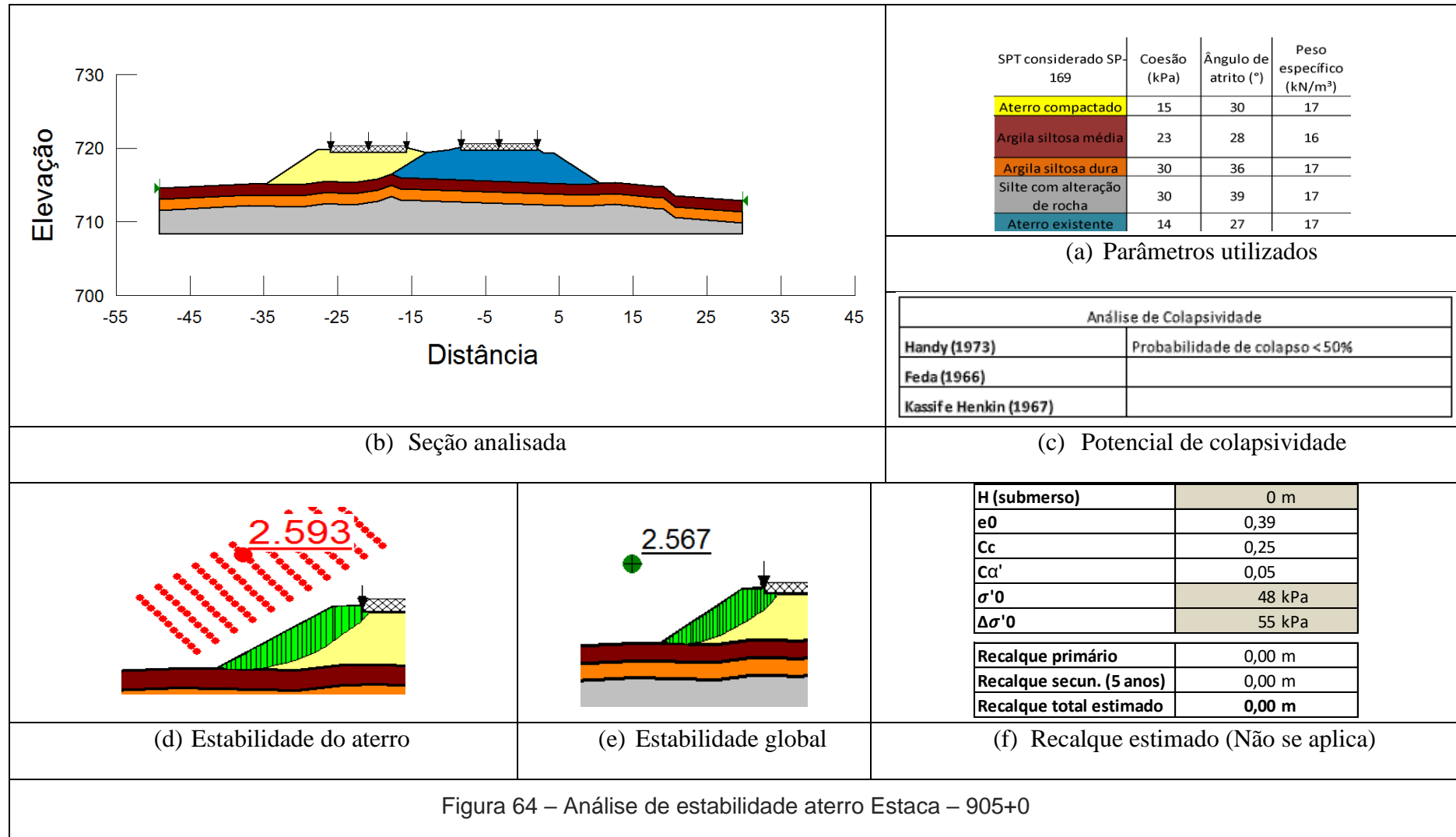


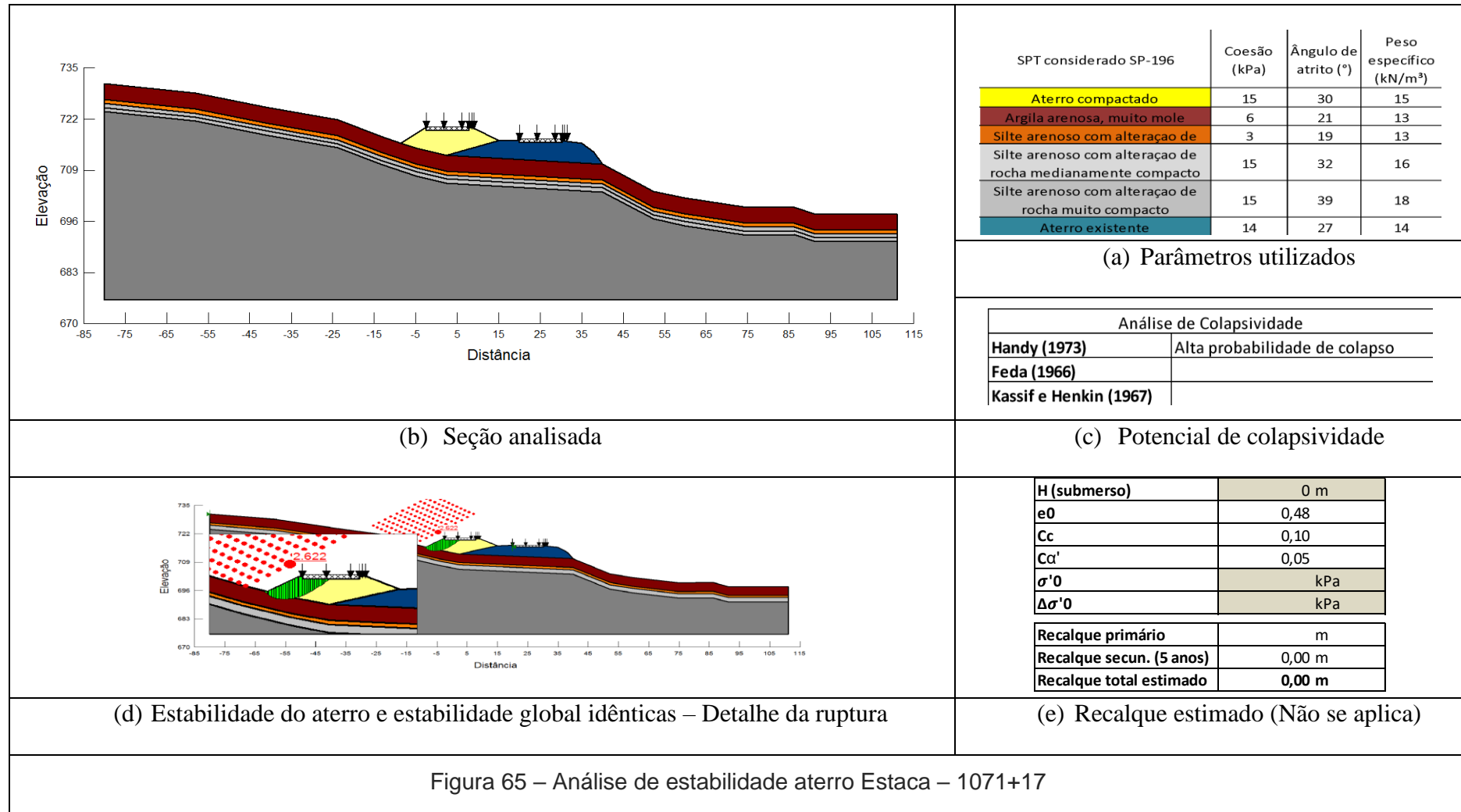
(d) Estabilidade do aterro e estabilidade global idênticas

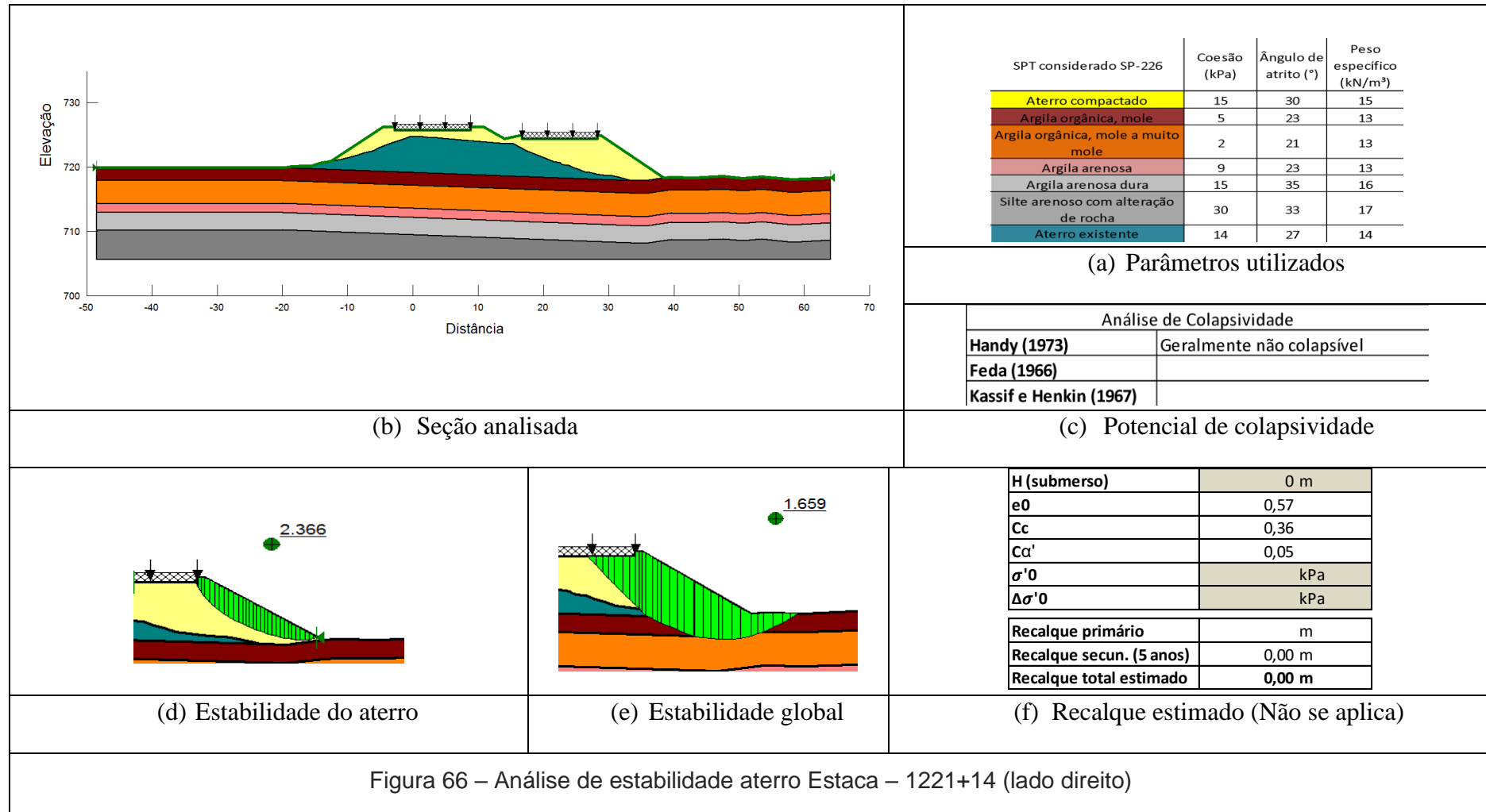
H (submerso)	0 m
e0	0,74
Cc	0,14
Cα'	0,05
σ'0	kPa
Δσ'0	kPa
Recalque primário	0,00 m
Recalque secun. (5 anos)	0,00 m
Recalque total estimado	0,00 m

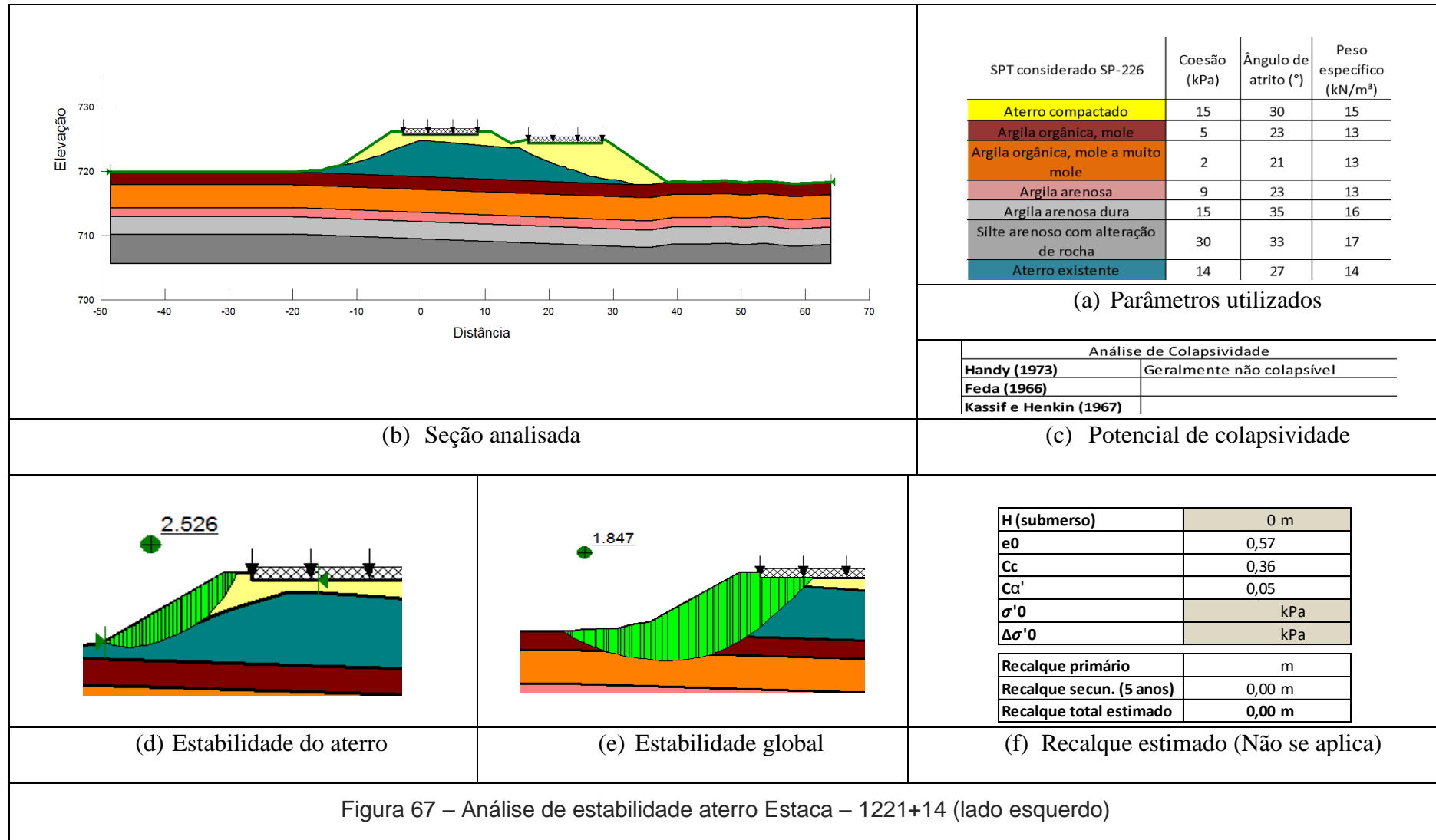
(e) Recalque estimado (Não se aplica)

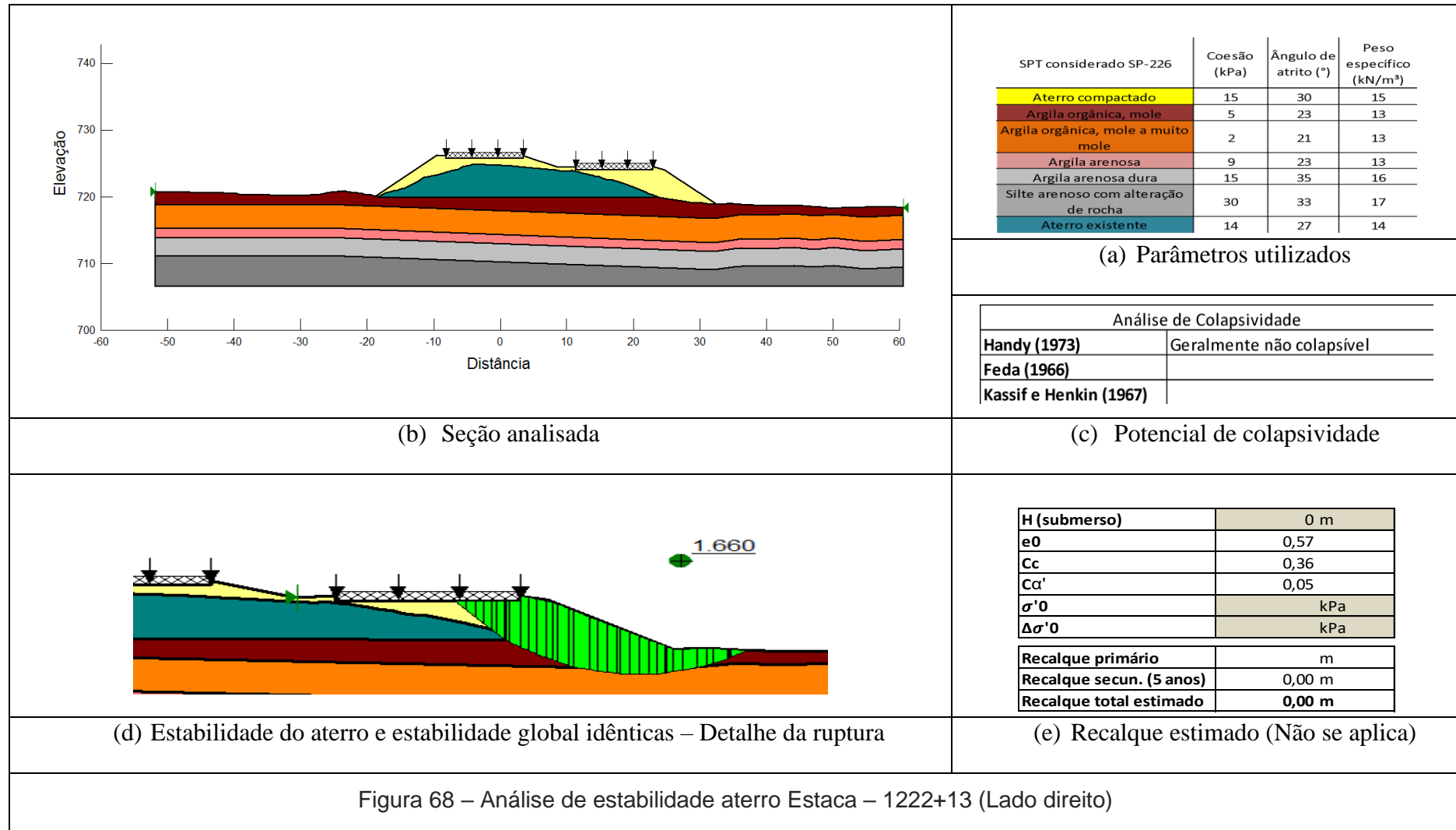
Figura 63 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 404+4

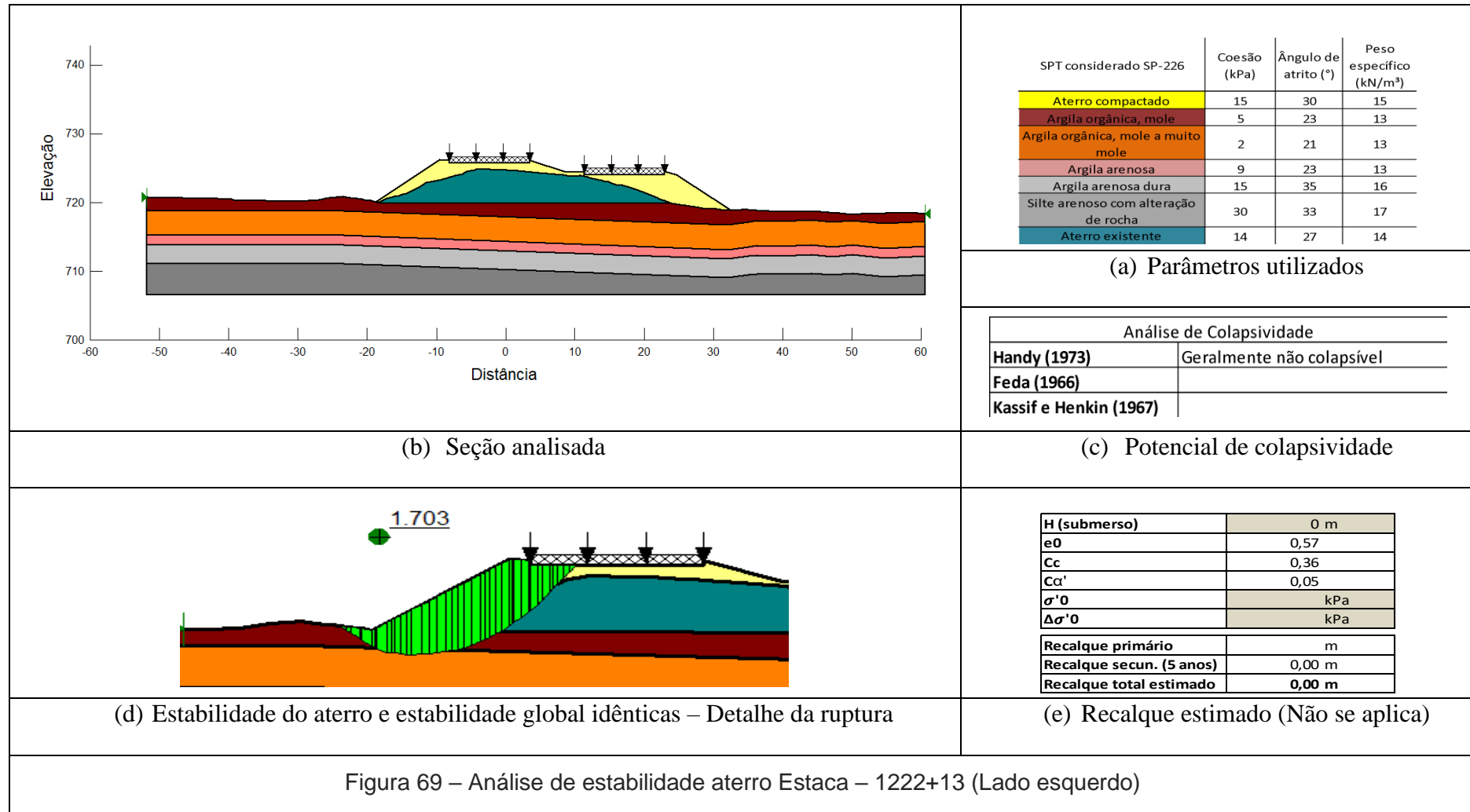


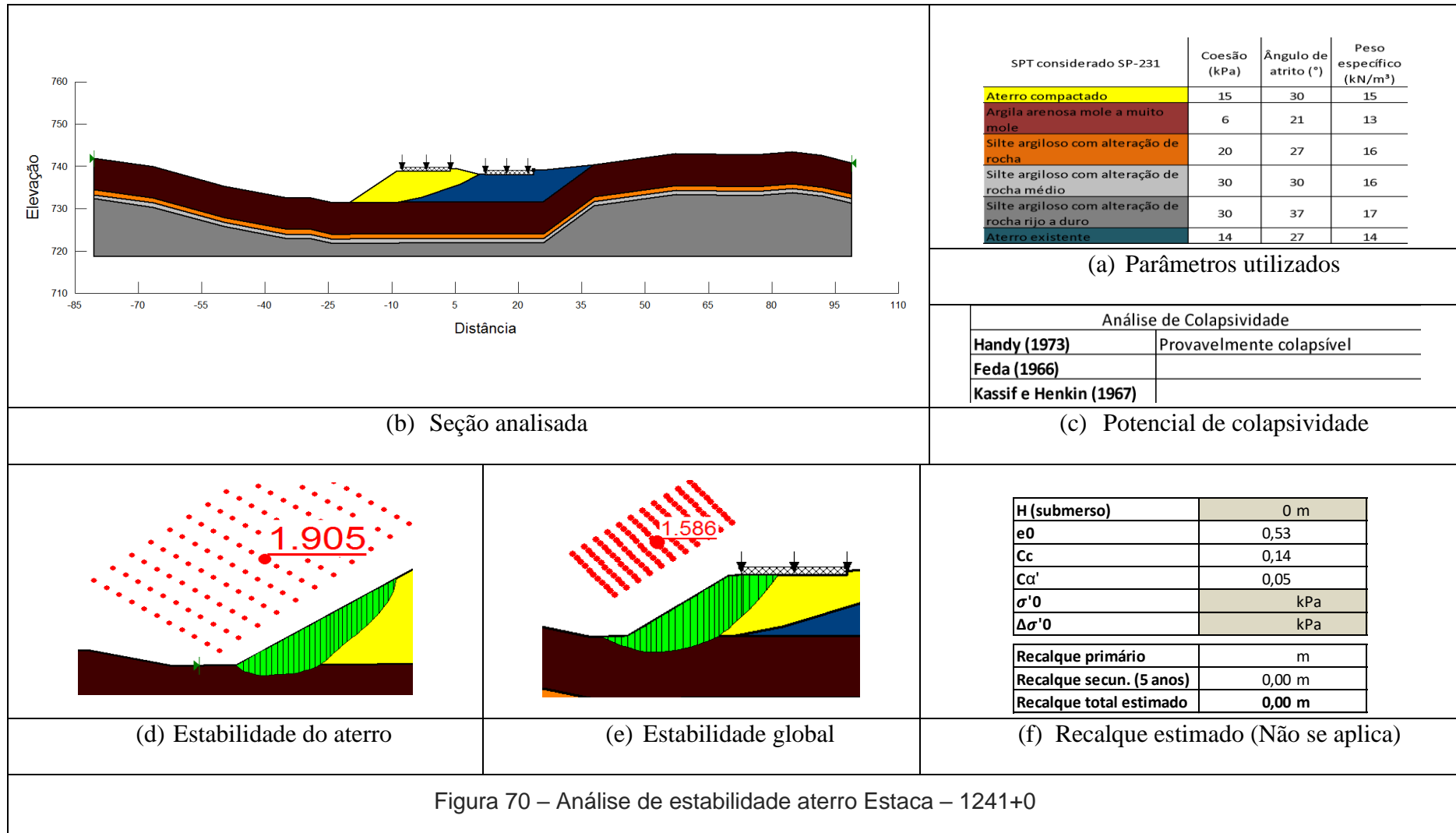


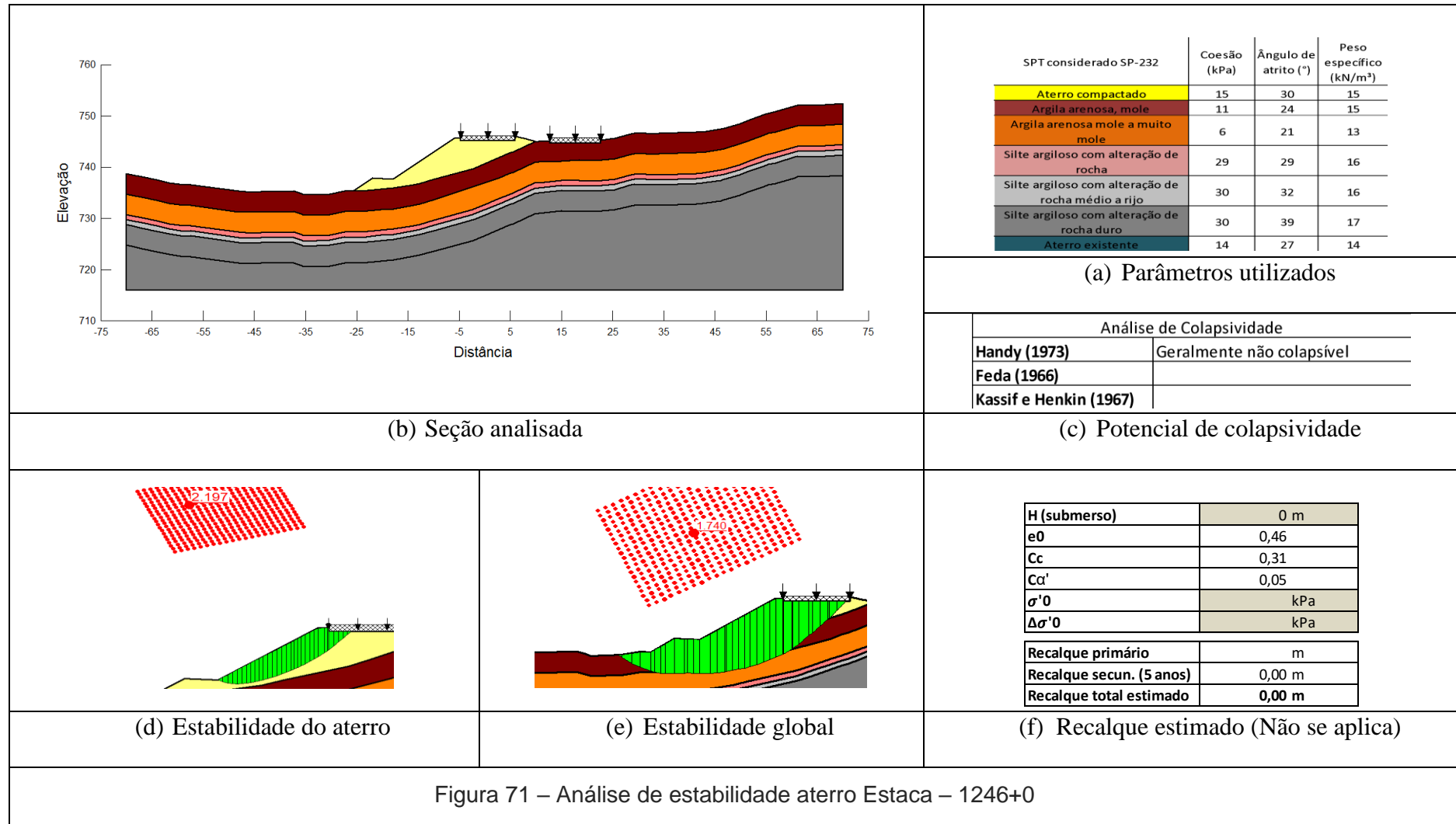












3.8.4.2 Seções com nível d'água

As seções analisadas com nível d' água compreendem as seções onde foi identificado N.A. na sondagem e as seções onde foi inferido um N.A. pois foi cadastrado curso hídrico no levantamento topográfico. A Tabela 14 apresenta as seções com nível d' água de sondagem, nível d' água cadastrado pela topografia e seções com camada de argila orgânica. A deposição de argila orgânica está intimamente relacionada à presença de água, embora haja casos em que foram identificadas camas de argila orgânica sem N.A.

Tabela 21 – Seções com nível d'água identificado na sondagem, ou cadastrado pela topografia e sondagens com argila orgânica.

Sondagem de referência	Estaca	Nível d'água	Tipo de solo da camada superficial	Espessura da camada	Profundidade e da sondagem
SP-05*	24+16	cadastrado topografia	Argila muito mole	2,13	5,17
SP-05	32+04	1,03	Argila muito mole	2,13	5,17
SP-13	48+12	1,17	Argila arenosa muito mole	1,80	2,68
SP-15	60+05	cadastrado topografia	Argila arenosa média	1,70	2,13
SP-34	142+09	cadastrado topografia	Argila siltosa mole	2,74	2,74
SP-39	169+14	cadastrado topografia	Argila arenosa muito mole	5,61	8,46
SP-73	349+18	cadastrado topografia	Argila siltosa mole	2,00	10,45
SP-97	464+00	0,30	Argila orgânica	0,15 - 3,00	3,04
SP-98	466+03	1,00	Argila orgânica	0,17 - 2,00	4,12
SP-145	802+06	N.F. E	Argila orgânica	0,12 - 5,00	10,45
SP-167	901+00	1,50	Argila orgânica	0,12 - 4,15	7,38
SP-168	903+00	0,90	Argila orgânica	0,15 - 2,10	7,39
SP-176	961+02	1,00	Argila siltosa preta média	2,00	4,09
SP-184	1005+02	cadastrado topografia	Silte argiloso rijo	2,00	3,02
SP-194	1054+16	2,72	Argila arenosa muito mole	5,3	9,50
SP-195	1057+00	2,74	Argila arenosa muito mole	5,6	11,37
SP - 226	1221+14	N.F. E	Argila orgânica	0,10 - 6,30	13,04
SP-226/ 227	1222+14	cadastrado topografia	Argila orgânica	0,10 - 6,30	13,04
SP-275/ 276/277*	1233+19	cadastrado topografia	Argila arenosa muito mole	4,50	12,00

N.F.E. = Nível d'água não foi encontrado

* - SP de referência longe da estaca

3.8.4.2.1 Com nível d'água determinado na sondagem

Para as áreas de influência das seções definidas pelas **Estacas 32+04, 48+12, 464+00, 466+03, 901+00, 903+00, 961+02, 1054+16, 1057+00** foi observada a presença de nível d'água na sondagem. A profundidade média do N.A. é 1,37 metros.

Nas áreas de influência das **Estaca-32+4** e **Estaca-48+12**, foi identificada ocorrência de nível d'água muito próximo a superfície e a camada de solo poderá sofrer processo de adensamento e colapso. Para estas seções é importante que sejam realizados monitoramentos de adensamentos imediatos devido ao incremento de tensões (colapso) e ao longo do processo construtivo e vida útil (recalques por adensamento).

No caso das **Estaca-464+00, Estaca-901+0, Estaca-903+0, Estaca-961+2** foram observadas camadas de solo orgânico com espessuras de até 4 metros e provavelmente restritas a trechos de rodovia não maiores do que 150 metros.

Na **Estaca 32+04** está projetada a substituição de um bueiro de grota, a altura do aterro projetado é de 7,20 metros, com N.A. de 1,03 metros. Sondagem na fundação do aterro indica a existência de uma camada de argila siltosa muito mole de 2,00 metros e nível d'água de 1,03 metros. Na análise de estabilidade os Fatores de Segurança para estabilidade global e estabilidade do aterro foram 2,202 e 2,415 respectivamente. Para análise do recalque foram estimados parâmetros pela bibliografia e ajustados com base nos resultados dos ensaios de adensamento, resultando em um recalque primário de 0,14 m, com tempo de recalque para 95% de 0,9 meses.

H (submerso)	0,8 m		
e0	0,84		
Cc	0,34	Cv	3,E-03 cm ² /s
Cα'	0,05	U (%)	90
σ'0	18 kPa	Tv	0,848
Δσ'0	142 kPa	U (%)	95
Recalque primário	0,14 m	Tv	1,13
Recalque secun. (5 anos)	0,03 m	Tempo 90%	0,7 meses
Recalque total estimado	0,17 m	Tempo 95%	0,9 meses

Solução: Para o bueiro existente na estaca 32+10 não sofrer avariações devido aos efeitos de recalque recomenda-se a remoção do solo mole existente na base do bueiro, até 3,0 metros de distância para cada lado e além do término do bueiro. A remoção deste

solo deverá ser feita por etapas, iniciando dos 3 metros após o offset e finalizando próximo ao talude existente. Cada etapa consistirá em remover o solo mole, uma camada média de 1,5 metros e recompor a estruturas utilizando pedra em rachão (0,5 metros de espessura), brita graduada (0,4 metros de espessura) e solo compactado (até atingir a cota). No total estima-se que será removido e substituído 158 m^2 de área e 237 m^3 de volume de solo mole.

Para a **Estaca 48+12**: está previsto o prolongamento de um bueiro de grota na estaca 48+03, altura do aterro projetado é de 5,80 metros, NA de 1,17metros e fluxo perene cadastrado pela topografia. O recalque calculado pode ser considerado insignificante e irá se desenvolver durante a execução do aterro. Sugere-se monitoramento do recalque e da condição do beuiri após a execução do aterro.

H (submerso)	0,63 m	Cv	3,E-03 cm^2/s
e0	0,85	U (%)	90
Cc	0,19	Tv	0,848
Cc'	0,05	U (%)	95
$\sigma'0$	17 kPa	Tv	1,13
$\Delta\sigma'0$	116 kPa	Tempo 90%	0,4 meses
Recalque primário	0,06 m	Tempo 95%	0,6 meses
Recalque secun. (5 anos)	0,02 m		
Recalque total estimado	0,08 m		

Para o bueiro existente na estaca 48+3,00 não sofrer avariações devido aos efeitos de recalque recomenda-se a remoção do solo mole existente na base do bueiro, até 3,0 metros de distância para cada lado e além do término do bueiro. A remoção deste solo deverá ser feita por etapas, iniciando dos 3 metros após o offset e finalizando próximo ao talude existente. Cada etapa consistirá em remover o solo mole, uma camada média de 2,0 metros e recompor a estrutura utilizando pedra em rachão (0,5 metros de espessura), brita graduada (0,4 metros de espessura) e solo compactado (até atingir a cota). No total estima-se que será removido e substituído $165,85 \text{ m}^2$ de área e $331,7 \text{ m}^3$ de volume de solo mole.

Para a **Estaca-464+00 e 466+03**, foi observada uma camada de solo orgânico muito mole com espessura variável e com baixa resistência a penetração ($N_{spt} < 2$). Para esta seção considerou-se a realização do aterro de pré-carga com um offset mínimo de 4 metros entre a geometria projetada e a face do aterro de pré-carga. Este offset é

necessário para evitar o risco de ruptura no pé do aterro definitivo. O recalque residual (somatória do recalque primário e secundário) previsto considerando 90% da porcentagem de consolidação é de 0,15 m. Para acelerar o recalque podem ser utilizados colchões de pedra rachão com brita graduada com 0,5 metros de espessura.

Para o bueiro existente na estaca 465+18,00 não sofrer avariações devido aos efeitos do recalque secundário (13cm) recomenda-se a remoção do solo mole existente na base do bueiro, até 3,0 metros de distância para cada lado e além do término do offset. A remoção deste solo deverá ser feita por etapas, iniciando dos 3 metros após o offset e finalizando próximo ao pé do talude existente. Cada etapa consistirá em remover o solo mole, uma camada de aproximadamente 3,0 metros e recompor a estruturas utilizando pedra em rachão (0,5 metros de espessura), brita graduada (0,4 metros de espessura) e solo compactado (2,10 metros de espessura). No total estima-se será removido e substituído 192 m^2 de área e 576 m^3 de volume de solo mole.

Tabela 22 – Estimativa de tempo para recalque de argila orgânica – Estaca – 464+00

H (submerso)	2,7 m	Cv	5,E-03 cm ² /s
e ₀	1,00	U (%)	90
C _c	0,35	T _v	0,848
C _α '	0,06	U (%)	95
σ' ₀	38 kPa	T _v	1,13
Δσ' ₀	131 kPa	Tempo 90%	4,77 meses
Recalque primário	0,31 m	Tempo 95%	6,35 meses
Recalque secun. (5 anos)	0,13 m		
Recalque total estimado	0,43 m		

Para as **Estaca-901+0**, **Estaca-903+0** e **Estaca-961+2** foi identificada uma camada de solo orgânico muito mole com espessura variável e com baixa resistência a penetração ($N_{spt} < 5$). Para as áreas de influência das Estaca-901 e Estaca-903 sugere-se a realização de aterro de pré-carga. Para acelerar o recalque podem ser utilizados colchões de pedra rachão com brita graduada com 0,5 metros de espessura.

Tabela 23 – Estimativa de tempo para recalque de argila orgânica – Estaca – 901+00

H (submerso)	2.65 m	Cv	5.E-03 cm ² /s
e ₀	1.00	U (%)	90
Cc	0.35	Tv	0.848
C α '	0.06	U (%)	95
σ'_0	27 kPa	Tv	1.13
$\Delta\sigma'_0$	80 kPa	Tempo 90%	4.6 meses
Recalque primário	0.27 m	Tempo 95%	6.1 meses
Recalque secun. (5 anos)	0.12 m		
Recalque total estimado	0.40 m		

Tabela 24 – Estimativa de tempo para recalque de argila orgânica – Estaca – 903+00

H (submerso)	2.1 m	Cv	5.E-03 cm ² /s
e ₀	1.00	U (%)	90
Cc	0.35	Tv	0.848
C α '	0.06	U (%)	95
σ'_0	17 kPa	Tv	1.13
$\Delta\sigma'_0$	85 kPa	Tempo 90%	2.9 meses
Recalque primário	0.29 m	Tempo 95%	3.8 meses
Recalque secun. (5 anos)	0.10 m		
Recalque total estimado	0.39 m		

Para a área de influência da **Estaca-961+00** sugere-se a realização de aterro de pré-carga. Para acelerar o recalque podem ser utilizados colchões de pedra rachão com brita graduada com 0,5 metros de espessura.

Para o bueiro existente na estaca 960+17,00 não sofrer avariações devido aos efeitos do recalque secundário (12cm) recomenda-se a remoção do solo mole existente na base do bueiro, até 3,0 metros de distância para cada lado e além do término do bueiro. A remoção deste solo deverá ser feita por etapas, iniciando dos 3 metros após o offset e finalizando próximo ao talude existente. Cada etapa consistirá em remover o solo mole, uma camada de aproximadamente 4,0 metros e recompor a estruturas utilizando pedra em rachão (0,5 metros de espessura), brita graduada (0,4 metros de espessura) e solo compactado (2,10 metros de espessura). No total estima-se que será removido e substituído 229,26 m² de área e 917,4 m³ de volume de solo mole.

Tabela 25 – Estimativa de tempo para recalque de argila orgânica – Estaca – 961+02

H (submerso)	3 m	Cv	5.E-03 cm ² /s
e ₀	0.34	U (%)	90
C _c	0.22	T _v	0.848
Ca'	0.05	U (%)	95
σ' ₀	22 kPa	T _v	1.13
Δσ' ₀	105 kPa	Tempo 90%	5.9 meses
Recalque primário	0.37 m	Tempo 95%	7.8 meses
Recalque secun. (5 anos)	0.12 m		
Recalque total estimado	0.49 m		

No caso da **Estaca-1054+16** a análise de estabilidade resultou em um fator de segurança inferior ao mínimo estabelecido, isto devido à baixa resistência da primeira camada de solo e do elevado nível d'água encontrado. Com isso o recalque torna-se relevante e a baixa resistência do solo não supera a solicitação do aterro. Na Figura 72 é possível observar a análise na qual a estabilidade não passa pelos critérios mínimos de segurança e, neste caso, para a análise desta seção foi necessário a consideração de execução de uma berma de equilíbrio (Figura 72).

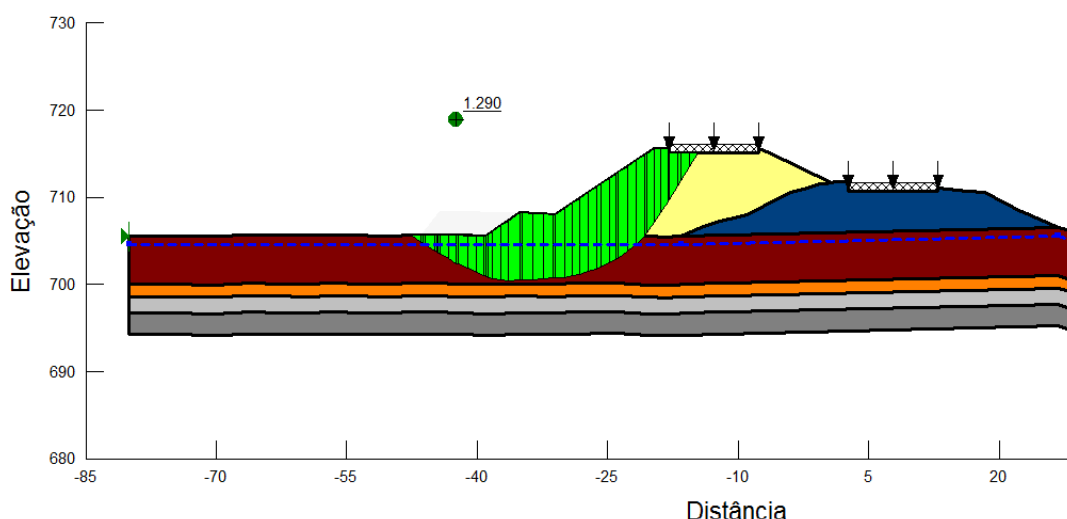


Figura 72 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1054+16

Com o uso da berma de equilíbrio, para a área de influência das Estaca-1054+16 a Estaca-1060+0 sugere-se a realização de aterro de pré-carga. Para acelerar o recalque

podem ser utilizados colchões de pedra rachão com brita graduada com 0,5 metros de espessura.

Para o bueiro na estaca 1059+12 recomenda-se a solução de estaqueamento, uma vez que a camada de solo mole pode atingir até 7,0 m a remoção e substituição deste torna-se inviável.

Tabela 26 – Estimativa de tempo para recalque de argila orgânica – Estaca – 1054+16

H (submerso)	2.7 m		
e ₀	0.55		
C _c	0.17		
C _α '	0.03		
σ' ₀	39 kPa	C _v	5.E-03 cm ² /s
Δσ' ₀	170 kPa	U (%)	90
		T _v	0.848
Recalque primário	0.21 m	U (%)	95
Recalque secun. (5 anos)	0.06 m	T _v	1.13
		Tempo 90%	4.77 meses
Recalque total estimado	0.28 m	Tempo 95%	6.35 meses

Tabela 27 – Estimativa de tempo para recalque de argila orgânica – Estaca – 1057+0

H (submerso)	2.2 m		
e ₀	0.55		
C _c	0.17		
C _α '	0.03		
σ' ₀	42 kPa	C _v	5.E-03 cm ² /s
Δσ' ₀	106 kPa	U (%)	90
		T _v	0.848
		U (%)	95
Recalque primário	0.13 m	T _v	1.13
Recalque secun. (5 anos)	0.05 m	Tempo 90%	3.2 meses
Recalque total estimado	0.18 m	Tempo 95%	4.2 meses

Monitoramento

O controle de recalques deve ser feito topograficamente, utilizando marcos superficiais ou placas de recalque.

As leituras de recalques devem ser feitas periodicamente, de acordo com o estipulado no projeto, durante e após o período construtivo, até que ocorra o adensamento previsto em projeto.

O recalque é aceito quando ocorrer a estabilização do adensamento previsto no projeto.

Sugere-se o uso de placas de recalques instalados no topo natural / camada de solo que sofrerá processo de adensamento / recalque. As placas de recalque são compostas por uma placa retangular na qual se é fixado uma haste metálica que é revestida por um tubo de PVC. A instalação da placa de recalque é feita antes de ser iniciada a subida do aterro de pré-carga na superfície cujas informações de cota são desejadas. Em geral, os tubos têm 1 metro de comprimento e a medida em que ocorrem os alteamentos a haste deve ser prolongada. Os recalques são lidos por métodos topográficos a partir da variação da cota do topo do tubo. Na Figura 73 é apresentado um esquema de como deve ser instalado e posicionada a placa de recalque.

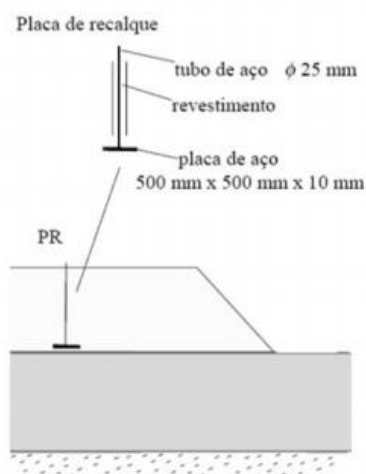


Figura 73 – Esquema de posicionamento e detalhe de placa de recalque

Ao longo do alteamento do aterro devem ser realizados preferencialmente monitoramentos diários e controle da integridade do instrumento. Após término do alteamento sugere-se o monitoramento semana até que sejam obtidos 50% do recalque teórico. Entre 50% e 95% do recalque total o monitoramento pode ser realizado quinzenalmente. No caso de os recalques resultarem em magnitudes ou velocidades superiores maiores as previstas / teóricas, sugere-se uma reavaliação das premissas e dos parâmetros teóricos utilizados.

Tabela 28- Resumo do recalque e solução para as seções com nível d'água determinado na sondagem

Estaca	Sondagem/ Ensaio de referência	N.A.	Recalque primário (m)	Recalque Total (m)	Tempo 90% (meses)	Tempo 95% (meses)	Solução	Monitoramento
32+04	SP-05	1.03	0.14	0.17	0.7	0.9	Aterro de pré carga com bueiro de sacrifício e posterior substituição ou tunnel liner	Marco superficial ou placa de recalque
48+12	SP-13	1.17	Adensamento imediato	0.08	N/A	N/A	Monitoramento	Marco superficial ou placa de recalque
464+00	SP-97 / BL 02	0.30	0.31	0.43	4.77	6.35	Aterro de pré carga com offset adicional de 4 metros além do aterro projetado.	Marco superficial ou placa de recalque
466+03	SP-98	1.00	0.31	0.43	4.77	6.35	Mesma da 464+00	Marco superficial ou placa de recalque
901+00	SP-167 / BL 04	1.50	0.27	0.40	4.60	6.10	Aterro de pré carga	Marco superficial ou placa de recalque
903+00	SP-168 / BL 04	0.90	0.29	0.39	2.90	3.80	Aterro de pré carga	Marco superficial ou placa de recalque
961+02	SP-176	1.00	0.37	0.49	5.90	7.80	Aterro de pré carga	Marco superficial ou placa de recalque
1054+16	SP-194	2.72	0.21	0.28	4.77	6.35	Aterro de pré carga	Marco superficial ou placa de recalque
1057+00	SP-195	2.74	0.13	0.18	3.2	4.2	Aterro de pré carga	Marco superficial ou placa de recalque

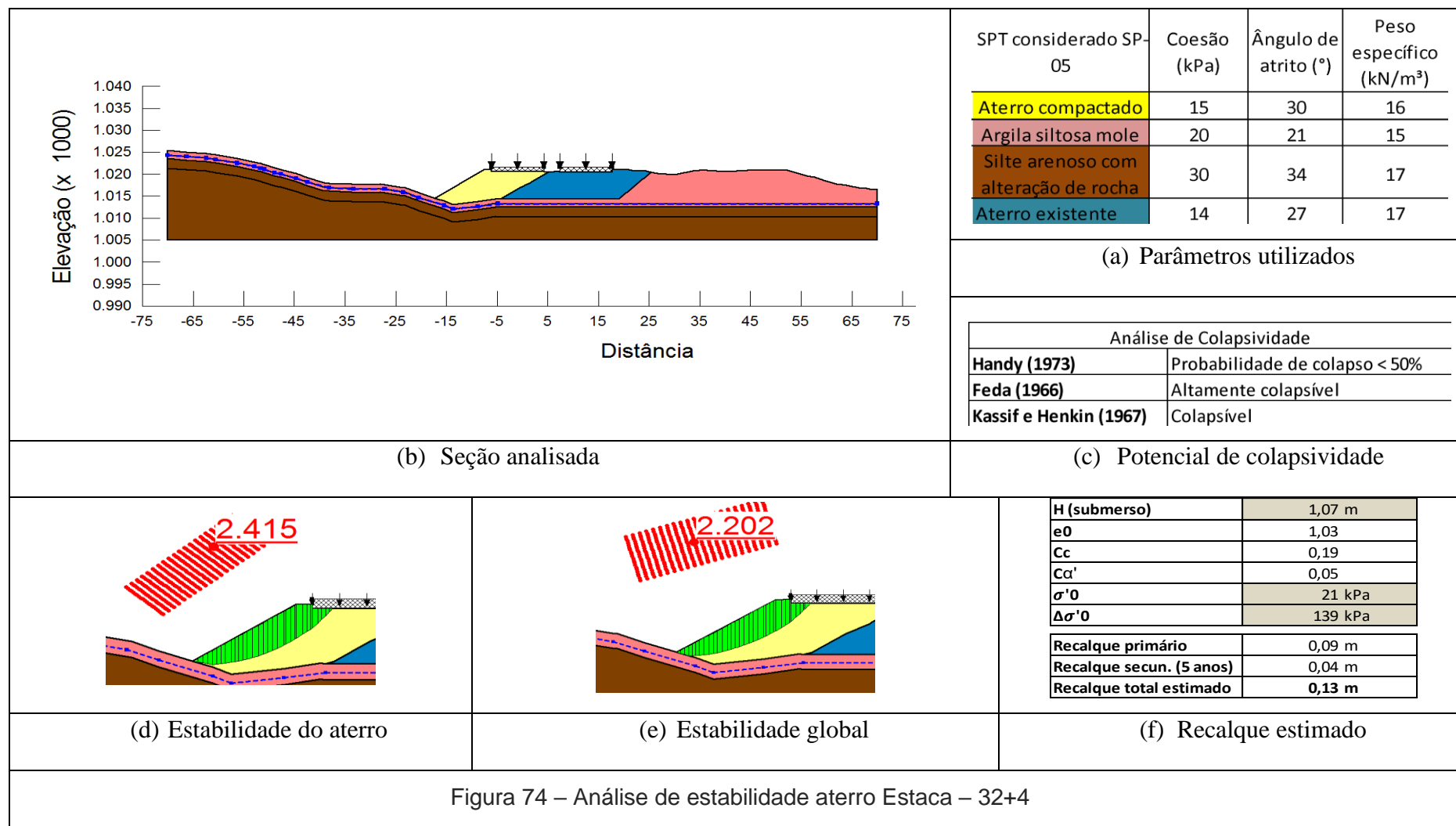
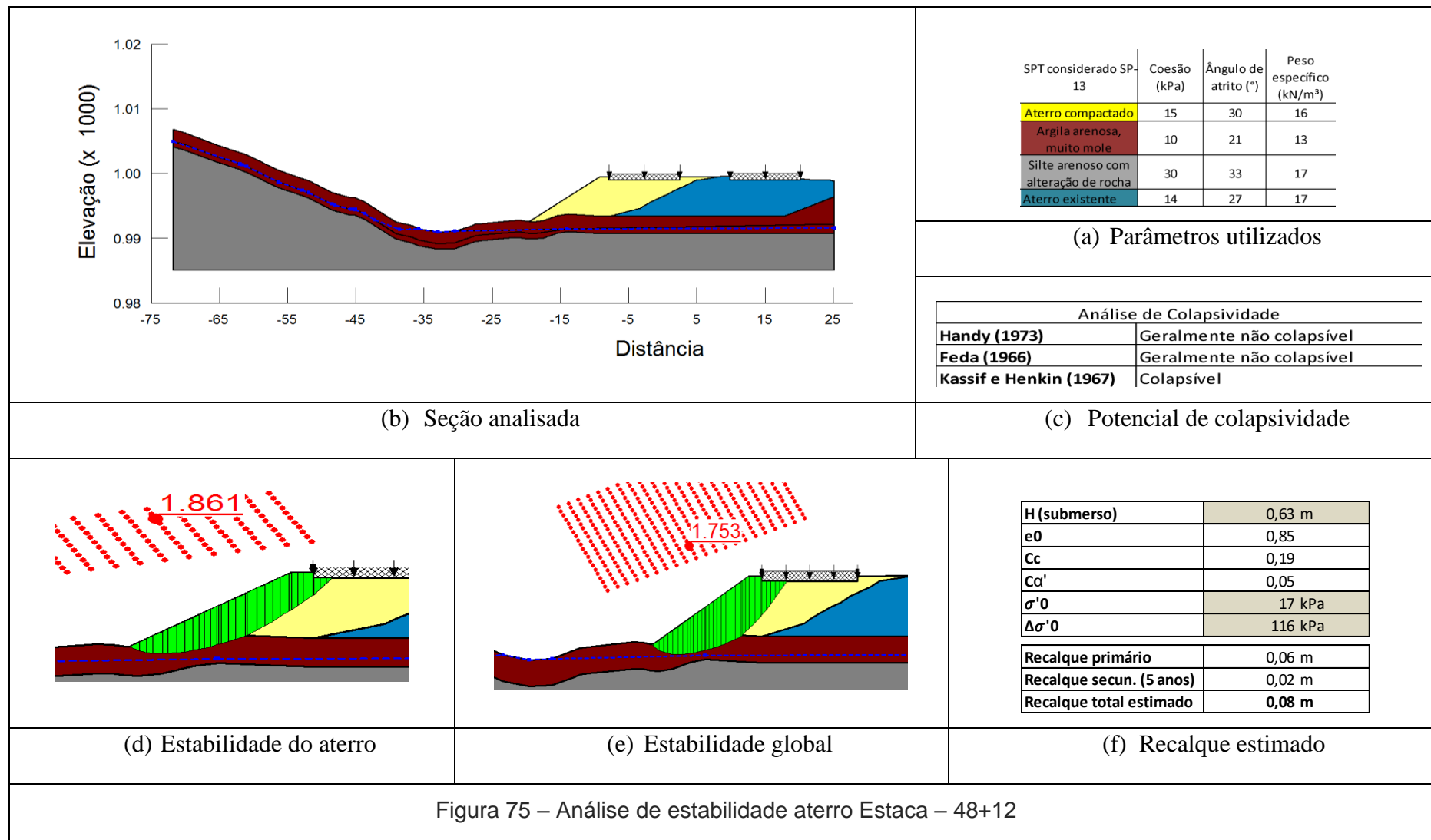
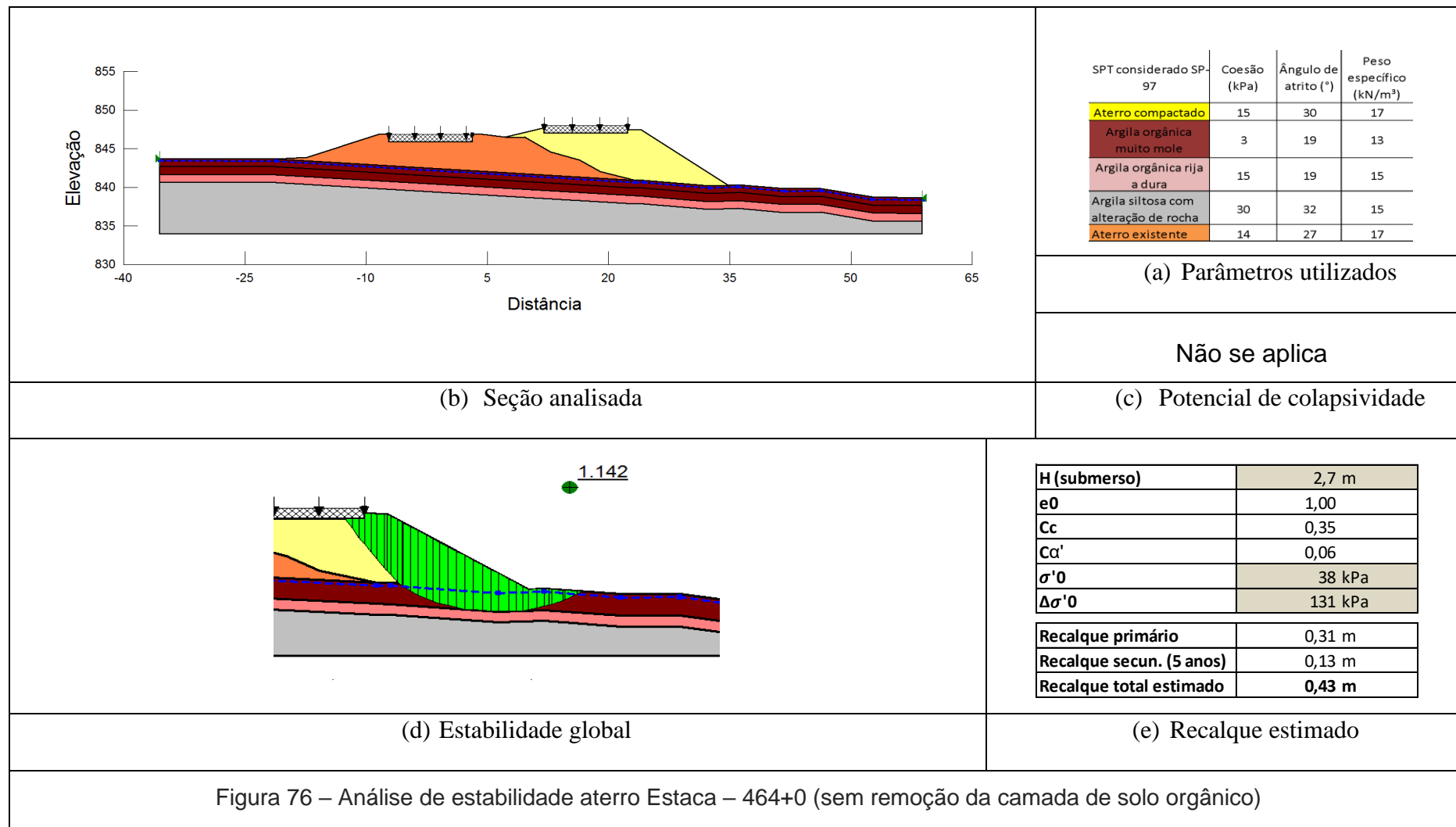
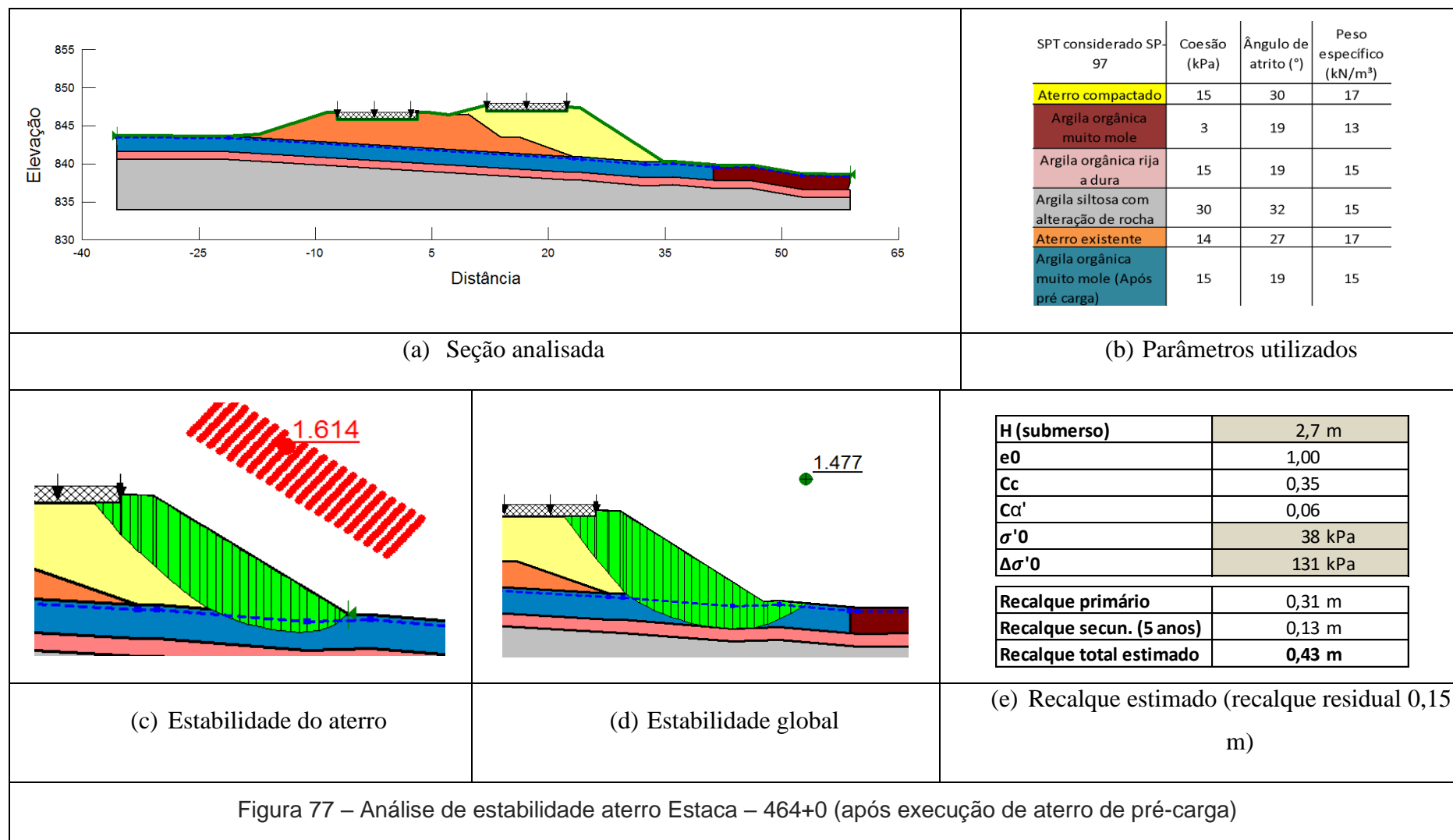
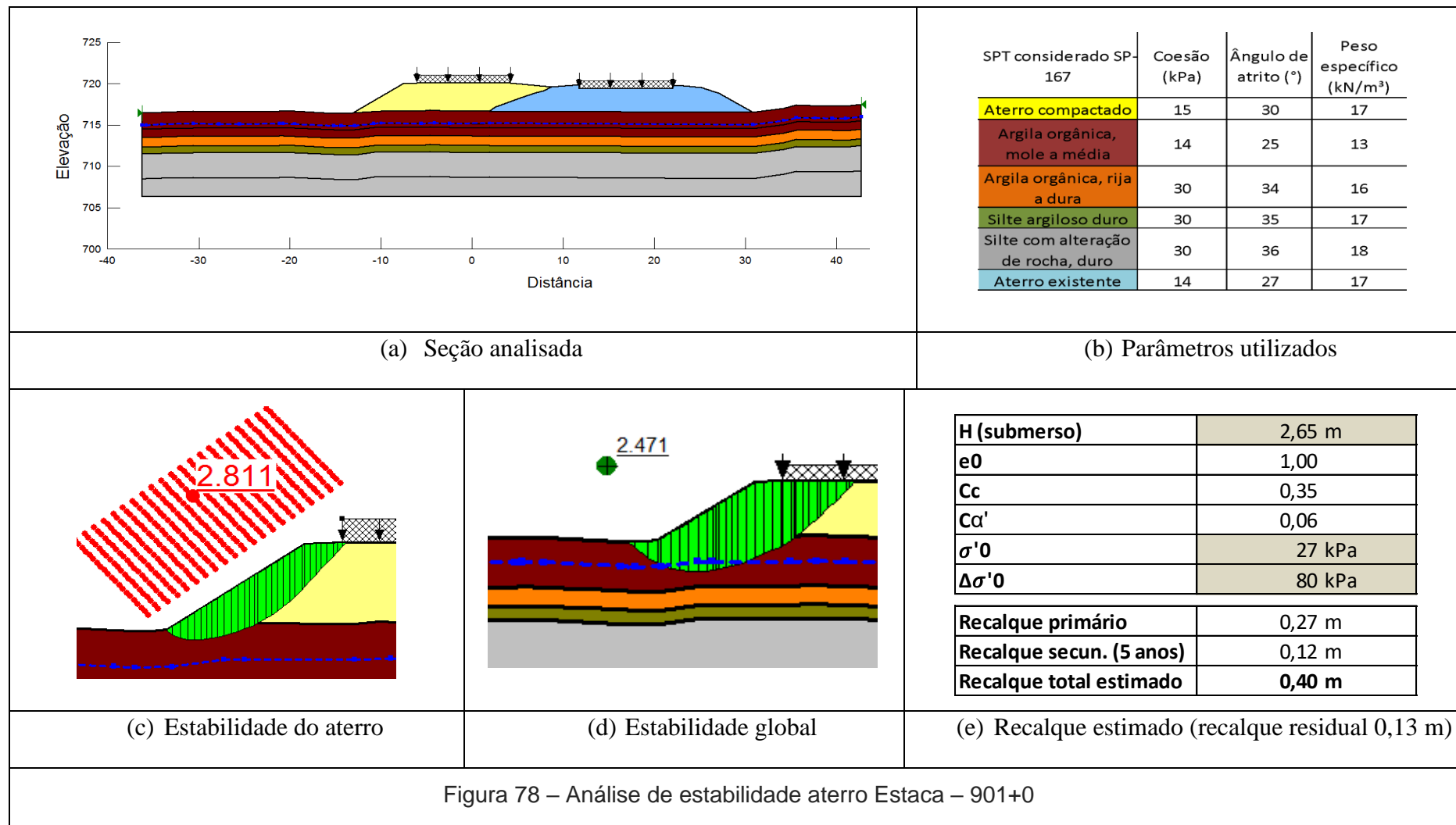


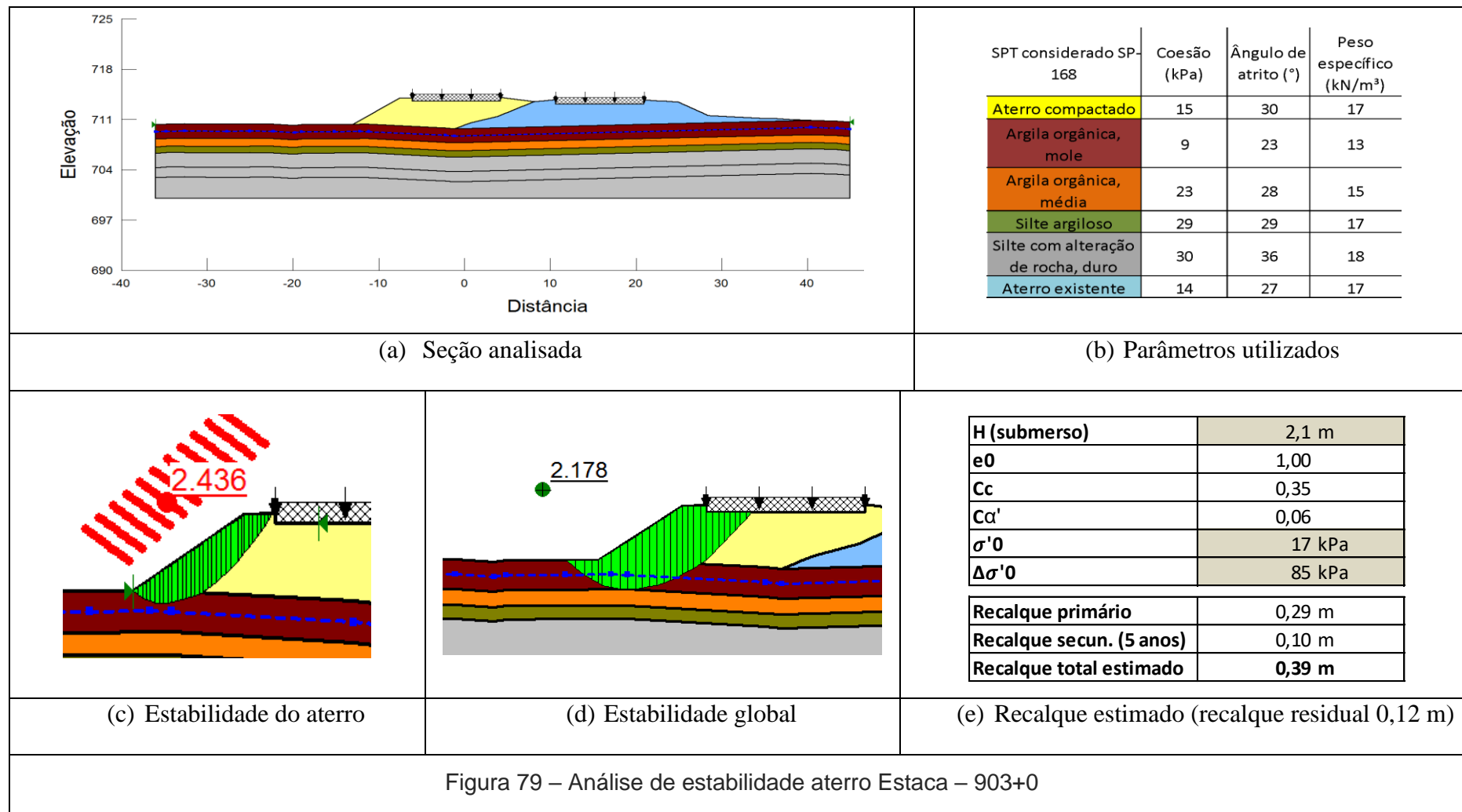
Figura 74 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 32+4

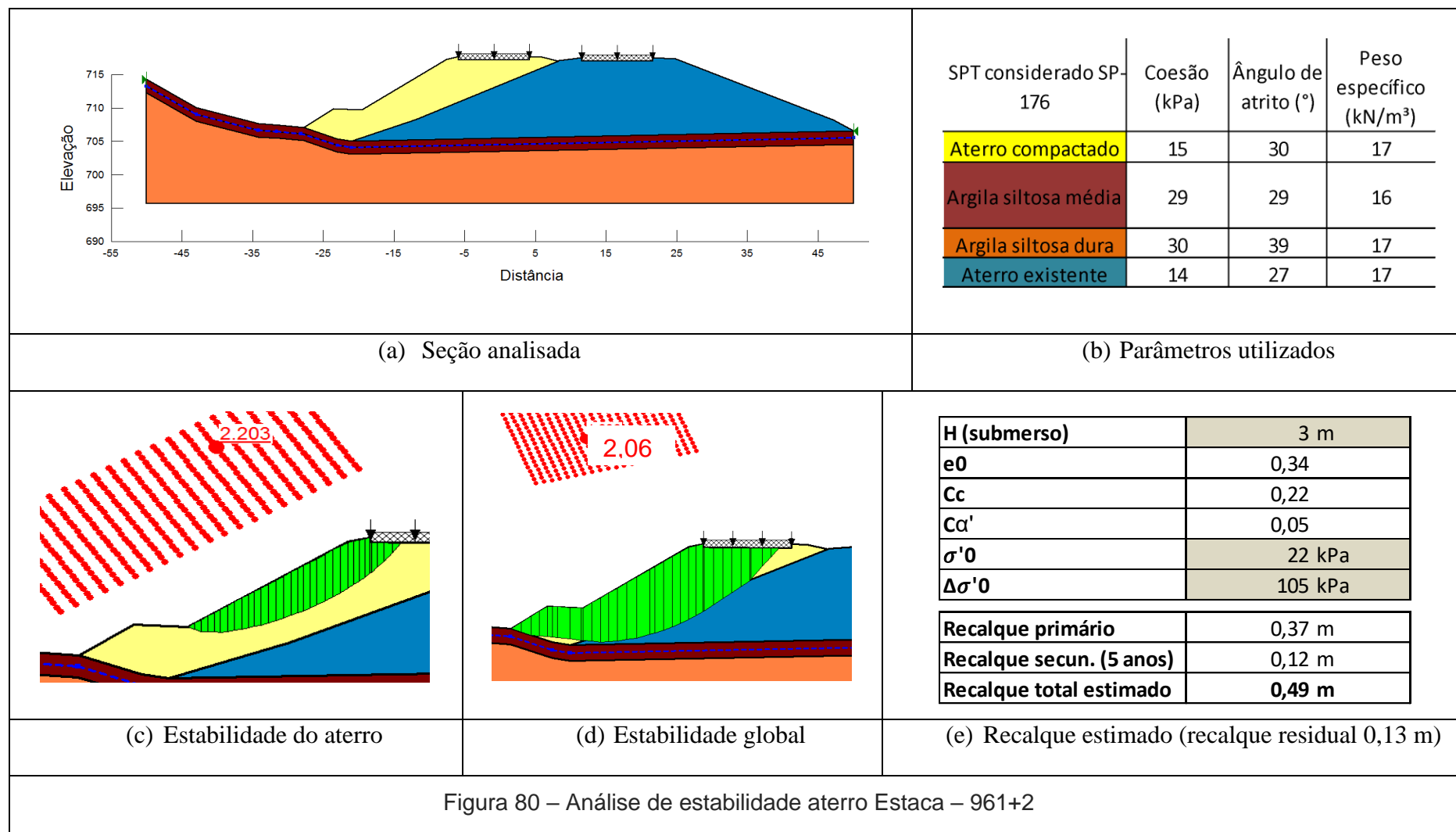












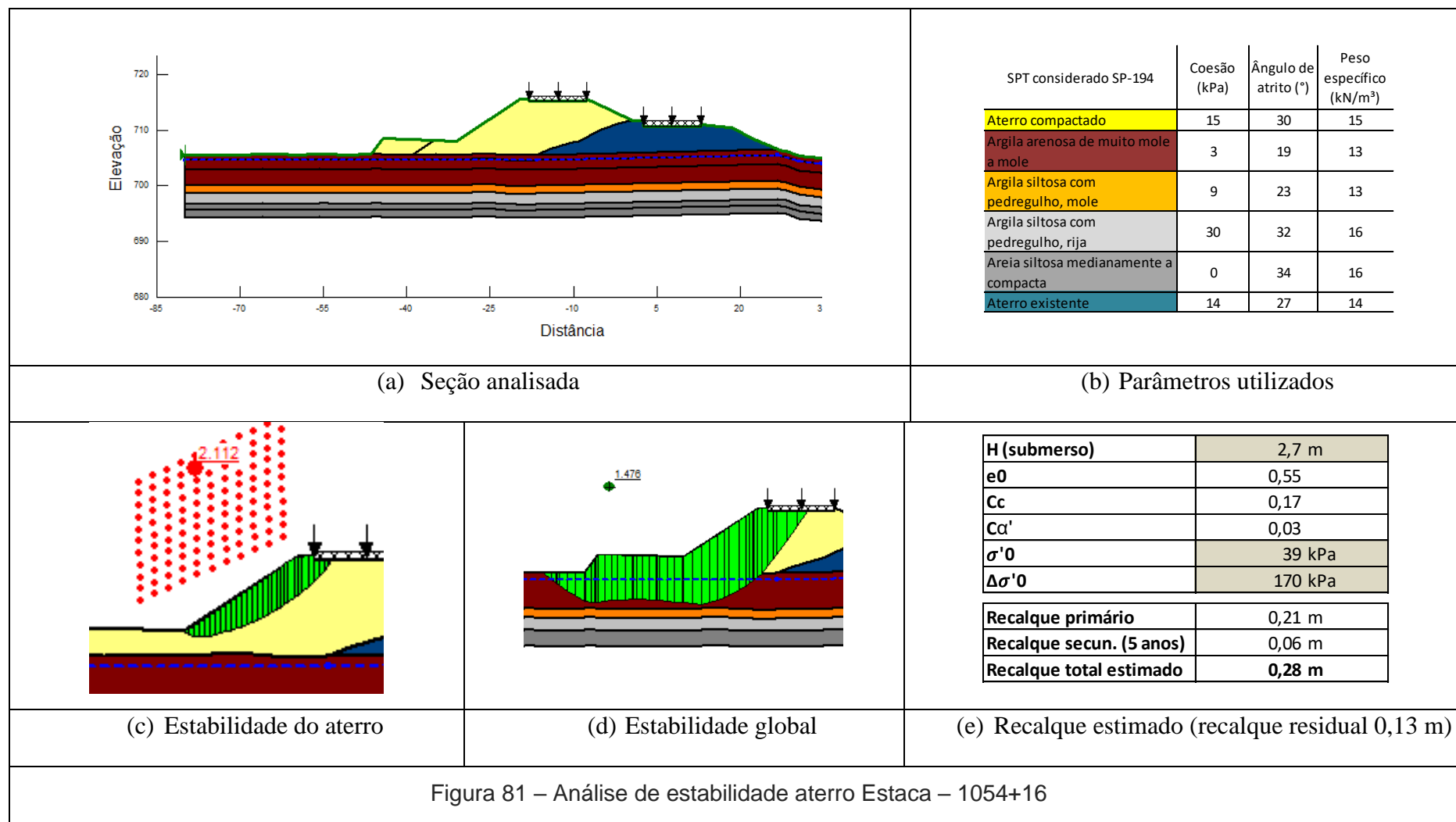
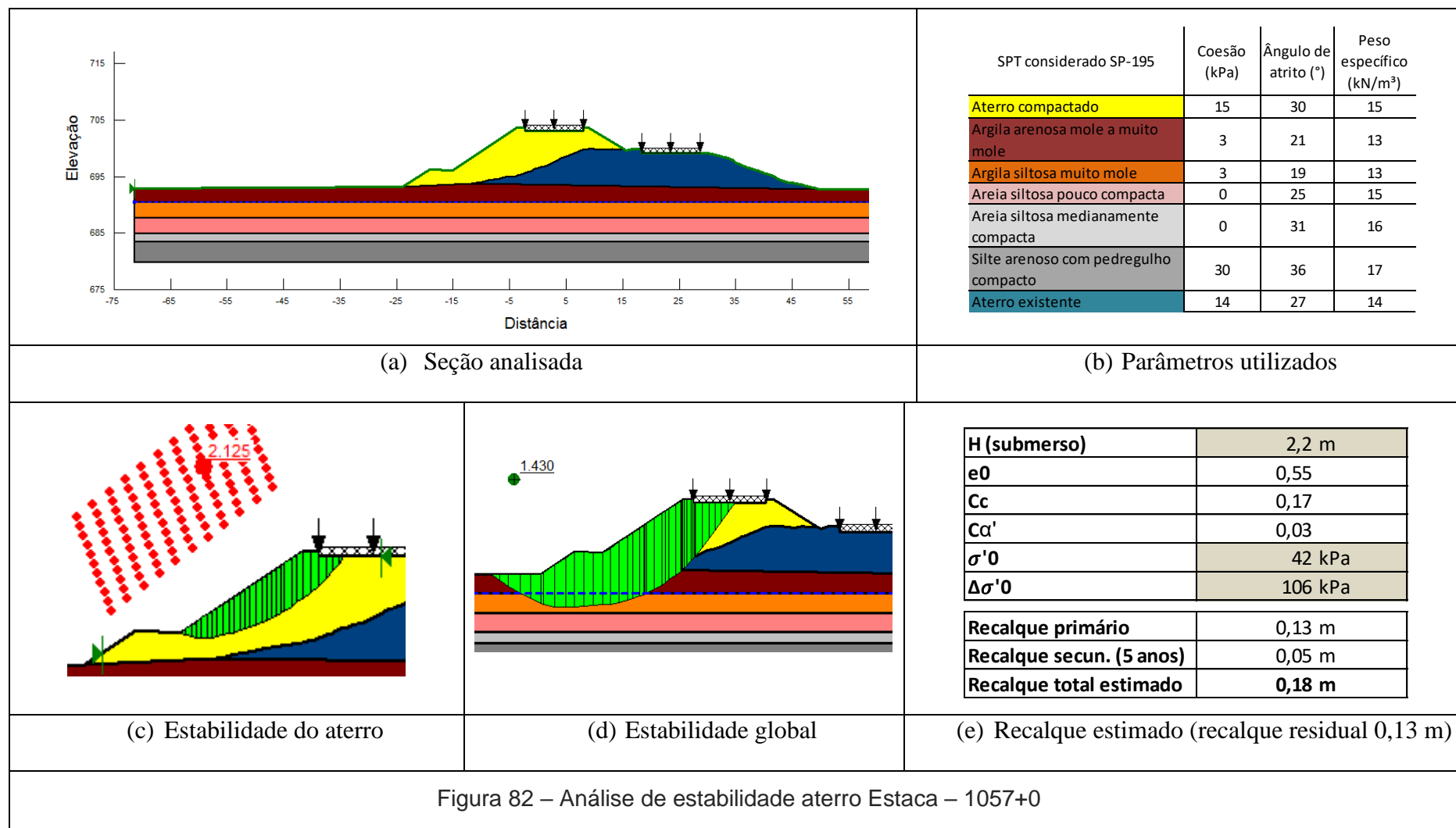


Figura 81 – Análise de estabilidade aterro Estaca – 1054+16



3.8.4.2.2 Seções com nível d'água inferido e/ou bueiros

Seção 11+00 - Bueiro de greide prolongado, altura de aterro projetado 3,70 m

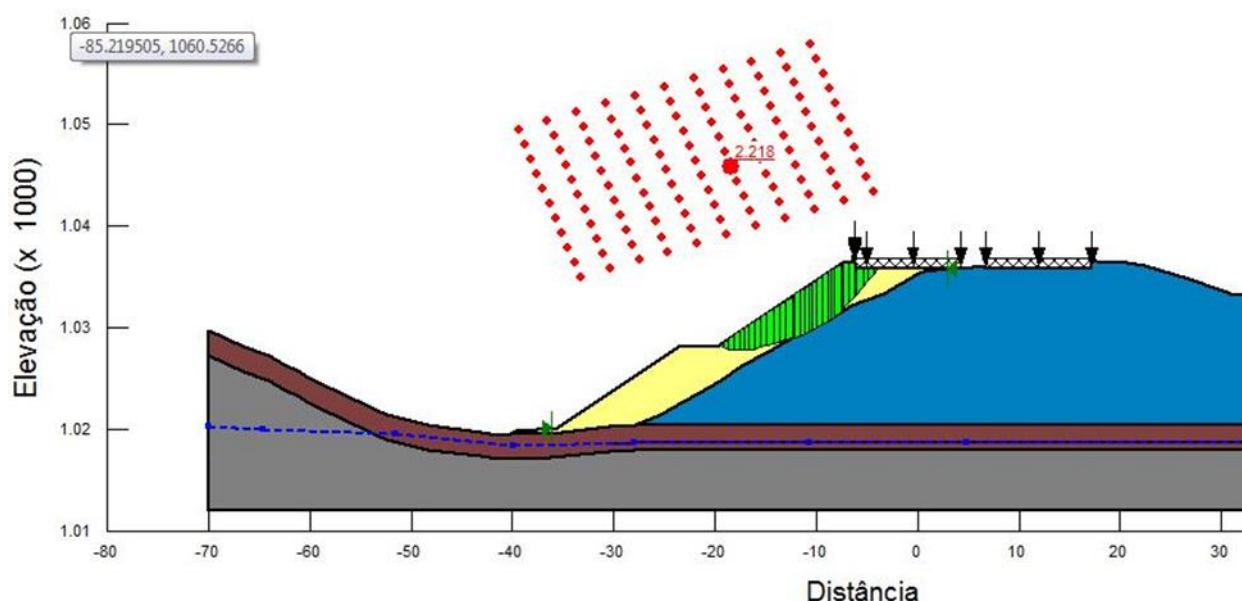
O aterro projetado é montante, a boca de montante está localizada em corte, não há indícios de existência de solos moles, não há necessidade de análise de estabilidade.

Seção 24+16 - Bueiro de greide prolongado, altura do aterro projetado 1,70 m

Nas sondagens próximas (ST-02) não foi identificado N.A., porém como a topografia cadastrou curso d' água perene foi feita a avaliação da necessidade de cálculo de recalque. Concluiu-se que não há necessidade de cálculo de recalque pois a altura de aterro é insignificante e haverá distribuição da carga na seção de corte. Não foi feita avaliação de estabilidade pois a seção encontra-se parcialmente em aterro baixo ($h < 1,70\text{m}$) e parcialmente em greide colado/corte.

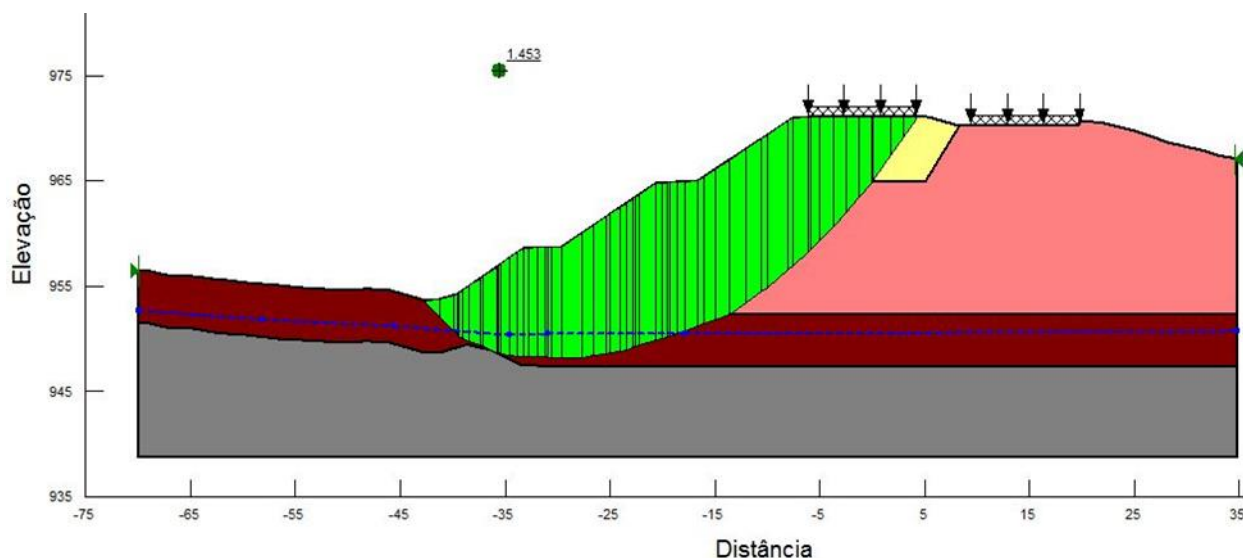
Seção 60+05/61+00 - Bueiro de greide substituído - Altura do aterro projetado 8,60 m

Foi feita a análise da seção 61+00 com N.A. **inferido** a 1,4 metros. Fator de segurança calculado em 1,678 para estabilidade global e 2,218 para estabilidade do aterro.



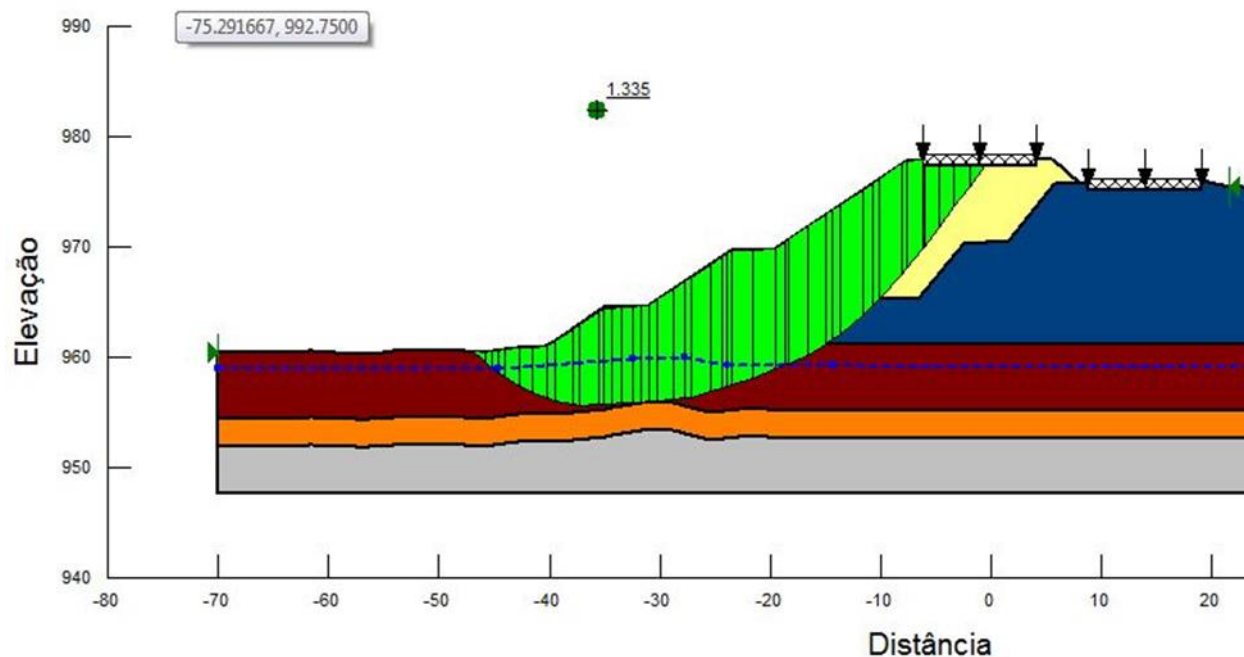
Seção 142+09 – Bueiro prolongado com fluxo de água perene e acúmulo de água na jusante – Altura do aterro projetado 18,65 metros.

Foi analisada a seção 143+08, analisada com N.A. inferido a 1,4 metros. Fator de segurança calculado em 1,461 para estabilidade global e 1,489 para estabilidade do aterro.

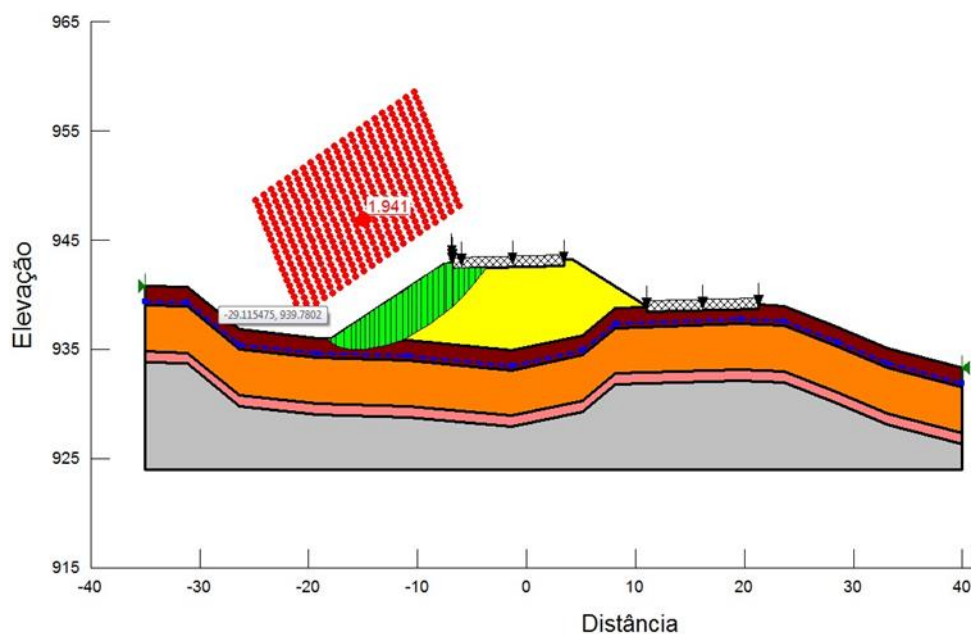


Seção 169+14 – Bueiro substituído com Bueiro prolongado com fluxo de água perene e acúmulo de água na jusante - Altura do aterro projetado 16,70 metros.

Foi analisada a seção 170+06, analisada com N.A. inferido a 1,4 metros. Fator de segurança calculado em 1,343 para estabilidade global e 1,661 para estabilidade do aterro. Considerando que o NA foi inferido, não foi projetada solução para a seção, porém, sugere-se acompanhamento do projeto para verificação da existência de NA durante a execução da obra para possível adequamento da geometria.



Seção 349+18 – Bueiro prolongado com altura de aterro projetado de 7,50 metros. Nas sondagens SP 73 não foi detectado nível d'água, porém, como a topografia cadastrou um curso d'água perene na estaca 349+18. Foi feita análise de estabilidade na seção 350+00 com Fator de Segurança superior a 1,9.



Seção 1221+14 e 1222+13 – Prolongamento do bueiro existente (BDCC 2x2) – Altura do aterro projetado 5,40 m. Nas sondagens SP 226 e SP 227 não foi detectado nível d'água, porém, como a topografia cadastrou um curso d'água perene na estaca 1222+13

foi feita a análise de recalque para esta seção. O recalque calculado é de 18 cm, com tempo de 1,5 meses. Como o tempo de recalque é pequeno não há necessidade de prever solução geotécnica, pois o recalque acontecerá durante a execução da obra.

H (submerso)	1 m		
e ₀	0,57		
C _c	0,36	C _v	3,E-03 cm ² /s
C _{α'}	0,05	U (%)	90
σ' ₀	22 kPa	T _v	0,848
Δσ' ₀	73 kPa	U (%)	95
Recalque primário	0,14 m	T _v	1,13
Recalque secun. (5 anos)	0,04 m	Tempo 90%	1,1 meses
Recalque total estimado	0,18 m	Tempo 95%	1,5 meses

1233+19 - A seção está em greide colado, com altura insignificante, não foi feita análise de estabilidade.

3.9 AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DO PAVIMENTO

Os levantamentos de campo foram realizados para possibilitar o conhecimento das condições atuais do pavimento, e posteriormente será realizado o Projeto de Restauração do Pavimento.

Os levantamentos realizados foram:

- Cadastro de falhas de pavimentos, através de processo de imageamento contínuo da superfície do pavimento, por câmera traseira;
- Determinação das deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer”;
- Medição de irregularidade longitudinal
- Medição de irregularidade transversal;
- Os dados coletados em campo são posteriormente, processados em escritório com o fim de obter elementos requeridos pelas especificações de dimensionamento de pavimento

3.9.1 Cadastro de falhas no pavimento – IGG

Para o levantamento das condições de superfície do revestimento implantado na rodovia, foi utilizado um sistema multifuncional, composto por um veículo dotado de um sistema de câmeras digitais e outros sensores opcionais.

A partir da interpretação das imagens, foi gerado o Inventário de Estado da Superfície do pavimento (IES) e calculado o Índice de Gravidade Global (IGG) a cada 40m nas pistas principais das rodovias, conforme metodologias e procedimentos adotados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre DNIT.

Para a aplicação do método DNIT PRO-006/2003, as ocorrências foram agrupadas conforme indicado abaixo. Em seguida foram calculadas a partir das frequências absolutas e relativas das ocorrências inventariadas.

- Tipo 1 - FC. 1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR);
- Tipo 2 - FC. 2 (J e TB);

- Tipo 3 - FC. 3 (JE e TBE);
- Tipo 4 - ALP e ATP/ALC e ATC;
- Tipo 5 – O, P e E;
- Tipo 6 - EX;
- Tipo 7 - D;
- Tipo 8 – R.

A frequência absoluta (Fa) corresponde ao número de vezes em que a ocorrência foi verificada. A frequência relativa (Fr) é obtida por meio da fórmula:

$$Fr = \frac{Fax100}{n}$$

onde:

- Fr = frequência relativa;
- Fa = frequência absoluta;
- n = número de estações inventariadas.

Para as flechas medidas, foram calculadas a média (\bar{x}) e a variância (σ^2). Para cada uma das ocorrências inventariadas, foi calculado o Índice de Gravidade Individual (IGI), a partir da fórmula:

$$IGI = FrxFp$$

onde:

- Fr = frequência relativa;
- Fp = fator de ponderação, obtido de acordo com o quadro a seguir.

RELAÇÃO DE FATORES DE PONDERAÇÃO POR TIPO DE DEFEITO		
Tipo	Codificação de Ocorrências (de acordo com a Terminologia “Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos”)	Fator de Ponderação
1	FC-1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	ALP e ATP/ ALC e ATC	0,9
5	O, P e E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Para a média aritmética e para as variâncias das flechas o fator de ponderação utilizado obedeceu ao seguinte critério:

Quando a média aritmética é igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3. Quando superior a 30, o Índice de Gravidade Individual é igual a 40;

Quando a variância é igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a um. Quando superior a 50, o Índice de Gravidade Individual é igual a 50.

Quando em uma mesma estação foram constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só se consideraram as do tipo 3, para o cálculo da frequência relativa em percentagem (Fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando foram verificadas ocorrências 1 e 2, só se consideraram as de tipo 2. O Índice de Gravidade Global (IGG) foi obtido a partir da fórmula:

$$IGG = \sum IGI$$

onde: $\sum IGI$ =somatório dos Índices de Gravidade Individuais, calculados de acordo com o estabelecido anteriormente.

Com a finalidade de conferir ao pavimento inventariado um conceito que retrate o grau de deterioração atingido, é definida a correspondência apresentada no quadro a seguir.

Conceitos	Limites de IGG
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

3.9.2 Determinação da deflexão – FWD

A determinação da deflexão foi obtida utilizando o deflectômetro de impacto tipo “*Falling Weight Deflectometer*” (FWD).

O levantamento foi realizado de 20m em 20m, alternadamente, em relação ao eixo da pista, ou seja, de 40 m em 40m, em uma mesma faixa de tráfego, conforme ilustração.

As faixas adicionais também deverão ser levantadas.

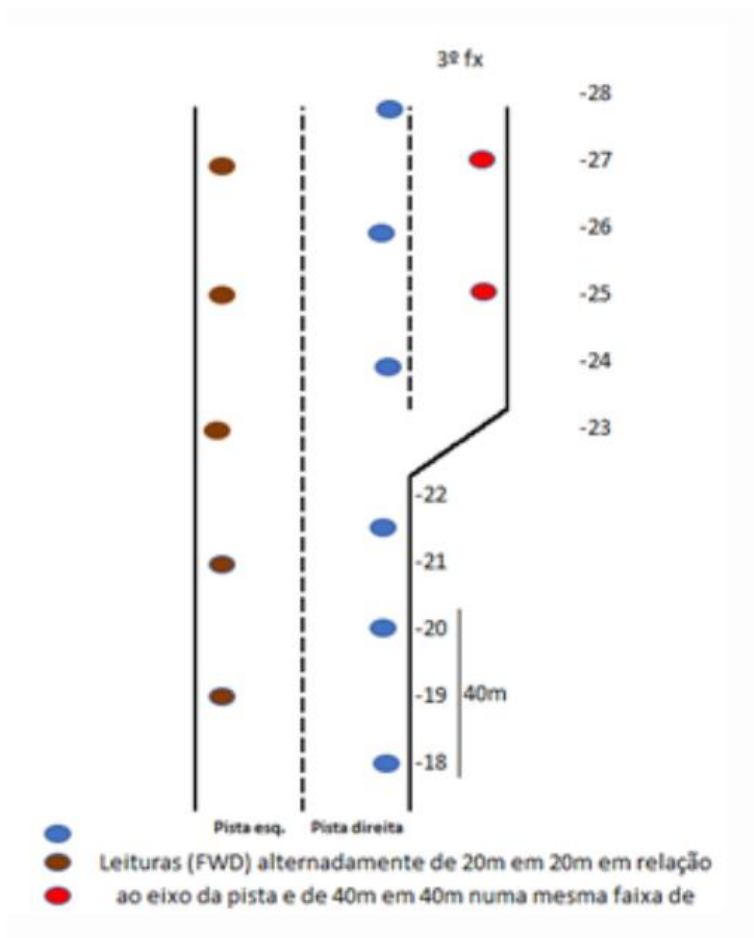


Figura 83 – Método para levantamento do FWD

A distância de cada geofone ao centro da placa de carga foi fixada visando maximizar a acurácia, em função da estrutura do pavimento ensaiado, procurando posicioná-los de forma que as deflexões neles registradas reflitam a contribuição das diversas camadas na deformabilidade do pavimento e que o último seja instalado numa distância tal que a geometria da bacia fique completamente definida. Neste ponto observa-se que a diferença na geometria das bacias devido à rigidez dos diversos tipos de pavimento é mais significativa até 60 a 90 cm da placa de carga, e por isto foram fixados os sensores nas seguintes distâncias em relação ao local de aplicação da carga: 0, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 cm.

Nos estudos em questão foram avaliadas todas as faixas dos segmentos das vias que compõem a malha, sempre empregando uma força de equivalente ao semieixo padrão rodoviário brasileiro, equivalente a 4.100 kgf, aplicado em numa área circular com 30 cm de diâmetro e com espaçamento entre as estações de ensaio de 40 em 40 metros, em uma mesma faixa, ou seja, de 20 em 20 metros alternados.

Em anexo são apresentados os resultados obtidos neste levantamento.

3.9.3 Medição de irregularidade a laser

Avaliação de irregularidade longitudinal foi realizada nos segmentos de estudo com equipamento PavScan a cada 200 m determinando-se o valor do *International Roughness Index* (IRI) e o Afundamento da Trilha de Rodas (ATR) a cada 20 metros.

A irregularidade longitudinal do pavimento foi medida com o objetivo de avaliar sua condição de conforto. A importância de tais medições reside na correlação da irregularidade com a qualidade da superfície de rolamento e com vários componentes dos custos operacionais dos veículos.

A irregularidade de uma via produz forças e acelerações verticais indesejáveis que contribuem para um rolamento antieconômico, inseguro e desconfortável. Pode-se dizer que pavimentos com maior nível de irregularidade acarretam maior custo de operação dos veículos (desgaste de pneus e peças de suspensão, redução na velocidade e assim maior tempo de viagens, que redundam em fretes mais onerosos) e redução da segurança e do conforto (com maior número de acidentes, com maior gravidade).

Para realização do inventário os pavimentos foram escaneados de forma contínua com a utilização do PavScan. O PavScan utiliza linhas de projeção de laser (1 linha por milímetro na seção transversal da via), câmeras de alta potência e óptica avançada para adquirirem alta definição do perfil 3D da rodovia. Esta exclusiva tecnologia permite a visão 3D para avaliação automática do estado do pavimento, incluindo deformações transversais e longitudinais.

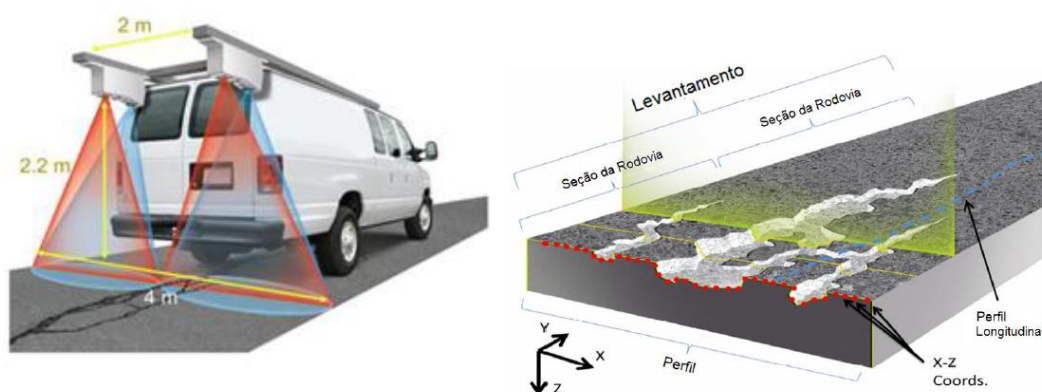


Figura 84 - PavScan

As extensões levantadas foram distribuídas da seguinte forma:

LOTE 01 km 0+000 ao km 26+800		
Faixa direita	km 0+000 ao km 26+800	26,8
Faixa esquerda	km 26+800 ao km 0+000	26,8
3º Faixa 3º Faixa direita	km 3+500 ao km 5+000	1,5
3º Faixa 3º Faixa esquerda	km 7+935 ao km 7+255	0,68
3º Faixa direita	km 9+900 ao km 10+700	0,8
3º Faixa esquerda	km 13+160 ao km 11+260	1,9
3º Faixa esquerda	km 20+870 ao km 20+320	0,55
3º Faixa direita	km 21+750 ao km 22+950	1,2
3º Faixa esquerda	km 24+350 ao km 22+650	1,7
3º Faixa direita	km 24+670 ao km 26+070	1,4
Extensão total		63,33

Em anexo são apresentados os resultados obtidos neste levantamento.

3.9.4 Estrutura do Pavimento Existente

Nos estudos do pavimento existente foram realizadas investigações de poços (PI) de inspeção (60cm x 60cm), com o objetivo de identificar e caracterizar as camadas de pavimento, base, sub-base e subleito. Para a programação dos poços de inspeção foram determinados 12 segmentos homogêneos considerando a deflexão do pavimento, conforme o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT, também foram levantadas as terceiras faixas do trecho. Assim foi locado um poço de inspeção por trecho homogêneo, abrangendo pista de rolamento e terceira faixa ou pista de rolamento e acostamento, em casos em que existe mais de uma terceira faixa no mesmo trecho homogêneo foi acrescentado mais um poço.

Tabela 29 - Programação de PI conforme segmentos homogêneos.

SH POR DEFLEXÃO - LOTE 01								
SEGMENTO	KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO	FAIXA	KM INICIAL	KM FINAL	EXTENSÃO	PI
1	0,000	2,000	2,000	3ª				PI-01
2	2,000	5,000	3,000	3ª	3,460	5,100	1,640	PI-02
3	5,000	6,800	1,800					PI-03
4	6,800	9,000	2,200	3ª	7,920	7,200	0,720	PI-04
5	9,000	10,600	1,600	3ª	9,820	10,740	0,920	PI-05
6	10,600	13,600	3,000	3ª	13,200	11,200	2,000	PI-06
7	13,600	15,200	1,600					PI-07
8	15,200	17,000	1,800					PI-08
9	17,000	18,400	1,400					PI-09
10	18,400	21,000	2,600	3ª	20,920	20,240	0,680	PI-010
11	21,000	23,400	2,400	3ª	21,660	23,020	1,360	PI-011
12	23,400	27,000	3,600	3ª	24,320	22,560	1,760	PI-012
				3ª	24,660	26,100	1,440	PI-013
TOTAL TR 01								13,000

Os boletins de sondagem serão apresentados no volume 3.A ESTUDOS GEOTÉCNICOS. Os resultados e comentários acerca dos boletins de sondagem e ensaios são apresentados no item 4.2.9 Estudo do pavimento existente do presente relatório.

3.10 ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS

O principal objetivo do cadastro de interferências, foi fornecer elementos de instalações subterrâneas ou não, definindo sua posição e ocupação, a fim de permitir a execução das obras e compatibilizar as soluções com as interferências identificadas.

O cadastro de interferências é apresentado tendo como base o levantamento topográfico realizado para o desenvolvimento dos projetos. Tem o propósito de identificar as redes de infraestrutura existentes na faixa de domínio e nas suas proximidades, e que deverão ser relocadas ou protegidas para a execução da obra rodoviária.

A partir do levantamento topográfico foram identificadas as seguintes interferências:

- Árvores;

- Postes da rede pública;
- Rede Elétrica;
- Luminárias;
- Edificações.

As linhas de transmissão de energia foram identificadas em campo e indicadas em planta através dos postes levantados.

Os cadastros de outras redes existentes foram obtidos através de dados fornecidos pelas empresas responsáveis, concessionárias dos serviços.

3.10.1 Bases de Dados Disponíveis

Foram pesquisadas as informações disponíveis sobre as interferências existentes na região, nos órgãos e concessionárias responsáveis, dentre elas:

- a) Rede de Distribuição de Energia: Companhia Paranaense de Energia
- b) Rede de água/esgoto: Companhia responsável pela prestação de serviços de saneamento básico da região;
- c) Rede de Telecomunicação (OI): Companhia de telefone e internet no estado do Paraná

O contato com as concessionárias dos serviços foi continuamente solicitado durante a fase de projeto.

A tabela a seguir mostram a relação dos cadastros solicitados:

ITEM	EMPRESA	CONTATO OBTIDO	FUNÇÃO	E-MAIL	STATUS
1	COPEL	Paulo Esperança	Projetista	esperancaprojetos@hotmail.com	Cadastro Apresentado
2	SANEPAR	Silvio Cesar Bezerra de Souza	Responsável Operacional	silviocbs@sanepar.com.br	Trecho sem cadastro
3	OI	Marcus Valério Franca	Diretoria de Operações	marcusvf@oi.net.br	Trecho sem cadastro

O cadastro da Companhia Paranaense de Energia foi apresentado em pontos lindeiros a rodovia, é possível visualizar os postes e esta rede nos desenhos devidamente identificados.

As Empresas Sanepar e Empresa Telefonia OI, informou que este trecho não apresenta rede que possa a vir a atingir o local de implantação da duplicação, abaixo segue a troca de informações oficiais.

Os demais cadastros que possam atingir a via foram levantados pela topografia e restituição, provindos do laser, como por exemplo árvores e cercas que venham a ser atingidas pelo projeto.

➤ Contato com Sanepar (Companhia de Saneamento do Estado do Paraná)

08/07/2020

Zimbra

Zimbra

elainearaujo@engefoto.com.br

Re: Re: 200706_Cadastro de Rede-Sanepar

De : Silvio Cesar Bezerra de Souza
<silviocbs@sanepar.com.br>

Qua, 08 de Jul de 2020 10:46

Assunto : Re: Re: 200706_Cadastro de Rede-Sanepar

Para : Elaine Rupprecht Araújo
<elainearaujo@engefoto.com.br>

Cc : Valdi Fernandes Costa
<valdicosta@sanepar.com.br>

Responder para : Silvio Cesar Bezerra de Souza
<silviocbs@sanepar.com.br>

Bom dia Elaine.

Fazendo análise em nosso sistema sobre possíveis interferências de redes de água e esgoto, sob o subtrecho 1 (de Mauá até Tamarana) e sob o subtrecho 2 (de Tamarana até próximo a Irerê), informamos que não existem tubulações de água e esgoto operados pela Sanepar, mesmo em um distanciamento de 100 metros de distância de cada lado da Rodovia, conforme informação em arquivo KMZ que você nos enviou. Do trecho de Mauá até Tamarana, solicitar informações à Regional de Apucarana com o Leonardo Violin (43) 2102-3400.

Att,

Silvio Cesar B. de Souza
Cia de Saneamento do Paraná - Sanepar
GRLC - SECAD - AV JK, 1132
(43) 3373-4343

Missão: Assegurar serviços de saneamento ambiental de forma sustentável e inovadora, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social.

Política da Qualidade: Buscar permanentemente a excelência dos produtos próprios e dos adquiridos.

Política Ambiental: Buscar a sustentabilidade ambiental, social e econômica nas nossas atividades.

Em 08/07/2020 às 08:43 horas, elainearaujo@engefoto.com.br escreveu:
Bom dia Silvio!

08/07/2020

Zimbra

Conforme conversamos, segue em anexo o arquivo kmz do trecho de Projeto de Duplicação, Subtrecho 1 e Subtrecho 2.

A faixa de domínio da rodovia (local de implantação da pista projetada) tem aproximadamente 60 metros de largura, considerando o mesmo eixo da pista existente.

Como iremos trabalhar com prováveis desapropriações, solicitamos o cadastro de 100 metros para cada lado da rodovia.

Caso o trecho não englobe a regional de Londrina, se possível, por gentileza, enviar o contato das demais regionais.

O projeto está sendo realizado pela Empresa Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos S.A para o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER/PR).

Quaisquer dúvidas estamos à disposição.

Atenciosamente,

Elaine

De: "Silvio Cesar Bezerra de Souza" <silviocbs@sanepar.com.br>

Para: elainearaujo@engefoto.com.br

Enviadas: Quarta-feira, 8 de julho de 2020 8:15:22

Assunto: Fw: Fw: Fw: Re: 200706_Cadastro de Rede-Sanepar

Bom dia Elaine.

Meu nome é Silvio e providenciarei o croqui pra você, mas preciso que me envie novamente, por favor, o arquivo em KMZ ou uma foto com a indicação do trecho em questão.

Att,

Silvio Cesar B. de Souza
Cia de Saneamento do Paraná - Sanepar
GRLC - SECAD - AV JK, 1132
(43) 3373-4343

Missão: Assegurar serviços de saneamento ambiental de forma sustentável e inovadora, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social.

Política da Qualidade: Buscar permanentemente a excelência dos produtos próprios e dos adquiridos.

Política Ambiental: Buscar a sustentabilidade ambiental, social e econômica nas nossas atividades.

08/07/2020

Zimbra

----- Mensagem encaminhada -----

De: "Valdi Fernandes Costa" <valdicosta@sanepar.com.br>
Data: 07/07/2020 10:56
Assunto: Fw: Fw: Re: 200706_Cadastro de Rede-Sanepar
Para: "Silvio Cesar Bezerra de Souza" <silviocbs@sanepar.com.br>

Silvio favor verificar para mim

ENG. VALDI FERNANDES COSTA
Cia de Saneamento do Paraná - Sanepar
GRLC - Coordenação de Redes
(43) 3373-4334

Missão: **Prestar serviços de Saneamento Ambiental de forma sustentável, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida.**
Política da Qualidade: **Buscar permanentemente a excelência dos produtos próprios e dos adquiridos.**
Política Ambiental: **Buscar a sustentabilidade ambiental, social e econômica nas nossas atividades.**

----- Mensagem encaminhada -----

De: "Atendimento Sanepar Londrina" <londrina@sanepar.com.br>
Data: 07/07/2020 10:07
Assunto: Fw: Re: 200706_Cadastro de Rede-Sanepar
Para: valdicosta@sanepar.com.br

Prezado(a) cliente,

Favor responder neste e-mail para que não se percam informações já fornecidas.

Para maior agilidade em atendimentos futuros coloque apenas o número da matrícula no assunto.

Atenciosamente,

Cia de Saneamento do Paraná - Sanepar

Missão: Assegurar serviços de saneamento ambiental de forma sustentável e inovadora, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social
Política da Qualidade: Buscar permanentemente a excelência dos produtos próprios e dos adquiridos.
Política Ambiental: Buscar a sustentabilidade ambiental, social e econômica nas nossas atividades.

----- Mensagem encaminhada -----

De: "Atendimento Sanepar Londrina" <londrina@sanepar.com.br>
Data: 07/07/2020 10:05
Assunto: Re: 200706_Cadastro de Rede-Sanepar
Para: "Elaine Rupprecht Araújo" <elainearaujo@engefoto.com.br>

https://internet2.engefoto.com.br/h/printmessage?id=71180&tz=America/Sao_Paulo

3/4

08/07/2020

Zimbra

Prezado(a) cliente,

Não consegui abrir o arquivo enviado, por favor ligue 3373 4343 em nosso setor cadastro , provavelmente você conseguirá esta informação, mesmo assim estou enviando este e-mail para nosso setor de cadastro.

Favor responder neste e-mail para que não se percam informações já fornecidas.

Para maior agilidade em atendimentos futuros coloque apenas o número da matrícula no assunto.

Atenciosamente,
rpg

Cia de Saneamento do Paraná - Sanepar

Missão: Assegurar serviços de saneamento ambiental de forma sustentável e inovadora, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social

Política da Qualidade: Buscar permanentemente a excelência dos produtos próprios e dos adquiridos.

Política Ambiental: Buscar a sustentabilidade ambiental, social e econômica nas nossas atividades.

Em 06/07/2020 às 14:42 horas, elainearaujo@engefoto.com.br escreveu:

Prezados, bom dia!

A Empresa Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos S.A, está realizando o Projeto de Duplicação da PR-445, do km 0 ao km 50. Esta rodovia está localizada no Norte do estado do Paraná, e é a principal ligação entre Curitiba e Londrina. Por gentileza, quando possível, gostaríamos do cadastro da rede da Sanepar que possa causar interferência com a pista projetada.

Estou enviando em anexo um arquivo kmz com a localização do trecho de projeto. O trecho compreende de Mauá da Serra, a Irerê, o kmz está dividido em 2 sublotes. Gostaríamos da informação de 100 metros para cada lado, a partir do eixo da rodovia.

Quaisquer dúvidas estamos à disposição.

Atenciosamente,

Elaine
41 98507 2386
41 3071 4200

➤ Contato com a Companhia de Telecomunicação (OI)

17/07/2020

Zimbra

Zimbra

elainearaujo@engefoto.com.br

200713_Cadastro_OI

De : Marcus Valerio Franca <marcusvf@oi.net.br> Sex, 17 de Jul de 2020 10:48
Assunto : 200713_Cadastro_OI 5 anexos
Para : Elaine Rupprecht Araújo
<elainearaujo@engefoto.com.br>
Cc : Fabiano Grande Guiotti <guiotti@oi.net.br>, Rogerio
Brambilla <rogerio.brambilla@oi.net.br>, Adalberto
Fracaro <fracaro@oi.net.br>, Camilla Tarram
(camilla.tarram@seredesa.com.br)
<camilla.tarram@seredesa.com.br>, ALEX SANDRO
BENICIO (alex.benicio@seredesa.com.br)
<alex.benicio@seredesa.com.br>, Erondi Azevedo
Guesser <erondi@oi.net.br>

Bom dia

Prezada Elaine não há rede metálica nem optica da OI no trecho descrito abaixo

Ficamos à disposição

Att

Marcus Valerio **França**

Rede Basica Pr Capital

Diretoria de Operações - Regional Sul

41 3242 7089

(014 41) 9 8401-8976

marcusvf@oi.net.br



A marca acima está legalmente protegida.

Antes de imprimir, lembre-se do seu compromisso com o meio ambiente.

De: Elaine Rupprecht Araújo <elainearaujo@engefoto.com.br>

Enviada em: segunda-feira, 13 de julho de 2020 17:08

Para: Marcus Valerio Franca <marcusvf@oi.net.br>

Assunto: [SUSPICIOUS MESSAGE] 200713_Cadastro_OI

Prezado Marcus, boa tarde

A empresa Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos está realizando o Projeto de Duplicação da PR-445 do km 0 ao km 50, para o Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Paraná – DER-PR.

Esta rodovia está localizada no Norte do Paraná e é a principal ligação entre Curitiba e Londrina.

Por gentileza, quando possível, gostaríamos do cadastro da rede de fibra ótica da empresa OI que possa causar interferência com a pista projetada.

17/07/2020

Zimbra

No local estamos estudando 4 interseções em desnível, sendo elas:

Acesso a Leroville;
Acesso a Tamarana;
Acesso a Guaravera;
Acesso a Taquaruna.

Estou enviando em anexo o kmz com a localização do trecho de projeto.

O trecho compreende de Mauá da Serra a Irerê e está dividido em 2 sub lotes. Gostaríamos das informações de 100 metros para cada lado a partir do eixo da rodovia, garantindo assim áreas de possíveis desapropriação.

Quaisquer dúvidas estamos a disposição.

Atenciosamente,



Elaine Rupprecht Araújo
Engenheira de Transportes
+55 41 3071-4200 | 9 8507-2386
engefoto.com.br

Esta mensagem, incluindo seus anexos, pode conter informacoes privilegiadas e/ou de carater confidencial, nao podendo ser retransmitida sem autorizacao do remetente. Se voce nao e o destinatario ou pessoa autorizada a recebe-la, informamos que o seu uso, divulgacao, copia ou arquivamento sao proibidos. Portanto, se você recebeu esta mensagem por engano, por favor, nos informe respondendo imediatamente a este e-mail e em seguida apague-a.



Assinatura-ElaineRupprecht.png
19 KB



image001.png
5 KB



Int Desnível.kmz
1 KB



Subtrecho 02.kmz
3 KB



Subtrecho 01.kmz
3 KB

3.10.1.1 Tabelas de Indicação das Interferências

Conforme levantamentos, foram identificadas as interferências as quais devem ser removidas ou relocadas, sendo as mesmas apresentadas no Volume 02, conforme relação a seguir:

- 349 árvores;
- 41 postes;
- 51 Interferências de Rede Elétrica;
- 2 Luminárias;
- 1 edificação.

➤ Árvores

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A1	7.356.759,545	480.712,055	41+10,929	ESQUERDO
A2	7.356.773,541	480.710,954	42+3,619	ESQUERDO
A3	7.356.793,842	480.723,778	43+7,153	ESQUERDO
A4	7.356.798,960	480.720,282	43+10,693	ESQUERDO
A5	7.356.796,518	480.730,185	43+11,932	DIREITO
A6	7.356.800,795	480.727,410	43+14,943	ESQUERDO
A7	7.356.812,554	480.737,655	44+9,576	DIREITO
A8	7.356.826,853	480.727,482	44+19,324	ESQUERDO
A9	7.356.824,124	480.741,848	45+1,881	DIREITO
A10	7.356.833,128	480.746,245	45+11,860	DIREITO
A11	7.356.850,303	480.741,974	46+6,394	ESQUERDO
A12	7.357.407,634	480.883,401	75+6,037	DIREITO
A13	7.357.414,765	480.887,069	75+13,469	DIREITO
A14	7.357.418,477	480.884,821	75+16,970	DIREITO
A15	7.357.503,071	480.879,554	79+19,697	ESQUERDO
A17	7.357.974,911	481.207,507	109+0,577	ESQUERDO
A18	7.358.004,555	481.259,998	111+19,833	ESQUERDO
A19	7.358.136,599	481.427,045	122+12,669	DIREITO
A20	7.358.140,128	481.429,087	122+16,503	DIREITO
A21	7.358.416,643	481.759,809	144+7,591	DIREITO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A22	7.358.424,959	481.754,706	144+9,035	ESQUERDO
A23	7.358.425,318	481.761,586	144+14,533	ESQUERDO
A24	7.358.533,071	481.897,044	153+7,558	DIREITO
A25	7.358.707,652	482.102,081	166+16,846	DIREITO
A25A	7.358.715,682	482.068,053	165+15,343	ESQUERDO
A26	7.359.293,463	482.483,740	202+8,672	DIREITO
A27	7.360.039,074	482.736,271	241+15,394	DIREITO
A28	7.360.645,225	482.842,247	272+8,329	ESQUERDO
A29	7.360.696,411	482.861,961	275+2,496	DIREITO
A30	7.360.706,142	482.862,664	275+12,171	DIREITO
A31	7.360.709,328	482.865,056	275+15,748	DIREITO
A32	7.360.877,184	482.879,800	284+3,551	ESQUERDO
A33	7.360.879,478	482.870,418	284+4,169	ESQUERDO
A34	7.361.159,604	482.949,863	298+13,866	ESQUERDO
A34A	7.361.196,480	482.946,899	2+000	ESQUERDO
A35	7.361.244,910	482.981,173	303+3,343	ESQUERDO
A36	7.361.242,662	482.997,514	303+9,402	DIREITO
A38	7.361.253,191	482.989,922	303+14,693	ESQUERDO
A39	7.361.260,665	483.005,166	304+8,854	DIREITO
A40	7.361.259,099	483.009,502	304+9,780	DIREITO
A41	7.361.419,315	483.095,937	313+11,406	ESQUERDO
A42	7.361.422,893	483.098,419	313+15,758	ESQUERDO
A43	7.361.427,992	483.111,181	314+6,958	ESQUERDO
A44	7.361.432,471	483.110,765	314+10,497	ESQUERDO
A45	7.361.437,934	483.105,510	314+12,242	ESQUERDO
A46	7.361.437,025	483.118,370	314+18,445	DIREITO
A47	7.361.440,860	483.125,278	315+5,411	DIREITO
A48	7.361.454,998	483.126,823	315+18,131	ESQUERDO
A50	7.361.465,874	483.133,979	316+11,150	ESQUERDO
A52	7.361.477,436	483.144,508	317+6,572	DIREITO
A53	7.361.488,106	483.136,205	317+11,043	ESQUERDO
A54	7.361.483,744	483.144,873	317+12,072	ESQUERDO
A55	7.361.489,425	483.151,539	318+0,459	DIREITO
A56	7.361.501,503	483.162,463	318+16,529	DIREITO
A57	7.361.509,512	483.158,757	319+1,253	ESQUERDO
A58	7.361.589,885	483.210,530	323+16,858	ESQUERDO
A59	7.361.597,727	483.218,930	324+8,000	ESQUERDO
A60	7.361.615,233	483.222,496	325+4,646	ESQUERDO
A61	7.361.611,970	483.232,472	325+7,308	DIREITO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A62	7.361.616,574	483.238,714	325+14,560	DIREITO
A63	7.361.624,528	483.231,040	325+17,088	ESQUERDO
A64	7.361.634,594	483.231,380	326+5,733	ESQUERDO
A65	7.361.648,893	483.245,323	327+5,305	ESQUERDO
A66	7.361.693,490	483.279,698	330+1,413	ESQUERDO
A67	7.361.694,579	483.287,941	330+6,795	DIREITO
A68	7.361.699,106	483.283,863	330+8,390	ESQUERDO
A69	7.361.702,051	483.289,731	330+14,045	DIREITO
A70	7.361.708,560	483.295,100	331+2,425	DIREITO
A71	7.361.766,410	483.331,775	334+10,918	DIREITO
A72	7.361.794,064	483.346,309	336+2,036	ESQUERDO
A73	7.361.814,673	483.359,160	337+6,321	ESQUERDO
A74	7.361.821,779	483.363,550	337+14,672	ESQUERDO
A75	7.361.844,930	483.364,981	338+14,907	ESQUERDO
A76	7.361.853,456	483.368,513	339+3,986	ESQUERDO
A77	7.361.852,915	483.374,466	339+6,757	ESQUERDO
A78	7.361.860,474	483.373,169	339+12,408	ESQUERDO
A79	7.361.870,690	483.378,597	340+3,935	ESQUERDO
A80	7.361.866,325	483.395,682	340+9,523	DIREITO
A81	7.361.871,665	483.393,764	340+12,972	ESQUERDO
A82	7.361.877,674	483.392,838	340+17,521	ESQUERDO
A83	7.361.883,193	483.390,578	341+0,935	ESQUERDO
A84	7.361.920,799	483.412,547	343+4,446	ESQUERDO
A85	7.361.985,466	483.474,010	347+12,099	DIREITO
A86	7.362.074,548	483.536,534	353+0,849	DIREITO
A87	7.362.315,931	483.672,284	366+18,154	ESQUERDO
A88	7.362.361,123	483.696,675	369+9,950	ESQUERDO
A89	7.362.421,237	483.712,771	372+11,483	DIREITO
A90	7.362.483,138	483.702,375	375+13,552	ESQUERDO
A91	7.362.606,093	483.655,662	382+5,424	DIREITO
A92	7.362.601,345	483.635,061	382+11,728	ESQUERDO
A93	7.362.605,972	483.639,184	382+13,640	ESQUERDO
A94	7.362.617,641	483.642,888	383+1,841	ESQUERDO
A95	7.362.620,072	483.639,551	383+5,625	ESQUERDO
A96	7.362.617,203	483.632,065	383+6,929	ESQUERDO
A97	7.362.631,309	483.620,432	384+4,978	ESQUERDO
A98	7.362.636,259	483.622,684	384+8,114	ESQUERDO
A99	7.362.646,356	483.625,822	384+15,244	ESQUERDO
A100	7.362.653,051	483.623,719	385+2,085	DIREITO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A101	7.362.654,401	483.620,072	385+5,092	ESQUERDO
A102	7.362.742,370	483.609,991	389+6,112	DIREITO
A103	7.362.753,088	483.618,522	389+11,055	DIREITO
A104	7.362.754,365	483.614,536	389+14,170	DIREITO
A105	7.362.749,408	483.555,304	390+19,802	ESQUERDO
A106	7.362.758,497	483.555,165	391+7,717	ESQUERDO
A107	7.362.760,008	483.550,447	391+11,403	ESQUERDO
A108	7.362.754,885	483.535,333	391+14,614	ESQUERDO
A109	7.362.761,143	483.531,352	392+2,025	ESQUERDO
A110	7.362.786,489	483.544,036	392+17,498	ESQUERDO
A111	7.362.794,677	483.538,958	393+7,129	ESQUERDO
A112	7.362.832,437	483.522,778	395+7,892	DIREITO
A113	7.362.844,238	483.518,348	396+0,315	DIREITO
A114	7.362.859,015	483.505,792	396+19,410	DIREITO
A115	7.362.875,107	483.502,719	397+14,851	DIREITO
A116	7.362.881,042	483.497,102	398+2,810	DIREITO
A117	7.362.886,984	483.494,773	398+9,115	DIREITO
A118	7.362.891,957	483.489,447	398+16,097	DIREITO
A119	7.363.023,883	483.412,991	406+8,804	DIREITO
A120	7.363.117,318	483.369,599	411+11,525	ESQUERDO
A121	7.363.184,923	483.362,955	414+18,900	ESQUERDO
A122	7.363.190,537	483.363,589	415+4,456	ESQUERDO
A123	7.363.195,908	483.362,850	415+9,865	ESQUERDO
A124	7.363.383,886	483.343,672	424+19,097	ESQUERDO
A125	7.363.738,871	483.287,244	442+19,300	DIREITO
A126	7.364.164,060	483.289,022	464+9,066	DIREITO
A127	7.364.220,853	483.309,827	467+7,521	DIREITO
A128	7.364.241,265	483.306,624	468+7,556	DIREITO
A129	7.364.363,059	483.303,899	474+7,334	DIREITO
A130	7.364.368,384	483.318,047	474+12,147	DIREITO
A131	7.364.369,765	483.306,165	474+13,835	DIREITO
A132	7.364.384,066	483.316,370	475+7,255	DIREITO
A133	7.364.402,454	483.312,224	476+5,188	DIREITO
A134	7.364.416,967	483.315,078	476+18,835	DIREITO
A135	7.364.431,420	483.310,933	477+13,083	DIREITO
A136	7.364.443,732	483.310,142	478+4,919	DIREITO
A137	7.364.458,806	483.302,072	479+0,509	DIREITO
A138	7.364.477,584	483.298,841	479+18,976	DIREITO
A139	7.364.486,775	483.288,657	480+9,791	DIREITO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A140	7.364.489,031	483.298,271	480+9,929	DIREITO
A141	7.364.519,935	483.276,866	482+4,254	DIREITO
A142	7.364.556,264	483.266,606	484+1,461	DIREITO
A143	7.364.570,897	483.267,108	484+14,828	DIREITO
A144	7.364.995,466	482.928,704	511+18,852	DIREITO
A145	7.364.998,279	482.926,428	512+2,660	DIREITO
A146	7.365.014,013	482.915,626	513+2,742	DIREITO
A147	7.365.019,452	482.912,662	513+9,253	DIREITO
A148	7.365.065,378	482.892,851	516+1,864	DIREITO
A149	7.365.090,626	482.887,261	517+9,007	DIREITO
A150	7.365.526,379	483.272,627	549+13,759	ESQUERDO
A152	7.368.427,420	483.568,842	722+12,551	DIREITO
A153	7.368.527,398	483.649,689	729+0,355	DIREITO
A154	7.368.763,482	483.815,390	743+7,827	ESQUERDO
A155	7.368.956,315	483.957,176	755+4,429	DIREITO
A156	7.368.987,456	483.955,915	756+13,405	DIREITO
A157	7.369.012,758	483.962,498	757+18,874	DIREITO
A158	7.369.023,504	483.965,973	758+9,811	DIREITO
A159	7.369.417,973	484.014,542	778+7,204	DIREITO
A160	7.371.390,458	484.871,690	889+15,638	DIREITO
A161	7.371.457,591	484.893,303	893+4,038	ESQUERDO
A161A	7.371.410,878	484.865,932	890+11,946	ESQUERDO
A162	7.371.502,103	484.933,028	896+2,499	ESQUERDO
A163	7.371.506,175	484.938,843	896+9,384	ESQUERDO
A164	7.371.512,322	484.937,432	896+12,935	ESQUERDO
A165	7.371.519,124	484.945,924	897+3,661	ESQUERDO
A166	7.371.783,532	485.208,937	915+14,596	ESQUERDO
A167	7.371.779,414	485.212,128	915+15,371	ESQUERDO
A168	7.371.782,014	485.214,587	915+18,699	ESQUERDO
A169	7.371.898,680	485.501,060	931+15,244	DIREITO
A171	7.371.919,469	485.510,280	932+17,613	ESQUERDO
A174	7.371.947,294	485.523,309	934+8,241	ESQUERDO
A175	7.371.955,406	485.542,577	935+5,347	DIREITO
A176	7.371.961,482	485.533,576	935+5,716	ESQUERDO
A177	7.371.964,033	485.536,704	935+9,538	ESQUERDO
A178	7.371.975,600	485.537,387	935+19,703	ESQUERDO
A179	7.372.890,241	486.040,999	988+5,108	DIREITO
A180	7.372.901,083	486.044,287	988+16,412	DIREITO
A181	7.372.910,982	486.047,534	989+6,821	DIREITO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A182	7.372.923,660	486.052,166	990+0,318	DIREITO
A183	7.372.932,542	486.056,111	990+10,019	DIREITO
A184	7.373.090,547	486.106,473	998+15,655	ESQUERDO
A185	7.373.366,067	486.362,497	1017+18,364	ESQUERDO
A186	7.373.369,181	486.378,044	1018+13,067	ESQUERDO
A187	7.373.373,735	486.386,227	1019+2,406	ESQUERDO
A188	7.373.382,537	486.397,931	1019+17,021	ESQUERDO
A189	7.373.390,031	486.409,476	1020+10,785	ESQUERDO
A191	7.373.575,435	486.653,089	1036+2,587	ESQUERDO
A192	7.373.922,736	486.670,507	1054+8,058	ESQUERDO
A193	7.373.944,423	486.669,900	1055+8,330	ESQUERDO
A194	7.373.947,593	486.661,756	1055+9,361	ESQUERDO
A195	7.373.949,766	486.656,127	1055+10,031	ESQUERDO
A196	7.373.977,000	486.680,469	1057+1,854	ESQUERDO
A197	7.374.783,420	486.986,916	1100+15,696	DIREITO
A198	7.374.836,224	486.982,750	1103+2,331	DIREITO
A199	7.374.845,262	486.983,137	1103+10,952	ESQUERDO
A200	7.374.853,204	486.993,996	1104+2,046	DIREITO
A201	7.374.852,923	487.019,561	1104+10,062	DIREITO
A202	7.374.864,561	486.996,251	1104+13,478	DIREITO
A203	7.374.874,724	486.998,993	1105+3,965	DIREITO
A204	7.374.898,975	487.000,732	1106+7,504	ESQUERDO
A205	7.374.908,683	487.003,176	1106+17,485	ESQUERDO
A206	7.374.916,255	487.011,686	1107+7,369	DIREITO
A207	7.374.925,457	487.014,431	1107+16,967	DIREITO
A208	7.374.924,939	487.041,516	1108+5,085	DIREITO
A209	7.374.963,127	487.054,238	1110+5,336	DIREITO
A210	7.374.974,109	487.057,828	1110+16,890	DIREITO
A211	7.375.342,836	487.181,927	1130+5,940	DIREITO
A212	7.375.370,515	487.193,758	1131+15,944	DIREITO
A213	7.375.385,086	487.196,378	1132+10,592	DIREITO
A214	7.375.390,399	487.197,900	1132+16,113	DIREITO
A215	7.375.397,907	487.200,247	1133+3,978	DIREITO
A216	7.375.417,763	487.206,629	1134+4,833	DIREITO
A217	7.375.646,393	487.259,923	1145+18,545	DIREITO
A218	7.376.227,916	487.590,816	1179+14,406	DIREITO
A219	7.376.240,682	487.587,620	1180+3,314	ESQUERDO
A221	7.376.276,698	487.611,533	1182+6,882	ESQUERDO
A222	7.376.284,812	487.610,970	1182+14,109	ESQUERDO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A223	7.376.307,930	487.613,656	1183+17,355	ESQUERDO
A224	7.376.324,737	487.632,411	1184+19,323	DIREITO
A225	7.376.327,009	487.624,075	1184+19,432	ESQUERDO
A226	7.376.689,119	487.470,899	1205+18,416	DIREITO
A227	7.376.696,159	487.467,168	1206+6,149	DIREITO
A228	7.376.701,690	487.464,193	1206+12,254	DIREITO
A229	7.376.694,266	487.448,807	1206+16,990	ESQUERDO
A230	7.376.696,943	487.448,953	1206+18,886	ESQUERDO
A231	7.376.705,390	487.457,727	1206+19,324	DIREITO
A232	7.376.705,665	487.449,670	1207+4,905	ESQUERDO
A233	7.376.714,247	487.440,411	1207+17,475	ESQUERDO
A234	7.376.723,778	487.444,409	1208+1,907	DIREITO
A235	7.376.729,645	487.441,533	1208+8,196	DIREITO
A236	7.376.722,744	487.429,219	1208+11,271	ESQUERDO
A237	7.376.723,464	487.427,000	1208+13,288	ESQUERDO
A238	7.376.725,495	487.425,166	1208+16,025	ESQUERDO
A239	7.376.740,105	487.422,297	1209+8,822	ESQUERDO
A240	7.376.760,246	487.394,566	1211+2,298	ESQUERDO
A241	7.376.780,713	487.370,014	1212+13,213	ESQUERDO
A242	7.376.788,602	487.365,569	1213+1,843	ESQUERDO
A243	7.376.792,809	487.369,008	1213+3,108	ESQUERDO
A244	7.376.807,174	487.361,177	1213+19,032	ESQUERDO
A245	7.376.832,342	487.344,260	1215+8,612	ESQUERDO
A246	7.376.837,845	487.338,382	1215+15,860	ESQUERDO
A247	7.376.843,828	487.333,942	1216+2,825	ESQUERDO
A248	7.376.868,840	487.367,057	1216+14,321	DIREITO
A249	7.376.872,097	487.358,397	1217+0,954	DIREITO
A250	7.376.926,730	487.312,465	1220+4,741	ESQUERDO
A251	7.376.932,286	487.352,160	1220+8,049	DIREITO
A252	7.376.941,689	487.335,456	1220+18,764	DIREITO
A253	7.376.942,443	487.343,551	1220+19,507	DIREITO
A254	7.376.948,068	487.315,594	1221+5,062	ESQUERDO
A255	7.376.952,489	487.344,304	1221+10,398	DIREITO
A256	7.376.957,879	487.317,334	1221+14,587	ESQUERDO
A257	7.376.957,893	487.340,088	1221+15,964	DIREITO
A258	7.376.992,217	487.349,410	1223+13,884	DIREITO
A259	7.377.082,606	487.348,763	1227+18,785	ESQUERDO
A259A	7.377.081,946	487.345,885	1227+16,709	ESQUERDO
A260	7.377.090,336	487.350,214	1228+6,009	ESQUERDO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A261	7.377.086,654	487.362,678	1228+9,154	ESQUERDO
A262	7.377.088,476	487.364,424	1228+11,600	ESQUERDO
A263	7.377.090,605	487.366,596	1228+14,532	ESQUERDO
A264	7.377.091,726	487.369,134	1228+16,796	ESQUERDO
A265	7.377.095,224	487.370,439	1229+0,461	ESQUERDO
A266	7.377.102,921	487.362,324	1229+2,840	ESQUERDO
A267	7.377.107,758	487.355,745	1229+3,568	ESQUERDO
A268	7.377.108,698	487.359,500	1229+6,317	ESQUERDO
A269	7.377.103,033	487.373,207	1229+8,572	ESQUERDO
A270	7.377.110,944	487.362,077	1229+9,573	ESQUERDO
A271	7.377.113,218	487.363,987	1229+12,508	ESQUERDO
A272	7.377.112,609	487.368,407	1229+14,277	ESQUERDO
A273	7.377.109,682	487.379,319	1229+17,426	ESQUERDO
A274	7.377.117,098	487.370,754	1229+19,332	ESQUERDO
A275	7.377.118,317	487.371,594	1230+0,810	ESQUERDO
A276	7.377.114,141	487.378,899	1230+1,022	ESQUERDO
A277	7.377.113,192	487.382,034	1230+1,835	ESQUERDO
A278	7.377.119,518	487.372,515	1230+2,314	ESQUERDO
A279	7.377.116,305	487.380,439	1230+3,671	ESQUERDO
A280	7.377.123,238	487.374,672	1230+6,614	ESQUERDO
A281	7.377.125,117	487.376,061	1230+8,940	ESQUERDO
A282	7.377.127,082	487.376,869	1230+11,040	ESQUERDO
A283	7.377.134,686	487.375,233	1230+16,696	ESQUERDO
A284	7.377.224,032	487.456,556	1236+13,892	DIREITO
A285	7.377.232,486	487.438,433	1236+15,763	ESQUERDO
A286	7.377.228,547	487.459,604	1236+18,958	DIREITO
A287	7.377.619,544	487.431,460	1256+16,033	DIREITO
A288	7.377.628,648	487.429,144	1257+5,743	DIREITO
A289	7.377.639,119	487.430,905	1257+17,316	DIREITO
A290	7.377.789,486	487.446,757	1265+8,238	ESQUERDO
A291	7.377.797,262	487.448,532	1265+16,109	ESQUERDO
A292	7.377.886,454	487.466,444	1270+5,465	ESQUERDO
A293	7.378.194,675	487.598,236	1287+2,611	ESQUERDO
A294	7.378.294,437	487.661,989	1292+15,195	DIREITO
A295	7.378.322,965	487.638,813	1293+19,118	ESQUERDO
A296	7.378.329,345	487.646,755	1294+6,760	ESQUERDO
A297	7.378.344,158	487.648,203	1295+1,698	ESQUERDO
A298	7.378.348,788	487.644,250	1295+5,753	ESQUERDO
A299	7.378.445,538	487.659,187	1300+3,896	ESQUERDO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A300	7.378.456,551	487.660,796	1300+15,017	ESQUERDO
A301	7.378.466,077	487.662,469	1301+4,666	ESQUERDO
A302	7.378.486,910	487.662,712	1302+5,409	ESQUERDO
A303	7.378.491,879	487.663,070	1302+10,388	ESQUERDO
A304	7.378.619,885	487.679,786	1308+19,443	ESQUERDO
A305	7.378.628,693	487.679,639	1309+8,186	ESQUERDO
A306	7.378.650,919	487.681,505	1310+10,485	ESQUERDO
A307	7.378.666,616	487.682,898	1311+6,241	ESQUERDO
A308	7.378.676,447	487.684,614	1311+16,199	ESQUERDO
A309	7.378.683,371	487.684,463	1312+3,068	ESQUERDO
A310	7.378.696,419	487.686,064	1312+16,212	ESQUERDO
A311	7.378.706,161	487.686,661	1313+5,963	ESQUERDO
A312	7.378.714,989	487.674,631	1313+13,471	ESQUERDO
A313	7.378.738,154	487.675,135	1314+16,560	ESQUERDO
A314	7.378.740,463	487.691,056	1315+0,537	ESQUERDO
A315	7.378.752,175	487.677,014	1315+10,701	ESQUERDO
A316	7.378.754,520	487.693,181	1315+14,740	ESQUERDO
A317	7.378.762,213	487.694,473	1316+2,526	ESQUERDO
A318	7.378.768,380	487.695,324	1316+8,749	ESQUERDO
A319	7.378.773,349	487.695,506	1316+13,709	ESQUERDO
A320	7.378.781,285	487.696,609	1317+1,717	ESQUERDO
A321	7.378.814,627	487.699,771	1318+15,207	ESQUERDO
A322	7.378.821,914	487.699,403	1319+2,414	ESQUERDO
A323	7.378.834,105	487.700,703	1319+14,674	ESQUERDO
A324	7.378.849,335	487.702,517	1320+10,010	ESQUERDO
A325	7.378.862,956	487.703,800	1321+3,691	ESQUERDO
A326	7.378.866,085	487.695,952	1321+5,974	ESQUERDO
A327	7.378.888,876	487.693,902	1322+8,536	ESQUERDO
A328	7.378.953,028	487.746,341	1325+17,763	DIREITO
A329	7.378.952,601	487.755,339	1325+18,299	DIREITO
A330	7.378.997,685	487.741,270	1328+1,624	DIREITO
A331	7.379.047,982	487.745,021	1330+11,992	DIREITO
A332	7.379.153,694	487.756,466	1335+13,317	DIREITO
A332A	7.379.149,531	487.762,254	1336+0,000	DIREITO
A332B	7.379.144,849	487.763,741	1335+10,216	DIREITO
A333	7.379.156,083	487.725,397	1335+19,511	ESQUERDO
A334	7.379.159,632	487.722,234	1336+3,561	ESQUERDO
A335	7.379.170,825	487.754,151	1336+9,347	DIREITO
A335A	7.379.163,679	487.759,384	1336+2,217	DIREITO

TABELA DE REMOÇÃO DE ÁRVORES				
ÁRVORE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
A336	7.379.189,685	487.748,773	1337+7,512	DIREITO
A337	7.379.193,191	487.745,551	1337+11,391	DIREITO
A337A	7.379.210,801	487.757,505	1338+9,405	DIREITO
A338	7.379.203,092	487.750,844	1337+19,079	DIREITO
A338A	7.379.210,801	487.762,473	1337+19,079	DIREITO
A339	7.379.218,196	487.736,183	1338+16,423	DIREITO
A340	7.379.302,149	487.698,721	1343+3,056	DIREITO
A341	7.379.311,258	487.691,502	1343+13,925	DIREITO
A342	7.379.354,059	487.662,855	1346+1,798	DIREITO
A343	7.379.359,914	487.654,768	1346+11,057	DIREITO
A344	7.379.373,005	487.644,199	1347+6,968	DIREITO
A345	7.379.387,961	487.630,757	1348+6,308	DIREITO
A346	7.379.409,918	487.601,455	1350+2,501	DIREITO
A347	7.379.415,606	487.563,723	1351+14,572	DIREITO
A348	7.379.431,956	487.577,016	1351+15,407	DIREITO
A349	7.379.436,931	487.568,179	1352+5,327	DIREITO
A350	7.379.427,669	487.551,653	1352+11,603	DIREITO

➤ Postes

TABELA DE RELOCAÇÃO DE POSTES				
POSTE	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
P1	7.363.066,567	483.373,341	409+2,915	ESQUERDO
P2	7.371.420,609	484.870,312	891+1,658	ESQUERDO
P3	7.371.746,317	485.151,549	912+10,511	ESQUERDO
P4	7.371.832,579	485.338,767	922+8,965	ESQUERDO
P5	7.373.366,323	486.349,419	1017+7,575	ESQUERDO
P6	7.373.668,093	486.706,392	1041+11,816	DIREITO
P6A	7.373.649,461	486.658,442	0+14,562	DIREITO
P7	7.375.399,496	487.155,189	1132+11,162	ESQUERDO
P8	7.377.845,239	487.414,987	1267+7,879	ESQUERDO
P9	7.377.825,075	487.520,054	1268+8,857	DIREITO
P10	7.377.818,191	487.543,082	1268+11,172	DIREITO
P11	7.377.885,494	487.537,335	1271+11,330	DIREITO
P12	7.377.941,092	487.560,462	1274+11,544	DIREITO
P13	7.377.999,369	487.584,044	1277+14,412	DIREITO
P15	7.378.006,967	487.587,078	1278+2,593	DIREITO
P16	7.378.006,553	487.591,055	1278+3,710	DIREITO
P17	7.378.065,629	487.610,359	1281+5,702	DIREITO
P18	7.378.112,365	487.629,801	1283+15,553	DIREITO
P19	7.378.161,007	487.646,199	1286+5,206	DIREITO
P20	7.378.209,838	487.660,697	1288+14,490	DIREITO
P21	7.378.306,506	487.681,974	1293+10,315	DIREITO
P22	7.378.388,399	487.693,776	1297+10,839	DIREITO
P23	7.378.403,732	487.638,832	1298+0,154	ESQUERDO
P24	7.378.509,447	487.651,649	1303+6,651	ESQUERDO
P25	7.378.608,614	487.663,538	1308+6,519	ESQUERDO
P26	7.378.681,211	487.672,723	1311+19,680	ESQUERDO
P27	7.378.764,758	487.683,101	1316+3,856	ESQUERDO
P28	7.378.823,792	487.690,561	1319+3,348	ESQUERDO
P29	7.378.821,183	487.738,672	1319+5,834	DIREITO
P30	7.378.935,602	487.754,060	1325+1,238	DIREITO
P31	7.378.972,946	487.710,382	1326+13,702	ESQUERDO
P32	7.378.983,265	487.709,377	1327+3,865	ESQUERDO
P33	7.379.001,967	487.676,492	1327+19,041	ESQUERDO
P34	7.379.158,313	487.759,506	1335+17,192	DIREITO
P35	7.379.173,204	487.755,363	1336+11,322	DIREITO
P36	7.379.176,285	487.702,997	1337+4,459	ESQUERDO
P37	7.379.181,597	487.721,092	1337+5,789	ESQUERDO
P38	7.379.233,803	487.696,745	1340+4,534	ESQUERDO
P39	7.379.286,544	487.670,814	1343+5,397	ESQUERDO
P40	7.379.359,161	487.602,680	1348+7,916	ESQUERDO
P41	7.379.429,511	487.535,157	1353+5,198	ESQUERDO

➤ Rede Elétrica

TABELA DE INDICAÇÃO DA REDE DA COPEL				
REDE ELÉTRICA	COORDENADAS		ESTACA	TENSÃO (kV)
	N	E		
RE1	7.356.464,314	480.655,430	26+13,984	13,8
RE2	7.357.758,394	480.972,082	93+6,071	13,8
RE3	7.358.014,958	481.334,597	115+6,868	13,8
RE4	7.358.531,263	482.031,367	157+0,377	13,8
RE5	7.358.618,370	482.125,430	164+6,080	13,8
RE6	7.358.576,265	482.082,369	201+11,883	13,8
RE7	7.361.432,093	483.090,938	314+1,779	13,8
RE8	7.363.067,495	483.374,479	409+12,551	13,8
RE8A	7.363.067,495	483.374,479	408+11,474	13,8
RE9	7.365.904,363	483.237,293	597+1,037	34,5
RE10	7.367.496,223	483.021,827	660+12,206	13,8
RE11	7.368.316,254	483.783,365	728+1,182	13,8
RE12	7.369.651,249	484.121,364	792+3,099	13,8
RE13	7.371.363,854	484.902,458	890+15,093	13,8
RE14	7.371.747,251	485.152,731	1+10,198	13,8
RE15	7.371.834,509	485.336,305	923+11,612	13,8
RE16	7.371.914,141	485.557,606	934+4,463	13,8
RE16A	7.371.914,141	485.557,606	934+5,104	13,8
RE17	7.373.303,493	486.406,437	1017+10,748	13,8
RE18	7.373.669,633	486.710,372	0+14,562	13,8
RE19	7.373.669,633	486.710,372	1041+10,269	13,8
RE20	7.373.669,633	486.710,372	1042+8,352	13,8
RE21	7.374.313,103	486.797,152	1074+17,760	13,8
RE22	7.374.313,103	486.797,152	1075+3,964	13,8
RE23	7.374.935,489	486.973,915	1109+8,196	13,8
RE24	7.374.935,489	486.973,915	1109+14,764	13,8
RE25	7.375.194,241	487.354,030	1131+19,720	13,8
RE26	7.376.750,791	487.382,349	1209+2,551	13,8
RE27	7.377.844,856	487.416,130	103+000	13,8
RE28	7.377.844,856	487.416,130	106+000	13,8
RE29	7.377.825,022	487.520,042	404+000	13,8
RE30	7.377.883,362	487.536,843	406+000	13,8
RE31	7.377.999,537	487.584,083	409+000	13,8
RE32	7.378.007,009	487.587,088	413+000	13,8
RE33	7.378.065,259	487.610,274	416+000	13,8
RE34	7.378.112,257	487.629,776	418+000	13,8
RE35	7.378.388,414	487.693,779	421+000	13,8
RE36	7.378.209,776	487.660,709	425+000	-
RE37	7.378.388,414	487.693,779	429+000	-
RE38	7.378.403,724	487.638,830	545+10,647	13,8
RE39	7.378.403,724	487.638,830	1298+3,739	13,8
RE40	7.378.403,724	487.638,830	537+000	13,8
RE41	7.378.509,447	487.651,649	543+000	-
RE42	7.378.608,583	487.663,531	532+000	-

TABELA DE INDICAÇÃO DA REDE DA COPEL				
REDE ELÉTRICA	COORDENADAS		ESTACA	TENSÃO (kV)
	N	E		
RE43	7.378.679,079	487.672,231	528+000	-
RE44	7.378.823,525	487.690,499	524+000	13,8
RE45	7.378.821,676	487.738,786	1319+13,672	13,8
RE46	7.379.181,660	487.721,098	1326+5,784	13,8
RE47	7.379.180,402	487.472,678	1337+10,525	-
RE48	7.379.180,402	487.472,678	1337+3,497	-
RE49	7.379.180,402	487.472,678	504+7,817	-

➤ **Luminárias**

TABELA DE INDICAÇÃO DE LUMINÁRIAS				
LUMINÁRIAS	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
AL01	7.378.962,494	487.749,510	609+5,447	DIREITO
AL02	7.379.080,648	487.757,029	899+0,000	DIREITO

➤ **Edificações**

TABELA DE DEMOLIÇÃO DE EDIFICAÇÃO				
REMOÇÃO DE EDIFICAÇÃO DE ALVENARIA	COORDENADAS		ESTACA	LADO
	N	E		
	7.363.181,175	483.349,535	415+18,779	ESQUERDO

3.10.2 INVESTIGAÇÃO COM SONDA GPR

3.10.2.1 Objetivos

Nos dias 11 e 12 de janeiro de 2021, foi realizado a campanha de investigação geofísica através do uso do método de radar de penetração de solo (GPR – Ground Penetrating Radar) direcionado a detecção de interferências (redes e utilidades subterrâneas), localizadas na rodovia PR-445, entre os KM 26+900 e o KM 25+500, trecho localizado entre os municípios de Irerê e Mauá da Serra – PR. A Figura abaixo apresenta a foto área do local.



Figura 85 - Foto aérea. Região da Rodovia PR-445, com destaque para o trecho mapeado (vermelho), entre os municípios de Irerê e Mauá da Serra – PR. (Fonte: <https://earth.google.com>, 2021).

3.10.2.2 Princípios do Método Empregado – (GPR)

Neste estudo foram realizados levantamentos através de método indireto geofísico de mapeamento de subsolos denominado GPR (*Ground Penetrating Radar* ou Radar de Penetração de Solo). Este método é amplamente utilizado em estudos geotécnicos, de Engenharia, infraestrutura e geoambientais para caracterização, avaliação e mapeamento de estruturas diversas presentes em subsuperfície, bem como mapeamento e monitoramento de áreas de relevância ambiental, devido a seu valor agregado de avaliação de grandes áreas de forma contínua, benefícios em relação à custos, prazos e técnicas não invasivas, já consagrados na literatura para os estudos citados.

O método GPR utilizado é um método eletromagnético que emprega ondas de rádio em frequências muito altas (normalmente entre 10 MHz a 2,5 GHz) para localizar estruturas e feições geológicas rasas de subsuperfície ou localizar objetos enterrados.

O princípio físico e a técnica de aquisição de dados GPR consiste na transmissão de ondas eletromagnéticas repetidamente radiadas para dentro do solo por uma antena transmissora colocada na superfície. As ondas de radar refletidas e difratadas em subsuperfície são recebidas e registradas através de outra antena, denominada antena receptora, também colocada na superfície do solo. Este sinal é então, amplificado, formatado, armazenado e visualizado em uma unidade de controle ou computador.

A resposta do GPR em cada ponto do terreno amostrado é registrada por meio de um traço, que reflete a resposta da propagação das ondas eletromagnéticas no subsolo. Ao longo das linhas levantadas, inúmeros traços são adquiridos, empilhados e apresentados em uma imagem denominada radargrama.

A propagação do sinal eletromagnético depende da frequência do sinal transmitido e das propriedades dielétricas dos materiais, as quais são influenciadas pelas propriedades mineralógicas do meio, tais como: presença e proporções de água, sais e outras substâncias em superfície e subsuperfície; características do espalhamento geométrico meio/ondas, dentre outros.

A Figura a seguir ilustra um esquema de transmissão e recepção das ondas eletromagnéticas usadas no método GPR. A energia refletida é registrada em função do tempo de atraso (percurso de ida e volta), amplificada, digitalizada e gravada no disco rígido de um computador tipo *notebook*. Após o processamento dos dados, o resultado obtido é uma imagem de alta resolução da subsuperfície.

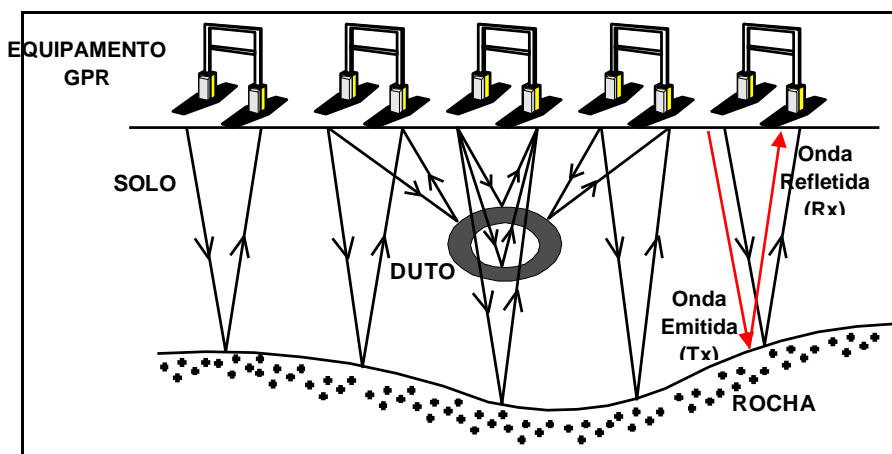


Figura 86 - Princípio da transmissão (antena **transmissora**–Tx) e recepção (antena receptora–Rx) de ondas eletromagnéticas usadas no método GPR.

No método GPR, a condutividade elétrica afeta diretamente a atenuação, enquanto a constante dielétrica afeta a propagação das ondas de radar. A condutividade elétrica é responsável por medir a capacidade do material em conduzir corrente elétrica, já a constante dielétrica determina a habilidade do material em polarizar-se na presença de um campo elétrico.

As profundidades de investigação e resolução do GPR variam de acordo com a frequência das antenas utilizadas. Quanto maior a frequência, maior a resolução vertical e menor a profundidade de investigação, e vice-versa. A Tabela 01 ilustra um guia prático da relação da frequência a ser utilizada em função da profundidade de investigação de forma a planejar os trabalhos de GPR.

Tabela 30 - Frequência da antena versus profundidade de investigação.

Frequência das antenas (MHz)	10	50	100	200	500	700
Profundidade Média de Investigação (m)	30	20	10	4	2.5	1.5

Os resultados dos levantamentos GPR proporcionam, de modo geral, a identificação de refletores pontuais, zonas de variação de amplitude do sinal eletromagnético, refletores linearizados, dentre outras feições, que podem ser relacionadas e associadas a diferentes tipos de estruturas presentes em subsuperfície.

Tais alterações do sinal podem ser associadas a variações das propriedades físicas e químicas do solo, relacionadas à presença de água, diferentes concentrações de sais, variações de porosidade; diferentes materiais litológicos, presença de materiais alóctones e/ou de origem geotécnica, geológica e biológica, bem como materiais diversos enterrados.

No caso de variações pontuais e presença de estruturas em subsuperfície as feições normalmente geradas são do tipo hiperbólicas. Estas hipérboles possuem maior ou menor intensidade de sinal, dependendo do material (propriedade física) da qual é constituída.

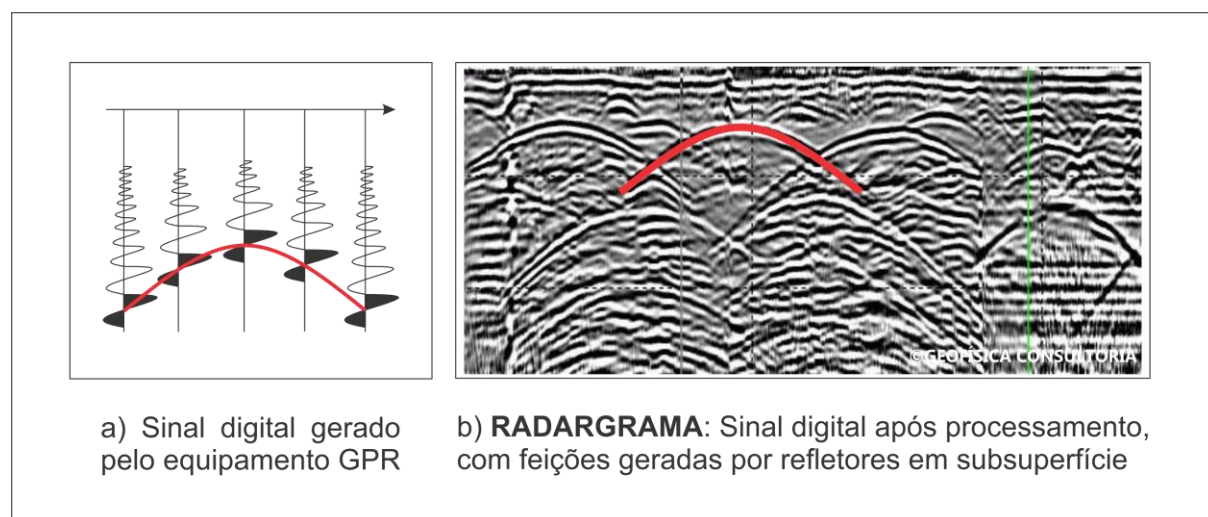


Figura 87 - Visualização de um objeto enterrado, numa seção de radar – radargrama (Modificado de MANACORDA, 2000).

O equipamento utilizado para aquisição de dados dos GPR realizado neste estudo foi o GPR DETECTOR DUO, fabricante IDS Radar S.p.A. (Figura 88). Este equipamento possui um sistema que segue os princípios básicos dos sistemas de georadar, porém com uma configuração de alta performance, equipado com antenas transmissoras e receptoras numa mesma caixa, em duas frequências: 250 MHz e 700 MHz. Isto permite a identificação de alvos rasos e profundos, numa mesma investigação.



Figura 88 - Equipamento utilizado na investigação com o GPR – DETECTOR DUO.

3.10.2.3 AQUISIÇÃO DE DADOS EM CAMPO

A aquisição de dados foi realizada nos dias 11 e 12 de janeiro de 2021.

A figura abaixo apresenta o *croqui* ilustrativo das áreas onde foi realizada aquisição de dados GPR, durante a etapa de campo. A planta de localização das linhas de aquisição de dados é apresentada no volume 2.

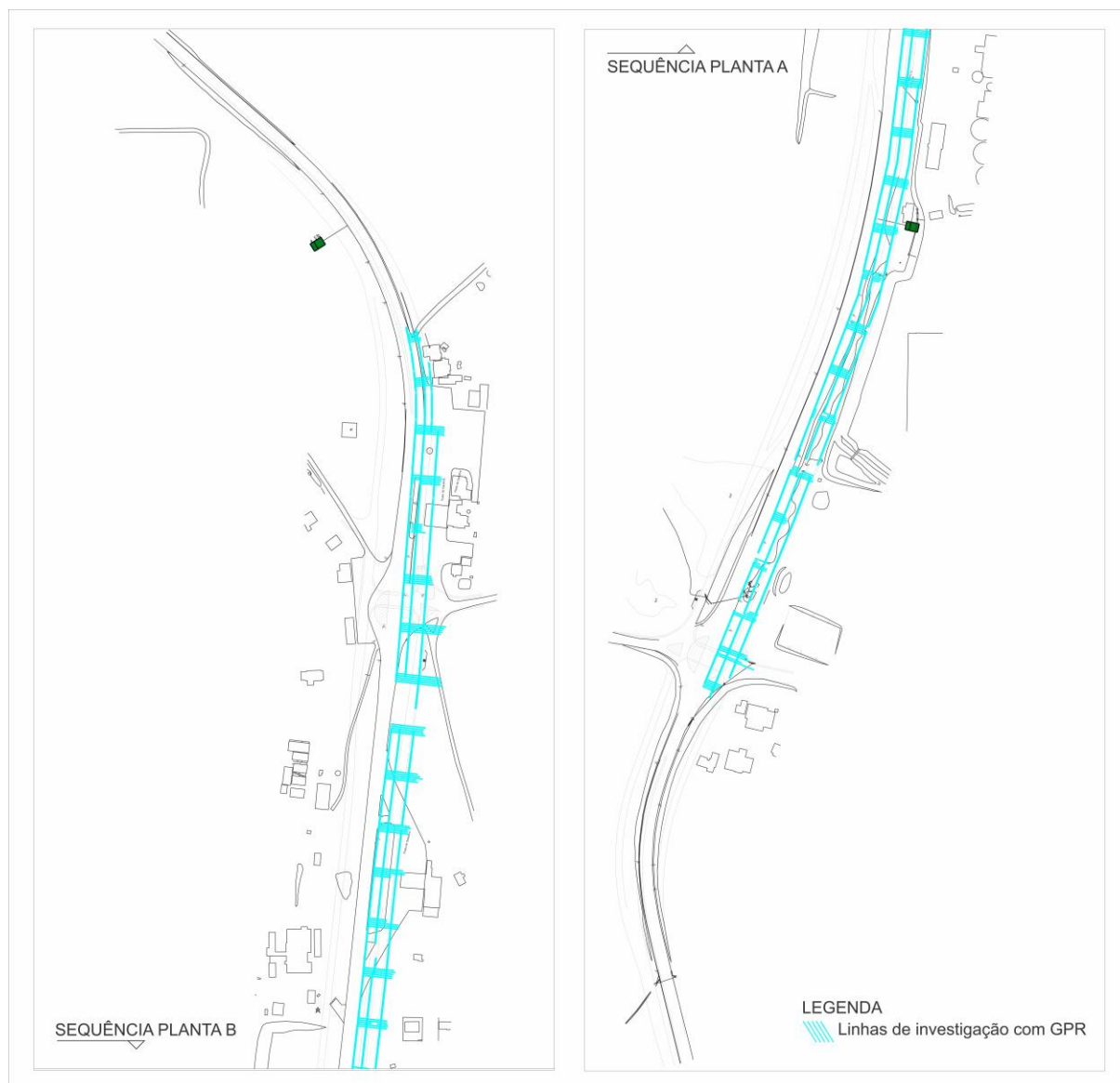


Figura 89 - Croqui ilustrativo do levantamento geofísico, apresenta as áreas investigadas com o método GPR, no trecho da rodovia PR-445.

As áreas mapeadas correspondem ao trecho entre os KM 26+900 e KM 25+500 da rodovia PR-445, localizado entre os municípios de Irerê e Mauá da Serra – PR.



Figura 90 - Fotos da rodovia PR-445.



Figura 91 -Fotos da rodovia PR-445.

O levantamento GPR foi realizado sob orientação da contratante, de modo que a posição das linhas em campo foi estabelecida em acordo entre a contratante e contratada, em função da disponibilidade de áreas livres, nos locais indicados, visando assim obter a maior cobertura possível da área, para melhor caracterização da subsuperfície. As linhas de GPR foram realizadas sendo: 03 (três) linhas longitudinais ao longo do comprimento da rodovia, mais 30 (trinta) trechos, contendo 05 (cinco) linhas transversais (em relação à via principal) cada, espaçadas a cada 2 metros, ao longo de toda a área de interesse.

No total, foram mapeados aproximadamente 10.470 m² de área, ao longo de 265 linhas, cada linha investigada com duas antenas GPR, de frequências 250 Mhz e 700 Mhz.

3.10.2.4 Apresentação dos Resultados

Os resultados dos valores físicos medidos pelo método GPR varia em função das características físicas do terreno, para cada trecho investigado.

Após a análise, interpretação e discussão dos dados, foram produzidas figuras e ilustrações que apresentam em detalhe os resultados obtidos. O sinal do GPR é processado e transformado em perfis eletromagnéticos, denominados **Radargramas**. Estes apresentam variações de sinais localizados, gerados pela presença de diferentes elementos em subsuperfície, denominadas **interferências**. A resposta das propriedades eletromagnéticas gerada por cada interferência em subsuperfície, permite definir a profundidade de sua geratriz superior, que pode variar ao longo de sua extensão. As interferências mapeadas podem ser relacionadas a tubulações diversas, estruturas de edificações ou construções, caixas de passagem, dentre outras estruturas e variações de solo presentes em subsuperfície. A especificação do tipo de interferência ocorre a partir de informações correlacionadas e/ou características específicas do sinal GPR.

As interferências são representadas com suas respectivas profundidades (correspondente à geratriz superior até o viário ou superfície).

A planta com a localização e classificações de todas as interferências e estruturas mapeadas na área investigada, é apresentada no volume 2, denominada Cadastro de Interferências.

Além das variações pontuais podem ser identificadas feições de maiores magnitudes, correspondentes as características e variações dos solos, intervenções nestes, zonas de aterro, interface do nível d'água local, bem como interfaces das camadas dos terrenos investigados. Tais feições são detalhadas no volume 2, através dos contornos das variações observadas a partir das características padrões do sinal eletromagnético, com suas respectivas profundidades (correspondente à geratriz superior até o viário ou superfície).

3.10.2.5 Interpretação dos Resultados

A partir da análise dos dados GPR processados, foi possível notar forte propagação das ondas eletromagnéticas ao longo de todo o terreno investigado, possibilitando assim, a

identificação das diversas interferências presentes na área. A penetração do sinal eletromagnético atingiu profundidades de até aproximadamente 2,5 metros, devido as características do terreno e as propriedades físicas investigadas com este método.

De modo geral, as feições GPR predominantemente identificadas na área, caracterizam-se por refletores hiperbólicos pontuais, que correspondem a interferências existentes, contínuas ao longo das linhas de aquisição, sendo em sua maioria associadas a tubulações e interferências de menor relevância e magnitude, bem como possíveis variações nas camadas dos solos locais.

A Figura 92 ilustra o sinal GPR, com o padrão geral encontrado na área investigada. Nesta, são observadas feições correspondentes a interferências associadas a tubulações existentes em subsuperfície, e refletores sub-horizontais, associados a variações de constituição do solo.

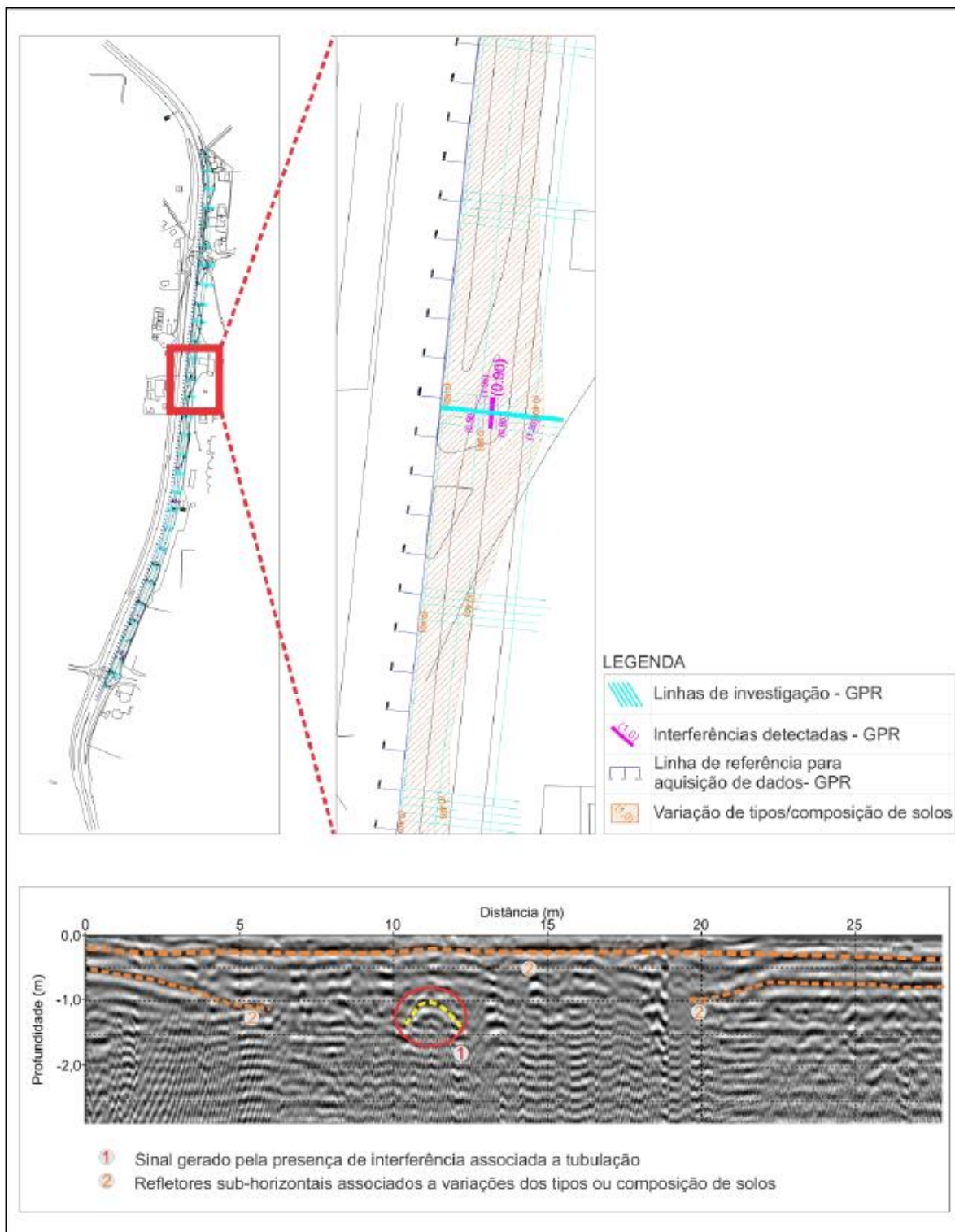


Figura 92 - Padrão geral do sinal GPR para as áreas mapeadas.

Como foco principal deste estudo, a identificação de possíveis redes e utilidades subterrâneas existentes nas áreas, foi possível identificar diversos refletores hiperbólicos de magnitudes diferentes e características individualizadas, que podem ser relacionados a tubulações presentes em subsuperfície. A Figura 93 e Figura 94 ilustram o sinal GPR, caracterizado por refletores hiperbólicos de maior magnitude e menor magnitude, respectivamente, sendo todos associados a interferências presentes em subsuperfície. A figura abaixo ilustra os sinais de GPR, de forma detalhada e contínua, ao longo de múltiplas linhas GPR, onde foram identificadas interferências correspondentes a mesma tubulação detectada.

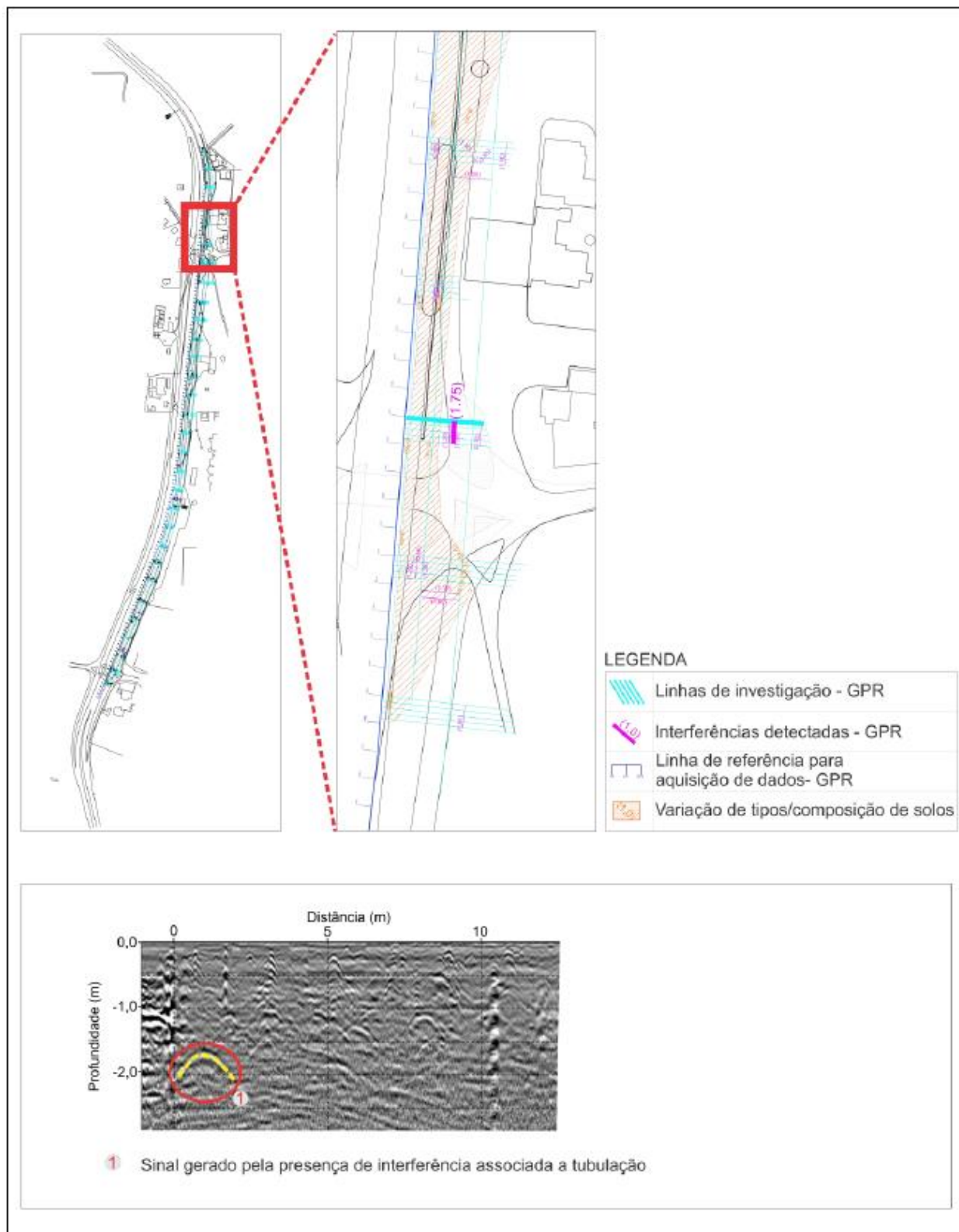


Figura 93 - Sinal GPR associado a interferência de grande magnitude, detectada na área.

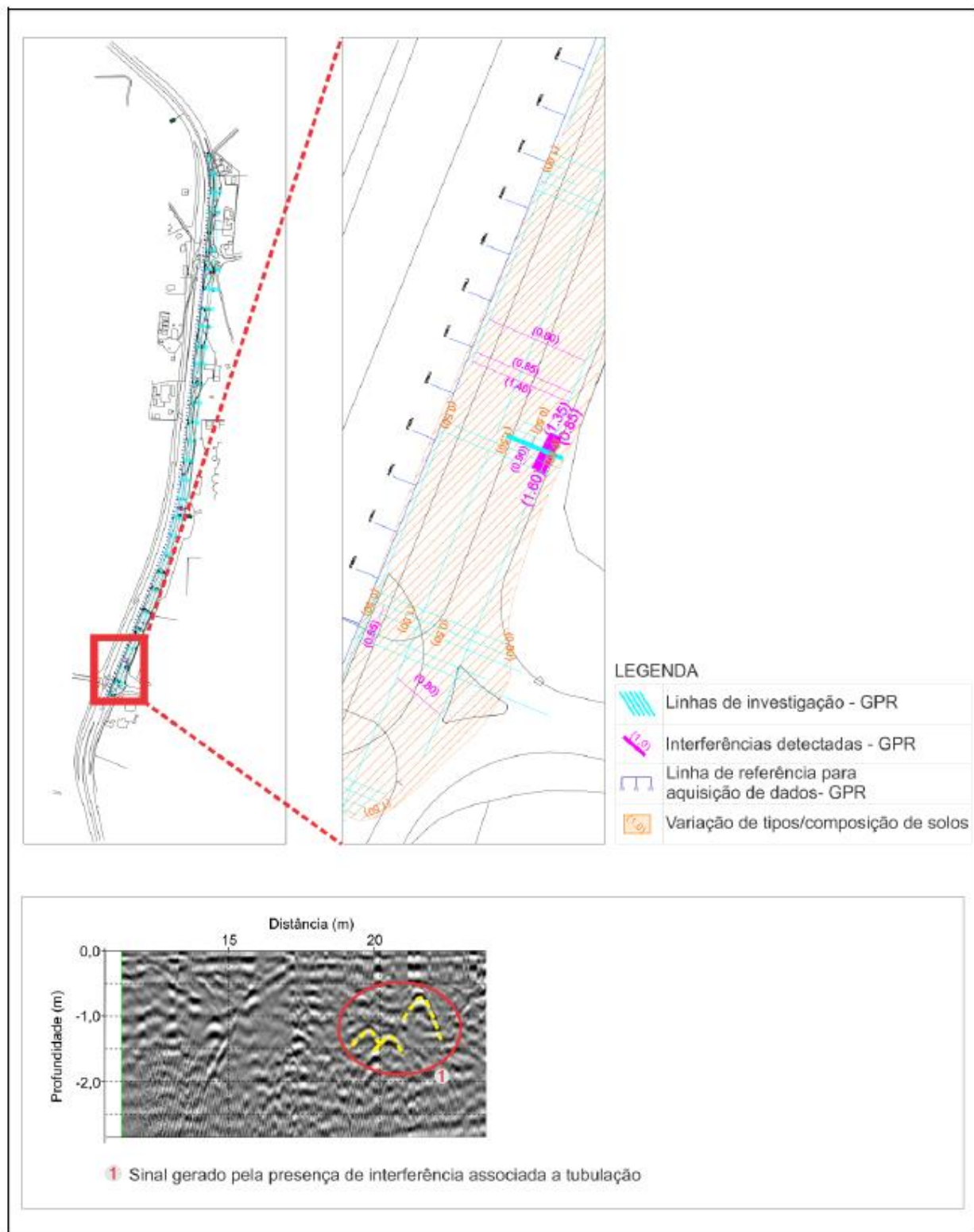


Figura 94 - Sinal GPR associado a interferências de menor magnitude, detectadas na área.

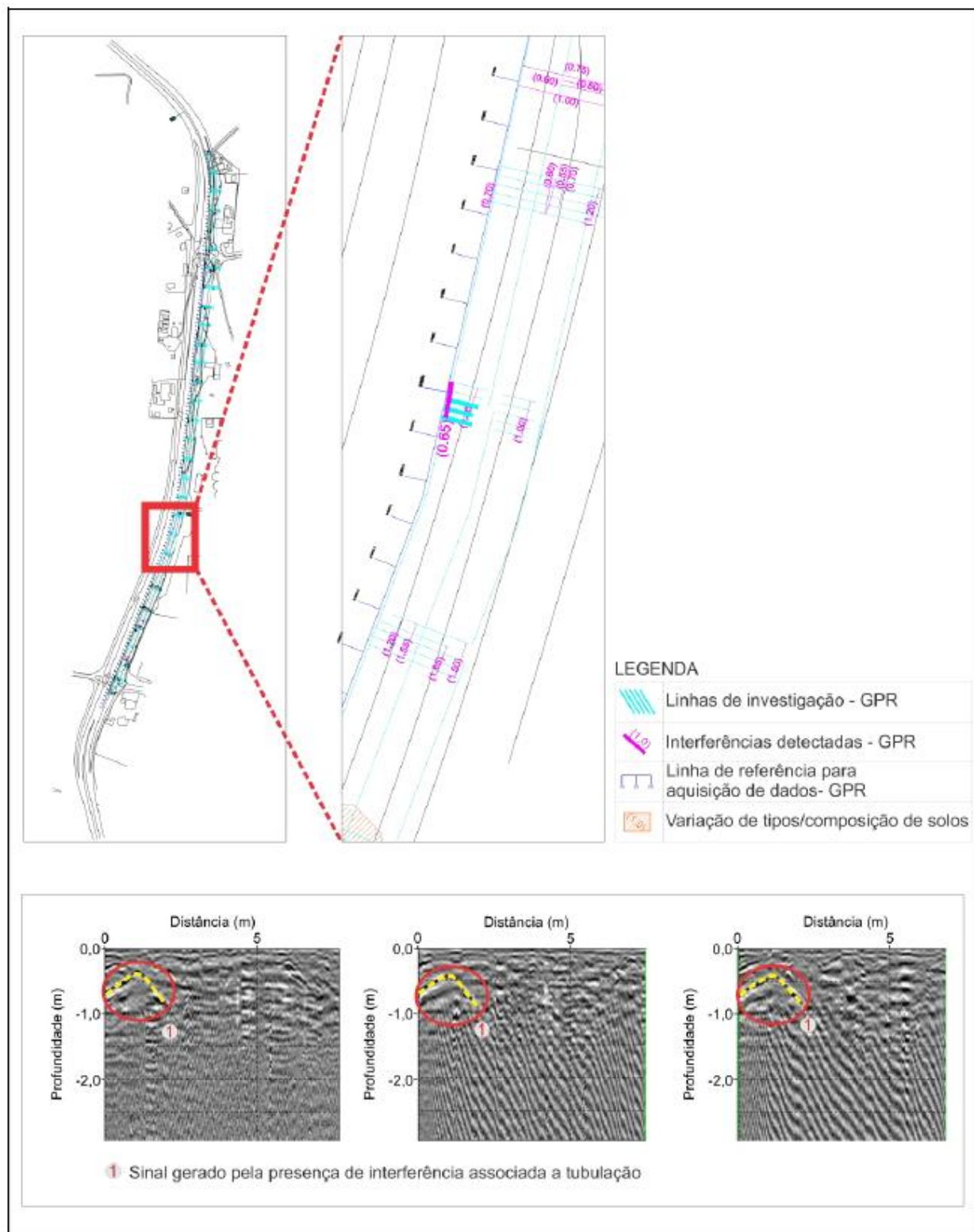


Figura 95 - Sinal GPR associado a interferências detectadas na área.

Ressalta-se apenas que, devido ao escopo otimizado de linhas transversais, feito através de trechos espaçados a cada aproximadamente 35 metros ao longo da rodovia, as interferências mapeadas em cada trecho não puderam ser interligadas. No entanto, em alguns pontos, tais interferências podem ser representativas das mesmas redes e tubulações.

Além das feições associadas as interferências mapeadas, foram também detectados sinais caracterizados por refletores sub-horizontais, associados a variações e/ou intervenções nos materiais dos solos. A Figura 96 ilustra sinais correspondentes a diferenciações de camadas. A Figura 97 ilustra sinais possivelmente associados a área escavada e/ou de aterro.

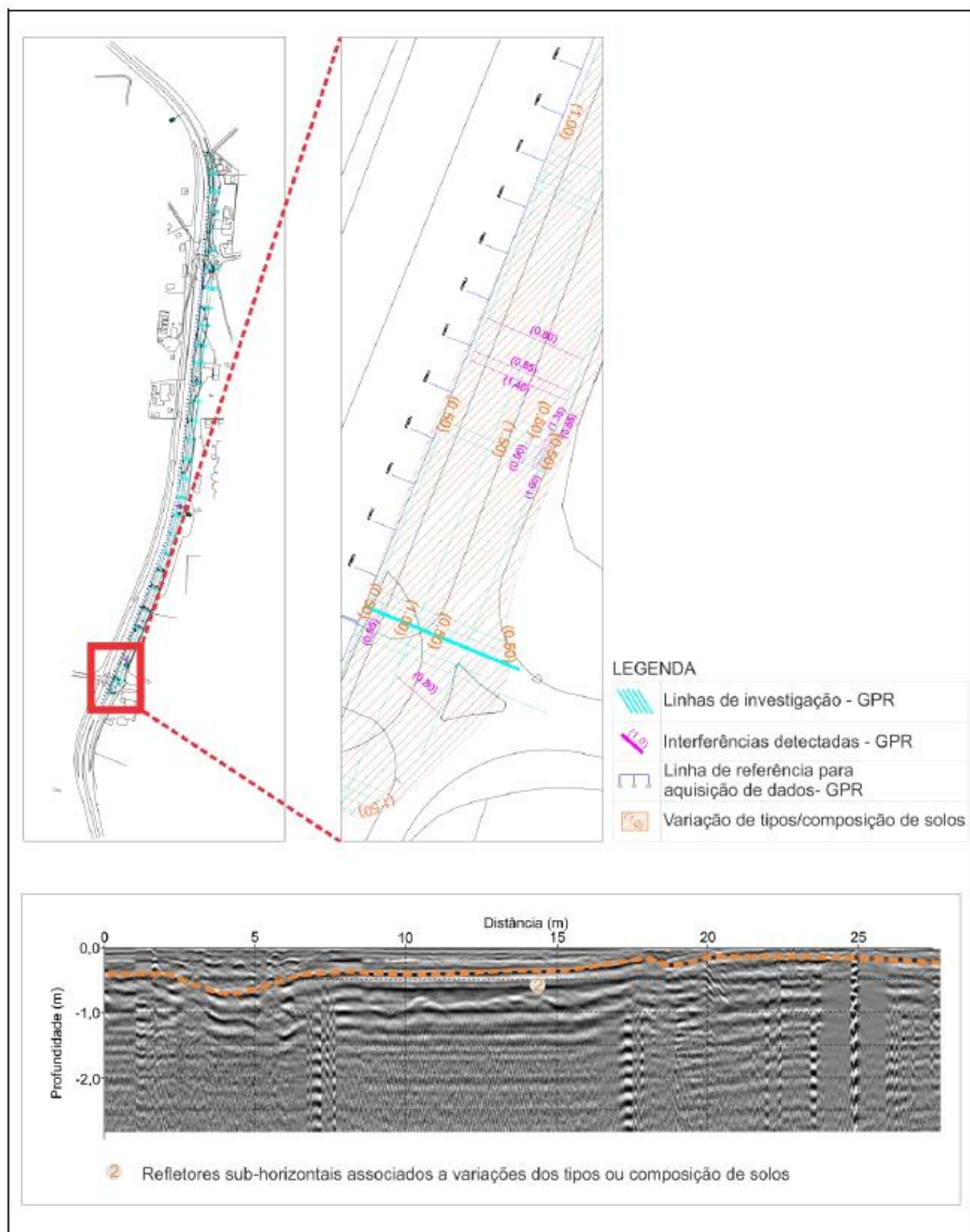


Figura 96 - Sinal GPR caracterizado por variações das camadas de solos.

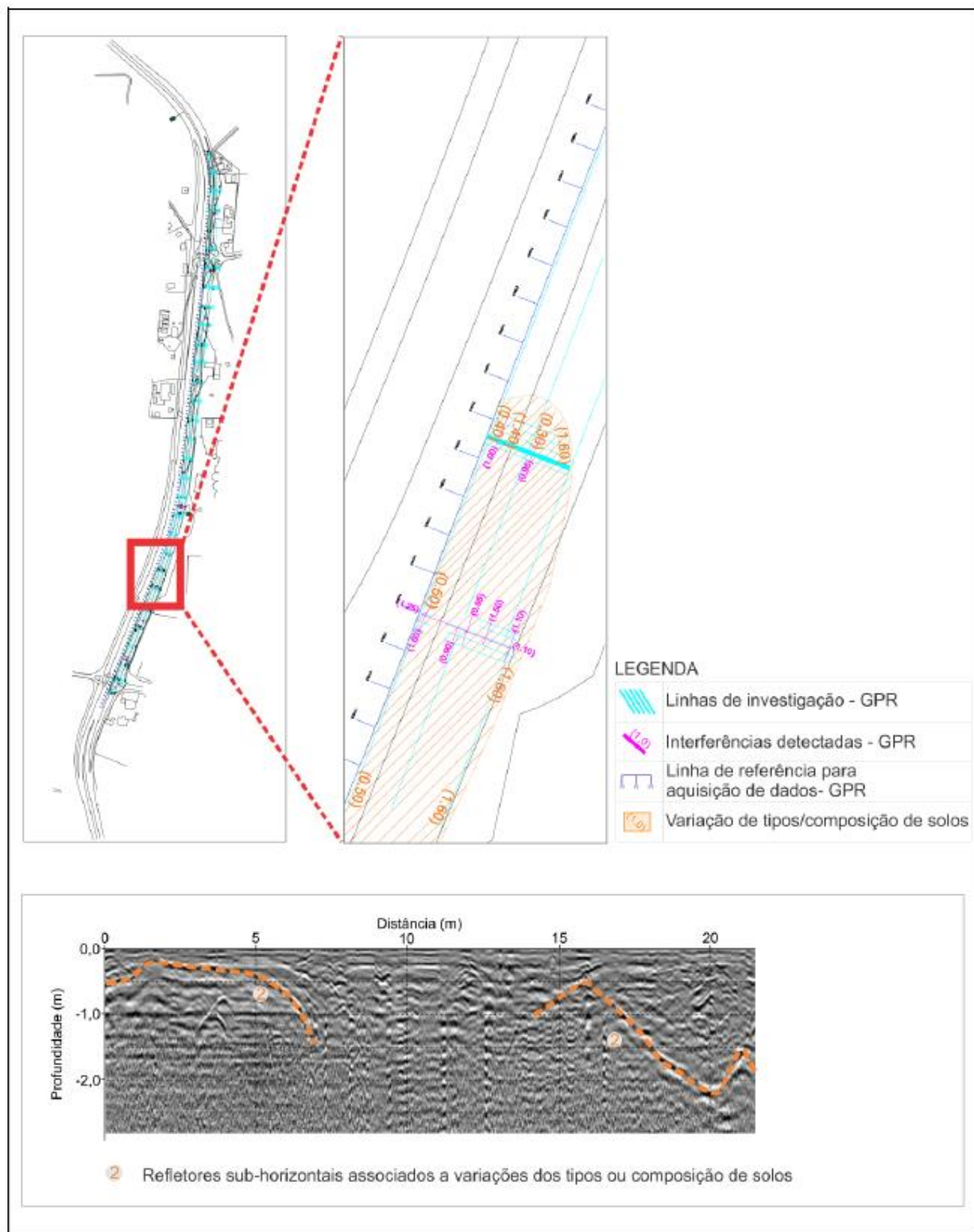


Figura 97 - Sinal GPR caracterizado por diferenciações das camadas de solo.

A compilação das informações e apresentação de todas as interferências detectadas, foram apresentadas na PLANTA DE Interferências DETECTADAS (VOLUME 2), que apresenta a posição e profundidade, em metros, da geratriz superior de cada uma das feições mapeadas, correlacionadas de forma contínua, proporcionando visualização geral dos resultados.

A planta base deste projeto foi fornecida pela contratante, em formato DWG (AutoCAD), sendo adotado o mesmo padrão de escala, legendas e posição das edificações de referência.

3.10.2.6 Conclusão da Investigação com a sonda GPR

Nos dias 11 e 12 de janeiro de 2021, a GEOFÍSICA CONSULTORIA – GC Serviços de Perfurações LTDA, contratada pela empresa ENGEFOTO Engenharia Aerolevantamentos SA, realizou a campanha de investigação geofísica, através do uso do método de radar de penetração de solo (GPR – *Ground Penetrating Radar*), em áreas localizadas na rodovia PR-445, entre os KM 26+900 e o KM 25+500, trecho localizado entre os municípios de Irerê e Mauá da Serra – PR, com objetivo principal a detecção e mapeamento de interferências (redes e utilidades subterrâneas) e estruturas existentes em subsuperfície.

Foram mapeados aproximadamente 10.470 m² de área, ao longo de 265 linhas, cada linha investigada com duas antenas GPR, de frequências 250 Mhz e 700 Mhz.

A disposição das linhas GPR foi definida de acordo com a disponibilidade de áreas livres, sendo realizadas 03 (três) linhas longitudinais ao longo do comprimento da rodovia, mais 30 (trinta) trechos, contendo 05 (cinco) linhas transversais (em relação à via principal) cada, espaçadas a cada 2 metros, ao longo de toda a área de interesse, de modo a obter máxima cobertura. As feições mapeadas, bem como a posição e profundidades destas, foram apresentadas no volume 2.

Os resultados obtidos permitiram identificar interferências existentes em subsuperfície, as quais podem ser características das tubulações das redes e utilidades subterrâneas.

Além destas, foram identificadas feições pontuais e contínuas de menor magnitude, associadas a variações das camadas de solo.

Cabe ressaltar que qualquer sistema de investigação GPR, inclusive este utilizado nesta investigação (o sistema italiano IDS Detector DUO) apresenta limitações, de modo que não é possível determinar os materiais de composição ou diâmetros das interferências detectadas, bem como seu limite inferior (e por conseguinte somente sua geratriz superior), nem todos os objetos enterrados são passíveis de identificação, e, portanto o resultado da investigação com qualquer sistema GPR será qualitativo.

3.11 CONCEPÇÃO PRELIMINAR DE OBRA DE ARTE ESPECIAL

O presente relatório tem por objetivo apresentar o estudo de concepções de Obras de Arte Especial (OAE) para os dispositivos: (1) Ponte sobre o rio Apucarantina – km 14+750m, (2) Ponte sobre o rio Santa Cruz – km 19+940m, (3) Interseção em desnível de acesso à Tamarana, parte integrante dos estudos preliminares para concepção do Projeto Executivo de Engenharia para duplicação e restauração do subtrecho 01 – entre os km 00+000m ao km 26+800m – da rodovia PR-445 sob jurisdição do DER-PR.

As soluções técnicas foram baseadas nas necessidades previstas, resultantes do projeto geométrico para implantação da duplicação da rodovia, suas transposições de corpos d'água, interseções e retornos em desnível.

Tendo-se a premissa de que a solução à adotar deveria ser, por princípio, a que resultasse em um projeto com técnica de implantação e construção de forma mais padronizada possível e que apresentasse maior viabilidade econômica.

Foram estudadas todas as alternativas compatíveis técnico e economicamente para cada dispositivo, optando-se pela solução que na maioria das vezes, resultasse em elementos estruturais de geometrias padronizadas, com utilização de técnicas construtivas idênticas e com a utilização dos mesmos equipamentos a serem mobilizados, de modo a otimizar o máximo a implantação da duplicação do trecho estudado, com uma visão macro de todo o trecho.

Considerando que nesta etapa dos projetos as sondagens nos locais de implantação das OAEs ainda não foram executadas, trataremos das soluções de super e mesoestrutura.

3.11.1 Considerações sobre as soluções de reforço

O concreto armado apresenta limitações de reajuste da capacidade de carga, uma vez que a estrutura esteja consolidada. Devido também ao envelhecimento das estruturas, muitas construções começam a apresentar falhas, necessitando de intervenções e reparos em seus elementos estruturais como aplicação de chapas de aço e perfis metálicos, a adição seção de concreto com armaduras passivas, colagem de mantas de polímeros reforçadas com fibra (PRF) e aplicação de protensão externa.

Para um reforço bem executado, é necessário estudar o comportamento estrutural da estrutura, inspecionar para avaliar a sua capacidade resistente e analisar as diferentes possibilidades de reforço para que haja eficiência, economia e desempenho satisfatórios.

Os reforços com placas e perfis metálicos consistem na utilização de elementos metálicos, chapas ou perfis, colados com adesivo epóxi, que permitem a união de aço e concreto, ou ainda com auxílio de chumbadores parabolt. Durante todo o processo de reforço, a estrutura deverá ser aliviada de todas as cargas possíveis. O concreto existente deverá ser preparado: a camada deteriorada deverá ser removida, e a rugosidade da superfície aumentada através de escarificação, porém, a rugosidade não deverá ser excessiva, a fim de não haver desperdício de adesivo colante em espessuras elevadas. A utilização de adesivo epóxi exige que não haja umidade na região de aplicação. Ao adotar esta técnica, ocorre a necessidade de manutenção recorrente, e o agravante de que a chapa ou perfil metálico bloqueiam a visibilidade da estrutura original, dificultando a identificação de novas fissuras no concreto. Desta forma, conclui-se que não é a solução mais indicada para a utilização estudada nas pontes do trecho.

O reparo com concreto armado é a opção mais simples de reforço no sentido de os materiais empregados na técnica serem de fácil acesso e de uso corriqueiro nas construções. A mão de obra é relativamente simples, pois o preparo da superfície existente não exige equipamentos que não sejam de uso comum nas obras civis. Apesar de ser uma técnica de baixo custo, exige na maioria das vezes aumento de seção, e, conseqüentemente, acrescenta-se carga de peso próprio à estrutura – o que traz, um

ônus ao resultado pretendido. Exige também a suspensão do uso da estrutura enquanto o reforço está sendo executado e enquanto ocorre o ganho de resistência do concreto adicionado. Em obras de grande porte, como OAE, esta técnica é largamente utilizada principalmente para reforço da mesoestrutura, não sendo muito utilizado para o reforço da superestrutura, pois o ganho de capacidade portante comparado ao acréscimo de carga e seção, inviabiliza, na grande maioria dos casos, esta aplicação.

A aplicação de polímeros reforçados com fibras, é a técnica mais recente para reforço de peças de concreto armado, em função da sua elevada resistência, baixo peso específico e durabilidade a ataques químicos, o que tornam o sistema vantajoso, aumentando sua resistência à tração na flexão e cisalhamento, aumentando o desempenho da estrutura.

A execução deste procedimento, exige muito cuidado, a aplicação precisa ser realizada por mão de obra qualificada e respeitando as recomendações técnicas dos produtos utilizados para que possa ter um resultado satisfatório.

O reforço da fibra de carbono não se aplica quando a peça do concreto já estiver em estado de degradação avançada, pois necessita de um substrato com certo grau de qualidade para se fixar.

Os compósitos de FRP também apresentam algumas desvantagens como: baixa resistência a temperaturas elevadas, degradação devido à exposição aos raios ultravioleta, incompatibilidade com superfícies irregulares e custo muito elevado, tendo sua aplicação prática em situações extremamente específicas, geralmente como última alternativa.

Entre as técnicas de reforço utilizadas na atualidade, a que apresenta, expressamente, a maior relação entre qualidade e custo, é a técnica de introdução de protensão externa e pós-aderentes.

Esta técnica prevê a utilização de monocordoalhas nuas posteriormente envolvidas por concretagem ou injeção de solidarização às estruturas existentes, prevendo-se a utilização, nas vigas, de dispositivos metálicos para ancoragens e desviadores dos feixes de monocordoalhas a serem implantados, quando necessário. Após realizado todo o

procedimento de reforço pela protensão, envelopam-se todos os dispositivos com uma pequena e leve estrutura, de forma a proteger o dispositivo das intempéries.

Dentre as alternativas disponíveis, conforme exposto, tem-se que as técnicas de: (1) Fixação de chapas de aço e perfis metálicos, (2) Envelopamento com seção de concreto com armaduras passivas e (3) Colagem de mantas de polímeros reforçadas com fibra (PRF), são técnicas de reforço por resistência passivas, ou seja, em nada influenciam na permanente, tendo sua resistência mobilizada à partir de acréscimo de tensões nos elementos estruturais aos quais são fixadas para reforçar.

A única que apresenta uma resistência ativa, isto é, que no instante em que é aplicada na estrutura já tem sua resistência mobilizada é a técnica de Aplicação de protensão externa, o que faz com que, adicionalmente ao efeito das outras técnicas, esta permite que o reforço atue com resistência nas tensões devido ao peso próprio da estrutura original.

Dado ao exposto, a técnica mais indicada para as estruturas estudadas, analisando, também, o contexto de implantação em rodovias dessa classe é o uso combinado de aplicação de protensão externa na superestrutura e envelopamento com seção de concreto com armaduras passivas na mesoestrutura (quando necessário). Desta forma, a estrutura fica mais robusta, atendendo às necessidades da duplicação projetada. Partindo destes dados, adotou-se essa solução como premissa para as obras de recuperação, reforço e reabilitação.

3.11.2 Ponte Rio Apucarantina

3.11.2.1 Análise da OAE existente

Trata-se de uma obra esconsa, reta, com inclinação longitudinal variável (curva vertical) e extensão total de 39,50m por 10,70m de largura total.

Transversalmente, a ponte é composta por duas faixas de rolamento de 3,70m cada, dois acostamentos de 1m cada, e meio fio com guarda corpo com a largura de 0,65m em cada bordo, contemplando, assim, uma largura total de 10,70m.

A superestrutura é dividida em três vãos, sendo o central com 14,50m, extremidades de 11,95m, cada, e encontros de 0,55m cada, contemplando, assim, a extensão total de 39,50m. A espessura total da superestrutura é de 1,00m. A parte inferior da superestrutura é formada por uma capa de concreto armado convencional monolítica moldada *in loco*, sem janelas de inspeção, impossibilitando a visualização direta da conformação estrutural da superestrutura.

A interface entre a mesoestrutura e a superestrutura aparentemente não apresenta nenhum tipo de dispositivo do tipo aparelho de apoio.

A mesoestrutura é composta por quatro eixos de apoio, sendo as extremidades com travessas de encontro, externa, em concreto armado convencional, apoiadas em 2 elementos circulares com diâmetro de 1,10m (provavelmente tubulão) e espaçados 5,25m, em cada encontro.

Os dois apoios intermediários, provavelmente, possuem travessas “embutidas” (em mesmo nível dos vigamentos principais e envoltos pelas lajes superior e inferior e fechamentos laterais), também em concreto armado convencional. Cada linha de apoio possui 2 pilares circulares em concreto armado convencional, com diâmetro de 0,60m e espaçados 5,75m.

Em termos de documentação adicional, não foram encontrados dados do projetista, construtor e projeto executivo original. De pesquisas por relatórios cadastrais, e de inspeções anteriormente realizadas, tem-se como única informação referencial de que a obra data de 1965

Para estruturas executadas neste período, as considerações sobre carga móvel em pontes rodoviárias foram realizadas de acordo com a norma NB6/60 (ABNT, 1960 b).

Para esta norma, de forma resumida:

Classe	36tf	Em rodovias de características da Classe I
	24tf	Em rodovias de características da Classe II
	12tf	Em rodovias de características da Classe III
Trem-tipo	Os trens-tipos compõem-se de um veículo e de cargas uniformemente distribuídas	

Desta forma, infere-se que o trem tipo de projeto desta obra é o TB-36tf



Figura 98 - Vista Superior do Tabuleiro da Ponte Apucarantina - Km 15,00 - BR-445/PR



Figura 99 - Vista Infradorso do Tabuleiro da Ponte Apucarantina Km-15,00 - BR-445/PR



Figura 100 - Vista Lateral da Superestrutura da Ponte Apucarantina - BR-445/PR

3.11.2.2 Estudo das soluções estruturais

Inicialmente, foi estudada a solução de recuperação, reforço e reabilitação (alargamento) da ponte existente, passando da largura de 10,70m para 12,00m, de forma a comportar a seção tipo da duplicação, composta por 2 faixas de rolamento de 3,60m cada, acostamento com 3,00m, faixa de segurança com 1,00m e duas barreiras tipo “New Jersey” com 0,40m.

Devido à necessidade de se alargar o tabuleiro existente, e de que estes deverão ser ampliados simetricamente em relação às suas dimensões geométricas existentes e ainda de que a pista, após a duplicação, deixará de ser simétrica, deverá ser prevista no projeto geométrico de reabilitação a adequação ao deslocamento dos eixos das pistas após alargamento do tabuleiro da OAE existente.

Deverá ser considerada a adequação do TB-36tf, vigente na época da execução da obra para o Veículo Tipo TB-45tf da NBR-7188, em vigor, para o cálculo de reforço e verificação dos elementos da Super, Meso e Infraestrutura.

Na readequação do TB, necessariamente, deve-se substituir os aparelhos de apoio, de modo a atender às necessidades da nova carga considerada. Nesta obra, não foi possível identificar a existência de aparelhos de apoio de nenhuma espécie e aparelhos de apoio em neoprene fretado, poderão ser utilizados, desde que justificados.

Como a configuração da estrutura existente não apresenta vigas aparentes (pois como dito anteriormente o infradorso da superestrutura é formada por uma capa de concreto armado convencional monolítica) impossibilita a visualização direta da conformação estrutural da super, além de dificultar o acesso às longarinas para execução dos serviços reforço conforme premissas adotadas.

Em relação ao reforço, recuperação e reabilitação desta obra por protensão externa: concepção estrutural desfavorável, altura útil pequena da superestrutura, que dificulta à aplicação da protensão, locação dos pilares intermediários na calha do rio e o estado de degradação da obra, concreto desagregado com armaduras expostas e oxidadas, passa ser um risco aceitar essa solução como viável.

Como segunda alternativa de aproveitamento da estrutura existente, o reforço com fibra de carbono também se mostra desfavorável estruturalmente. Com o acréscimo de cargas do trem tipo somado às novas cargas de alargamento, o dimensionamento original dos elementos da estrutura da superestrutura deverá ser redimensionado, este processo torna-se oneroso tanto executivamente quanto economicamente, visto que provavelmente todas as peças precisarão ser reforçadas. Resultando em um custo elevado.

Portanto, não recomendamos o aproveitamento da obra existente para restauração, reforço e reabilitação. Desta forma, recomenda-se a substituição da OAE.

Considerando-se as condições geométricas da obra existente, como solução estrutural para a superestrutura, foi estudada uma solução com três vãos de 14,00m cada. Resultando uma extensão total de 42,00m entre cortinas de extremidades. Com a utilização de vigas longarinas em concreto armado protendido, perfil T invertido. Em número de 17 vigas na seção, com largura de 70cm cada, colocadas justapostas, formando posteriormente à solidarização por concretagem no local, uma laje alveolar sem forma perdida. Totalizando uma largura necessária de 12,00m. Resultando um total de 51 vigas deste tipo e comprimento, para toda a extensão do tabuleiro.

Quanto à moldagem destas vigas em concreto prevê a moldagem no local sobre escoramentos em treliça metálica ou qualquer outro procedimento de transporte e lançamento com equipamentos de porte tais como pares de guindastes, se de fácil acesso na região.

Para a moldagem da laje do tabuleiro, utilizando vigas longarinas de seção T invertido, justapostas, estas foram previstas de serem totalmente pré-moldadas, transportadas, lançadas sobre as longarinas e solidarizadas, às mesmas e entre si, por concretagem local de solidarização.

Para a mesoestrutura foram consideradas travessas de concreto armado em todos os apoios, para as das extremidades foram previstas cortinas e alas laterais para confinamento dos aterros de acesso.

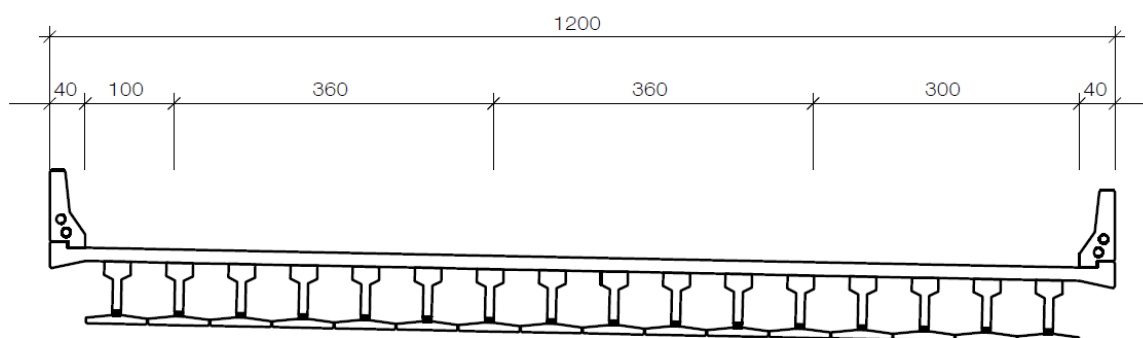
A fim de não possibilitar a ação de empuxos de terras nos pilares das extremidades, quando necessário, foi previsto a execução de um aterro envolvente e em nível, à altura

do fundo das travessas, avançando pelo menos 2,0m além da face interna das travessas extremas, para então descer no talude 3:2 de inclinação de estabilidade. Ainda o nível de ME durante as cheias dos cursos d'água atingem cotas elevadas que possam desestabilizar os taludes, foram previstos enrocamentos de pedras de mão argamassadas para proteção das saias dos aterros.

Sobre as travessas de apoio foram previstas a execução de berços de regularização, em grout armado, para posicionamento e colocação de aparelhos de apoios de neoprene fretado, para apoio às vigas longarinas do tabuleiro.

Esta alternativa apresentada manteria uma configuração similar à ponte original de três vãos, porém, com vigas em concreto armado protendido, sendo ainda dispensado o uso de cimbramentos para execução da super.

3.11.2.3 Croquis





3.11.2.4 Estimativa de custos

Nome	Comprimento	Largura	Tipo	Valor por m ²	Valor Total
Ponte Rio Apucarantina - km 15	42	12	Nova	R\$ 4.323,28	R\$ 2.178.931,77
Ponte Rio Apucarantina - km 15	42	12	Nova	R\$ 4.323,28	R\$ 2.178.931,77
Demolição - Obra Existente					R\$ 39.065,53
				Valor Total	R\$ 4.396.929,07

Considerando-se as condições geométricas e características do local da transposição, como solução estrutural para a superestrutura, esta alternativa é composta por duas obras, com um vão único de 40,00m com taludes nos encontros.

Com a utilização de vigas longarinas pré-moldadas e protendidas, perfil I e 1,70m de altura. Em número de 05 vigas na seção, com afastamento, entre vigas, de 2,50m, para uma largura necessária ao tabuleiro, com 12,00m.

Quanto à moldagem destas vigas em concreto, pode-se optar pela moldagem no local sobre escoramento em treliças metálicas ou por transporte e lançamentos com equipamentos de porte tais como pares de guindastes, se de fácil acesso na região.

Para a moldagem da laje do tabuleiro, optou-se pela utilização de pré-lajes de concreto armado, com espessura de 5cm, para servirem de simples formas e escoramento

durante a moldagem da laje efetiva da obra. Isto é, a laje do tabuleiro deverá ser moldada no local, sem formas e escoramentos inferiores, nos trechos entre vigas longarinas.

Quanto às transversinas, estas foram projetadas apenas nas regiões dos apoios, moldadas e protendidas no local, com seus cabos passantes em furos deixados nas extremidades das vigas longarinas.

Para a mesoestrutura foram consideradas travessas de concreto armado em todos os apoios, para as das extremidades foram previstas cortinas e alas laterais para confinamento dos aterros de acesso.

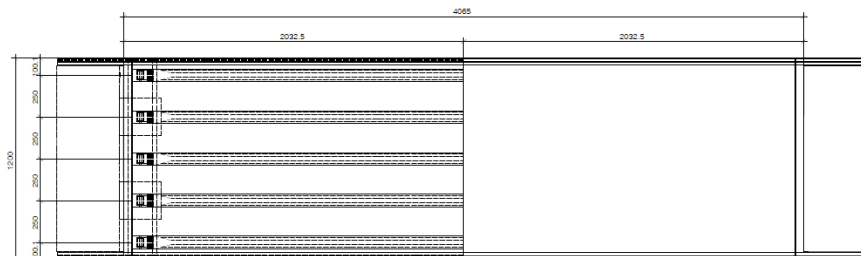
A fim de não possibilitar a ação de empuxos de terras das extremidades, quando necessário, foi previsto a execução de um aterro envolvente e em nível, à altura do fundo das travessas, avançando pelo menos 2,0m além da face interna das travessas extremas, para então descer no talude 3:2 de inclinação de estabilidade. Ainda o nível de ME (máxima enchente) durante as cheias dos cursos d'água atingem cotas elevadas que possam desestabilizar os taludes, foram previstos enrocamentos de pedras de mão argamassadas para proteção das saias dos aterros.

Sobre as travessas de apoio foram previstas a execução de berços de regularização, em grout armado, para posicionamento e colocação de aparelhos de apoios de neoprene fretado, para apoio às vigas longarinas do tabuleiro.

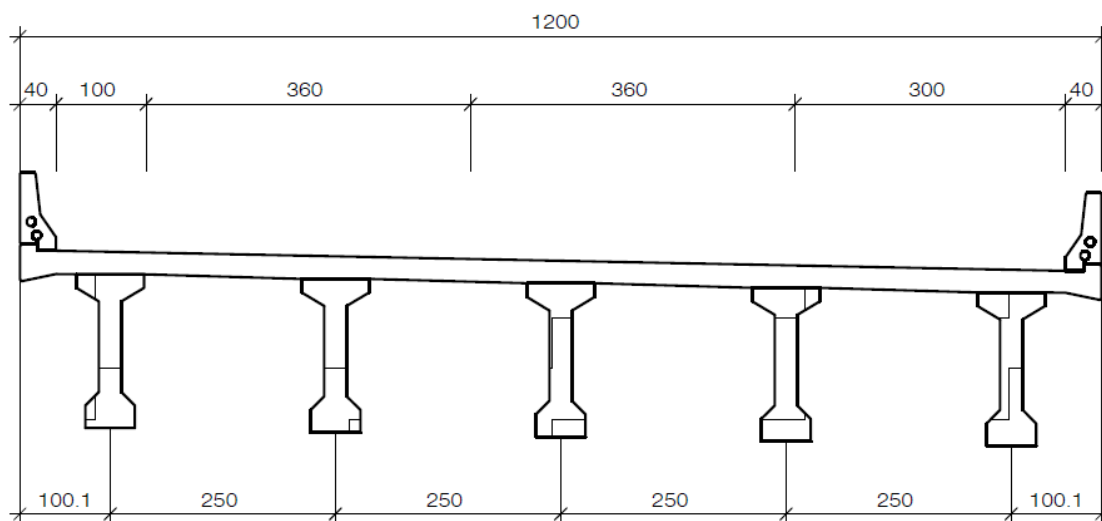
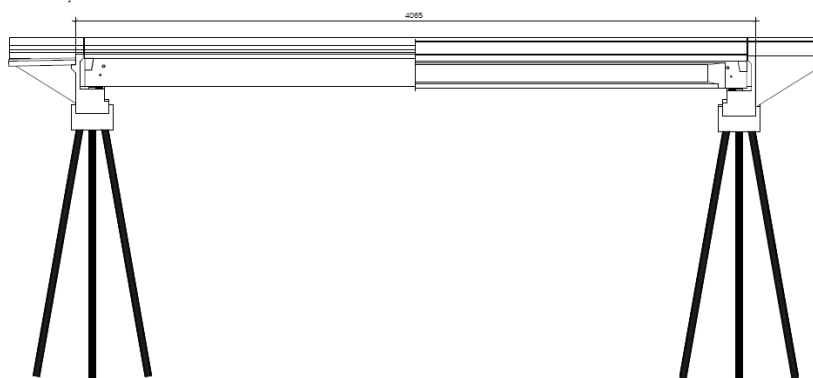
Esta alternativa propõe eliminar os apoios intermediários de dentro do rio.

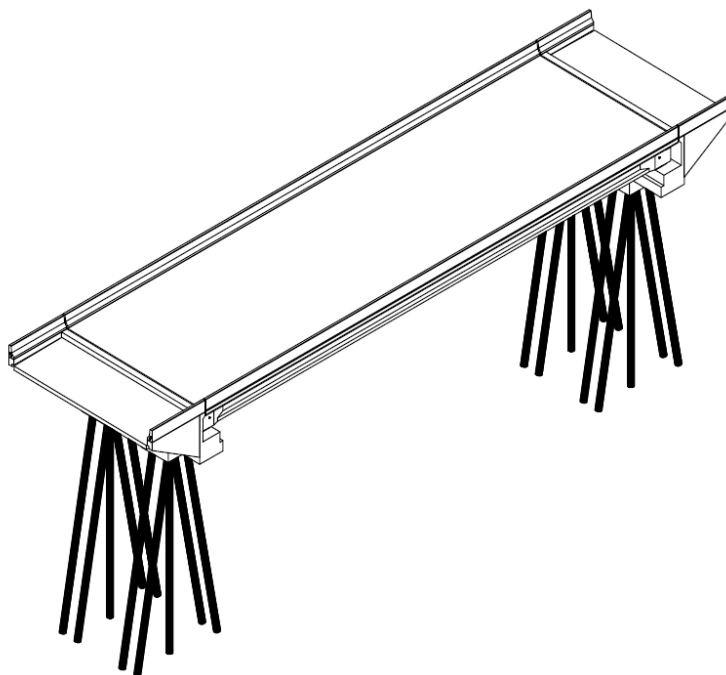
3.11.2.5 Croquis

PLANTA



LONGITUDINAL - 1/2 SEÇÃO 1/2 ELEVACÃO





3.11.2.6 Estimativa de custos

Nome	Comprimento	Largura	Tipo	Valor por m ²	Valor Total
Ponte Apucarantina - km 15	40	12	Nova	R\$ 3.150,00	R\$ 1.511.999,48
Ponte Apucarantina - km 15	40	12	Nova	R\$ 3.150,00	R\$ 1.511.999,48
Demolição - Obra Existente					R\$ 39.065,53
				Valor Total	R\$ 3.063.064,49

Esta última solução apresentada, além da questão econômica, traz grandes vantagens como permitir eliminar os apoios intermediários de dentro do rio, e a execução das vigas em concreto protendido de grande capacidade, com manutenção fácil e alta durabilidade.

Além de que a utilização da protensão em pré-moldados, associada com concretos de alta resistência, traz uma série de benefícios à obra os quais podemos citar:

Peças mais esbeltas, conseqüentemente mais leves, o que possibilita comprimento suficiente para vencer um vão de 40m;

- Acelerado processo de produção das vigas nos canteiros;
- Redução do consumo de forma e aço;

- Menos retração, menos deformação e conseqüentemente menos fissuração que os concretos comuns;
- Reduz ou elimina as zonas de tração do concreto, evitando o aparecimento de fissuras, desacelerando o processo de degradação da estrutura, aumentando, assim, a vida útil e diminuindo os custos com manutenção;
- Otimização e padronização das estruturas do trecho de duplicação, facilitando a logística e o controle tecnológico e de qualidade.

3.11.3 Ponte Rio Santa Cruz

3.11.3.1 Análise da OAE existente

Trata-se de uma obra orgotonal, reta, com inclinação longitudinal variável (curva vertical) e extensão total de 31,00m por 10,00m de largura total.

Transversalmente, a ponte é composta por duas faixas de rolamento de 3,60m cada, acostamento esquerdo de 0,40m, acostamento direito de 0,70m, e meio fio com guarda corpo com a largura de 0,85m em cada bordo, contemplando, assim, uma largura total de 10,00m.

A superestrutura é dividida em três vãos, sendo o central com 9,98m, extremidades de 9,79m, cada, e encontros de 0,72m cada, contemplando, assim, a extensão total de 31,00m. A espessura total da superestrutura é de 0,90m. A parte inferior da superestrutura é formada por uma capa de concreto armado convencional monolítica moldada *in loco*, sem janelas de inspeção, impossibilitando a visualização direta da conformação estrutural da superestrutura.

A interface entre a mesoestrutura e a superestrutura aparentemente não apresenta nenhum tipo de dispositivo do tipo aparelho de apoio.

A mesoestrutura é composta por quatro eixos de apoio, sendo as extremidades com travessas de encontro, externa, em concreto armado convencional, apoiadas sobre um bloco de coroamento corrido.

Os dois apoios intermediários, são formados por travessas, também em concreto armado convencional. Cada travessa intermediária possui 5 pilares retangulares em concreto armado convencional, com seção 40x40cm e espaçados 1,33m.

Em termos de documentação adicional, não foram encontrados dados do projetista, construtor e projeto executivo original. De pesquisas por relatórios cadastrais, e de inspeções anteriormente realizadas, tem-se como única informação referencial de que a obra data de 1975

Para estruturas executadas neste período, as considerações sobre carga móvel em pontes rodoviárias foram realizadas de acordo com a norma NB6/60 (ABNT, 1960 b).

Para esta norma, de forma resumida:

Classe	36tf	Em rodovias de características da Classe I
	24tf	Em rodovias de características da Classe II
	12tf	Em rodovias de características da Classe III
Trem-tipo	Os trens-tipos compõem-se de um veículo e de cargas uniformemente distribuídas	

Desta forma, infere-se que o trem tipo de projeto desta obra é o TB-36



Figura 101 - Vista Superior do Tabuleiro da Ponte Santa Cruz - km 18+400 - BR-445/PR



Figura 102 - Vista do Infradorso da Ponte Santa Cruz - km 18+400 - BR-445/PR



Figura 103 - Vista da Cortina e Contenção do Solo - km 18+400 - BR-445/PR

3.11.3.2 Estudo das soluções estruturais

Inicialmente, foi estudada a solução de recuperação, reforço e reabilitação (alargamento) da ponte existente, passando da largura de 10,00m para 12,00m, de forma a comportar a seção tipo da duplicação, composta por 2 faixas de rolamento de 3,60m cada, acostamento com 3,00m, faixa de segurança com 1,00m e duas barreiras tipo “New Jersey” com 0,40m.

Devido à necessidade de se alargar o tabuleiro existente, e de que estes deverão ser ampliados simetricamente em relação às suas dimensões geométricas existentes e ainda de que a pista, após a duplicação, deixará de ser simétrica, deverá ser prevista no projeto geométrico de reabilitação a adequação ao deslocamento dos eixos das pistas após alargamento do tabuleiro da OAE existente.

Deverá ser considerada a adequação do TB-36tf, vigente na época da execução da obra para o Veículo Tipo TB-45tf da NBR-7188, em vigor, para o cálculo de reforço e verificação dos elementos da Super, Meso e Infra-estrutura.

Na readequação do TB, necessariamente, deve-se substituir os aparelhos de apoio, de modo a atender às necessidades da nova carga considerada. Nesta obra, não foi possível identificar a existência de aparelhos de apoio de nenhuma espécie e aparelhos de apoio em neoprene fretado, poderão ser utilizados, desde que justificados.

Como a configuração da estrutura existente não apresenta vigas aparentes (pois como dito anteriormente o infradorso da superestrutura é formada por uma capa de concreto armado convencional monolítica) impossibilita a visualização direta da conformação estrutural da super, além de dificultar o acesso às longarinas para execução dos serviços reforço conforme premissas adotadas.

Em relação ao reforço, recuperação e reabilitação desta obra por protensão externa: concepção estrutural desfavorável, altura útil pequena da superestrutura, que dificulta à aplicação da protensão, locação dos pilares intermediários na calha do rio e o estado de degradação da obra, concreto desagregado com armaduras expostas e oxidadas, passa ser um risco aceitar essa solução como viável.

Como segunda alternativa de aproveitamento da estrutura existente, o reforço com fibra de carbono também se mostra desfavorável estruturalmente. Com o acréscimo de cargas do trem tipo somado às novas cargas de alargamento, o dimensionamento original dos elementos da estrutura da superestrutura deverá ser redimensionado, este processo torna-se oneroso tanto executivamente quanto economicamente, visto que provavelmente todas as peças precisarão ser reforçadas. Resultando em um custo elevado.

Portanto, não recomendamos o aproveitamento da obra existente para restauração, reforço e reabilitação. Desta forma, recomenda-se a substituição da OAE.

Considerando-se as condições geométricas da obra existente, como solução estrutural para a superestrutura, foi estudada uma solução com três vãos de 11,00m cada. Resultando uma extensão total de 31,00m entre cortinas de extremidades. Com a utilização de vigas longarinas em concreto armado protendido, perfil T invertido. Em número de 17 vigas na seção, com largura de 70cm cada, colocadas justapostas, formando posteriormente à solidarização por concretagem no local, uma laje alveolar sem forma perdida. Totalizando uma largura necessária de 12,00m. Resultando um total de 51 vigas deste tipo e comprimento, para toda a extensão do tabuleiro.

Quanto à moldagem destas vigas em concreto prevê a moldagem no local sobre escoramentos em treliça metálica ou qualquer outro procedimento de transporte e

lançamento com equipamentos de porte tais como pares de guindastes, se de fácil acesso na região.

Para a moldagem da laje do tabuleiro, utilizando vigas longarinas de seção T invertido, justapostas, estas foram previstas de serem totalmente pré-moldadas, transportadas, lançadas sobre as longarinas e solidarizadas, às mesmas e entre si, por concretagem local de solidarização.

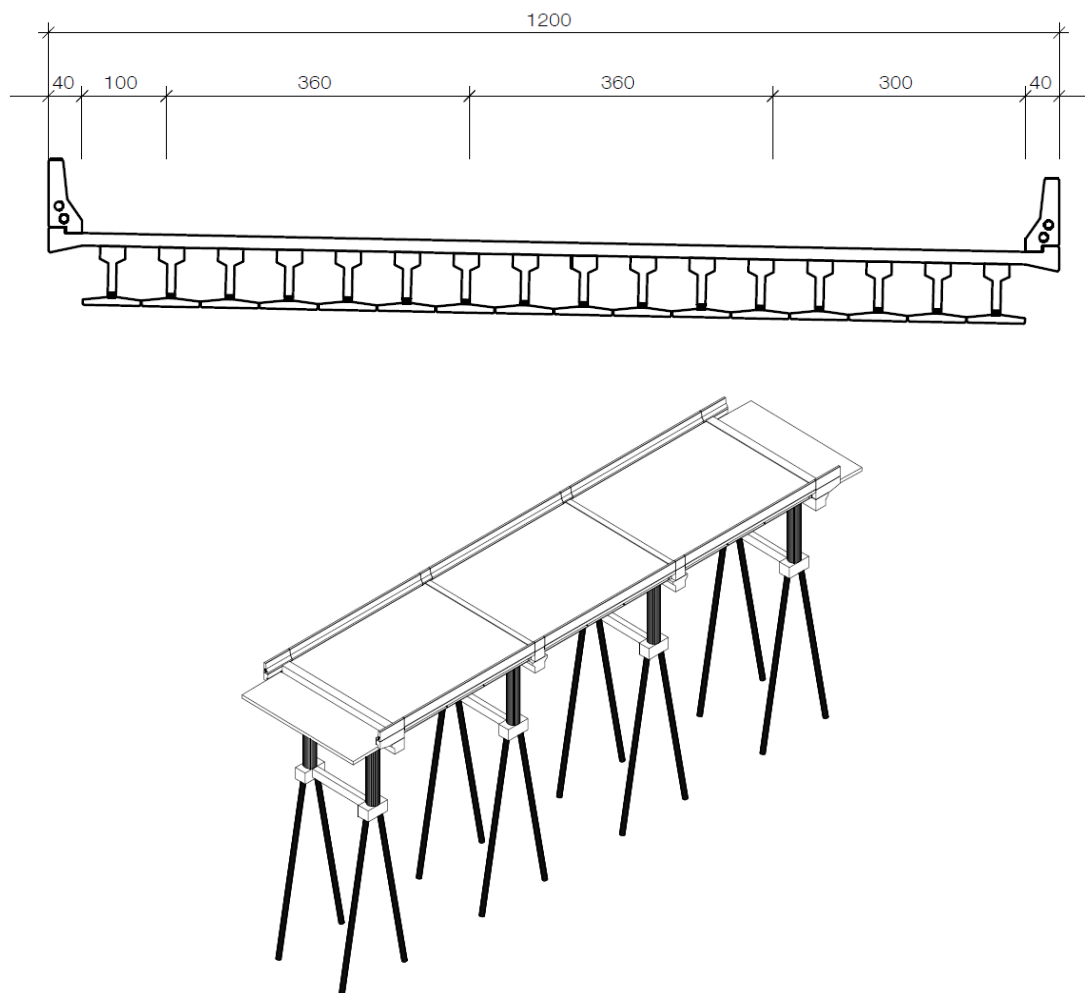
Para a mesoestrutura foram consideradas travessas de concreto armado em todos os apoios, para as das extremidades foram previstas cortinas e alas laterais para confinamento dos aterros de acesso.

A fim de não possibilitar a ação de empuxos de terras nos pilares das extremidades, quando necessário, foi previsto a execução de um aterro envolvente e em nível, à altura do fundo das travessas, avançando pelo menos 2,0m além da face interna das travessas extremas, para então descer no talude 3:2 de inclinação de estabilidade. Ainda o nível de ME durante as cheias dos cursos d'água atingem cotas elevadas que possam desestabilizar os taludes, foram previstos enrocamentos de pedras de mão argamassadas para proteção das saias dos aterros.

Sobre as travessas de apoio foram previstas a execução de berços de regularização, em grout armado, para posicionamento e colocação de aparelhos de apoios de neoprene fretado, para apoio às vigas longarinas do tabuleiro.

Esta alternativa apresentada manteria uma configuração similar à ponte original de três vãos, porém, com vigas em concreto armado protendido, sendo ainda dispensado o uso de cimbramentos para execução da super.

3.11.3.3 Croquis



3.11.3.4 Estimativa de custos

Nome	Comprimento	Largura	Tipo	Valor por m²	Valor Total
Ponte Rio Santa Cruz - km 18+40	33	12	Nova	R\$ 4.921,83	R\$ 1.949.045,12
Ponte Rio Santa Cruz - km 18+40	33	12	Nova	R\$ 4.921,83	R\$ 1.949.045,12
Demolição - Obra Existente					R\$ 28.653,30
				Valor Total	R\$ 3.926.743,54

Considerando-se as condições geométricas e características do local da transposição, como solução estrutural para a superestrutura, esta alternativa é composta por duas obras, com um vão único de 40,00m com taludes nos encontros.

Com a utilização de vigas longarinas pré-moldadas e protendidas, perfil I e 1,70m de altura. Em número de 05 vigas na seção, com afastamento, entre vigas, de 2,50m, para uma largura necessária ao tabuleiro, com 12,00m.

Quanto à moldagem destas vigas em concreto, pode-se optar pela moldagem no local sobre escoramento em treliças metálicas ou por transporte e lançamentos com equipamentos de porte tais como pares de guindastes, se de fácil acesso na região.

Para a moldagem da laje do tabuleiro, optou-se pela utilização de pré-lajes de concreto armado, com espessura de 5cm, para servirem de simples formas e escoramento durante a moldagem da laje efetiva da obra. Isto é, a laje do tabuleiro deverá ser moldada no local, sem formas e escoramentos inferiores, nos trechos entre vigas longarinas.

Quanto às transversinas, estas foram projetadas apenas nas regiões dos apoios, moldadas e protendidas no local, com seus cabos passantes em furos deixados nas extremidades das vigas longarinas.

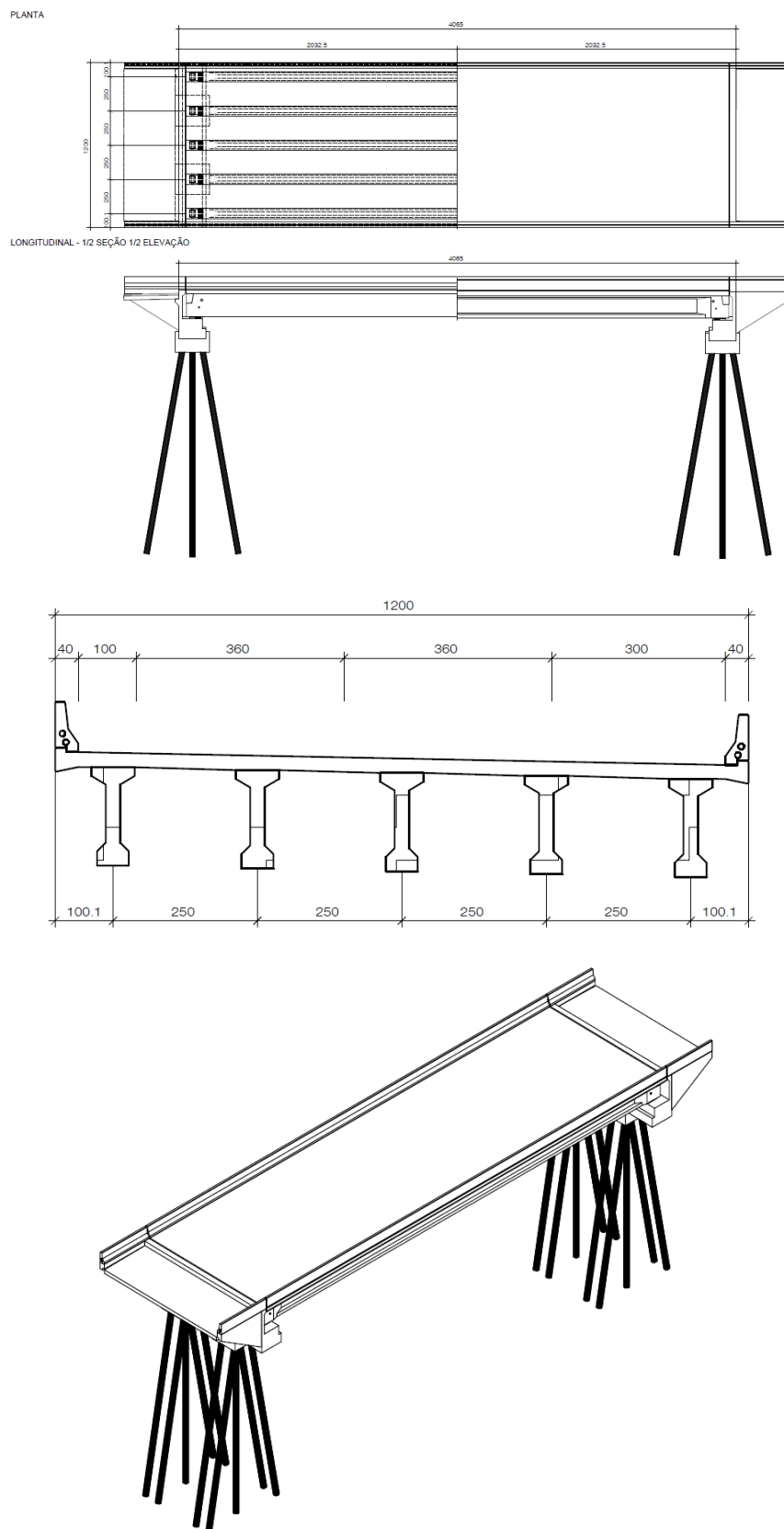
Para a mesoestrutura foram consideradas travessas de concreto armado em todos os apoios, para as das extremidades foram previstas cortinas e alas laterais para confinamento dos aterros de acesso.

A fim de não possibilitar a ação de empuxos de terras das extremidades, quando necessário, foi previsto a execução de um aterro envolvente e em nível, à altura do fundo das travessas, avançando pelo menos 2,0m além da face interna das travessas extremas, para então descer no talude 3:2 de inclinação de estabilidade. Ainda o nível de ME (máxima enchente) durante as cheias dos cursos d'água atingem cotas elevadas que possam desestabilizar os taludes, foram previstos enrocamentos de pedras de mão argamassadas para proteção das saias dos aterros.

Sobre as travessas de apoio foram previstas a execução de berços de regularização, em grout armado, para posicionamento e colocação de aparelhos de apoios de neoprene fretado, para apoio às vigas longarinas do tabuleiro.

Esta alternativa propõe eliminar os apoios intermediários de dentro do rio.

3.11.3.5 Croquis



3.11.3.6 Estimativa de custos

Nome	Comprimento	Largura	Tipo	Valor por m²	Valor Total
Ponte Santa Cruz - km 18+400	40	12	Nova	R\$ 3.150,00	R\$ 1.511.999,48
Ponte Santa Cruz - km 18+400	40	12	Nova	R\$ 3.150,00	R\$ 1.511.999,48
Demolição - Obra Existente					R\$ 28.653,30
				Valor Total	R\$ 3.052.652,26

Esta última solução apresentada, além da questão econômica, traz grandes vantagens como permitir eliminar os apoios intermediários de dentro do rio, e a execução das vigas em concreto protendido de grande capacidade, com manutenção fácil e alta durabilidade.

Além de que a utilização da protensão em pré-moldados, associada com concretos de alta resistência, traz uma série de benefícios à obra os quais podemos citar:

- Peças mais esbeltas, conseqüentemente mais leves, o que possibilita comprimento suficiente para vencer um vão de 40m;
- Acelerado processo de produção das vigas nos canteiros;
- Redução do consumo de forma e aço;
- Menos retração, menos deformação e conseqüentemente menos fissuração que os concretos comuns;
- Reduz ou elimina as zonas de tração do concreto, evitando o aparecimento de fissuras, desacelerando o processo de degradação da estrutura, aumentando, assim, a vida útil e diminuindo os custos com manutenção;
- Otimização e padronização das estruturas do trecho de duplicação, facilitando a logística e o controle tecnológico e de qualidade.

3.11.4 Interseção em desnível acesso à Tamarana

3.11.4.1 Estudo das soluções estruturais

inicialmente foi estudado uma solução de superestruturas composta por duas obras com largura de tabuleiro de 18,00m cada, com um vão único de 30,00m e contenções, com

utilização de 07 vigas longarinas pré-moldadas e protendidas, perfil I e 1,70m de altura, com afastamento de 2,4m entre elas.

Quanto à moldagem destas vigas em concreto, pode-se optar pela moldagem no local sobre escoramento em treliças metálicas ou por transporte e lançamentos com equipamentos de porte tais como pares de guindastes, se de fácil acesso na região.

Para a moldagem da laje do tabuleiro, optou-se pela utilização de pré-lajes de concreto armado, com espessura de 5cm, para servirem de simples formas e escoramento durante a moldagem da laje efetiva da obra. Isto é, a laje do tabuleiro deverá ser moldada no local, sem formas e escoramentos inferiores, nos trechos entre vigas longarinas.

Quanto às transversinas, estas foram projetadas apenas nas regiões dos apoios, moldadas e protendidas no local, com seus cabos passantes em furos deixados nas extremidades das vigas longarinas.

Para a mesoestrutura foram consideradas travessas de concreto armado em todos os apoios, para as das extremidades foram previstas cortinas e alas laterais para confinamento dos aterros de acesso.

Sobre as travessas de apoio foram previstas a execução de berços de regularização, em grout armado, para posicionamento e colocação de aparelhos de apoios de neoprene fretado, para apoio às vigas longarinas do tabuleiro.

Esta solução não apresenta conformidade com a geometria em rótula apresentada. Há um excesso de área de estrutura perdida, necessária para atender a o raio da curva horizontal e vertical.

Considerando-se que devido à geometria da rodovia em curva horizontal e concordância vertical, ambas as condições bastante acentuadas, a concepção estrutural para a superestrutura foi estudada em vigas contínuas do tipo caixão celular, em concreto armado protendido e com previsão de execução pela moldagem no local, sobre escoramentos apoiados diretamente sobre o terreno.

Na seção transversal estudada, a altura da viga, a espessura da laje superior e inferior e a altura das mísulas superior e inferior são constantes ao longo do vão.

A largura total de cada do tabuleiro é de 12,00m, sendo 2 pistas de 3,60m, faixa de segurança de 1,0m barreiras New Jersey de 2X0,6m e acostamento de 3,00m. É preciso salientar que as espessuras mínimas, estipuladas na Norma NBR 7187, para lajes e vigas foram obedecidas, sendo laje inferior de 20cm, laje superior de 25cm e vigas 40cm. O comprimento de cada obra medido pelo eixo é de 27,6m.

Como foi dito anteriormente as vigas contínuas recebem protensão total, com o método de pós tensão com cabos curvos. A força de protensão é calculada de modo que as tensões resultantes fiquem em uma faixa de trabalho vantajosa para o concreto (predominância de tensão de compressão) tanto na borda superior da seção, quanto na inferior.

Quanto às transversinas, estas foram projetadas apenas nas regiões dos apoios, moldadas e protendidas no local, com seus cabos passantes em furos deixados nas extremidades das vigas longarinas.

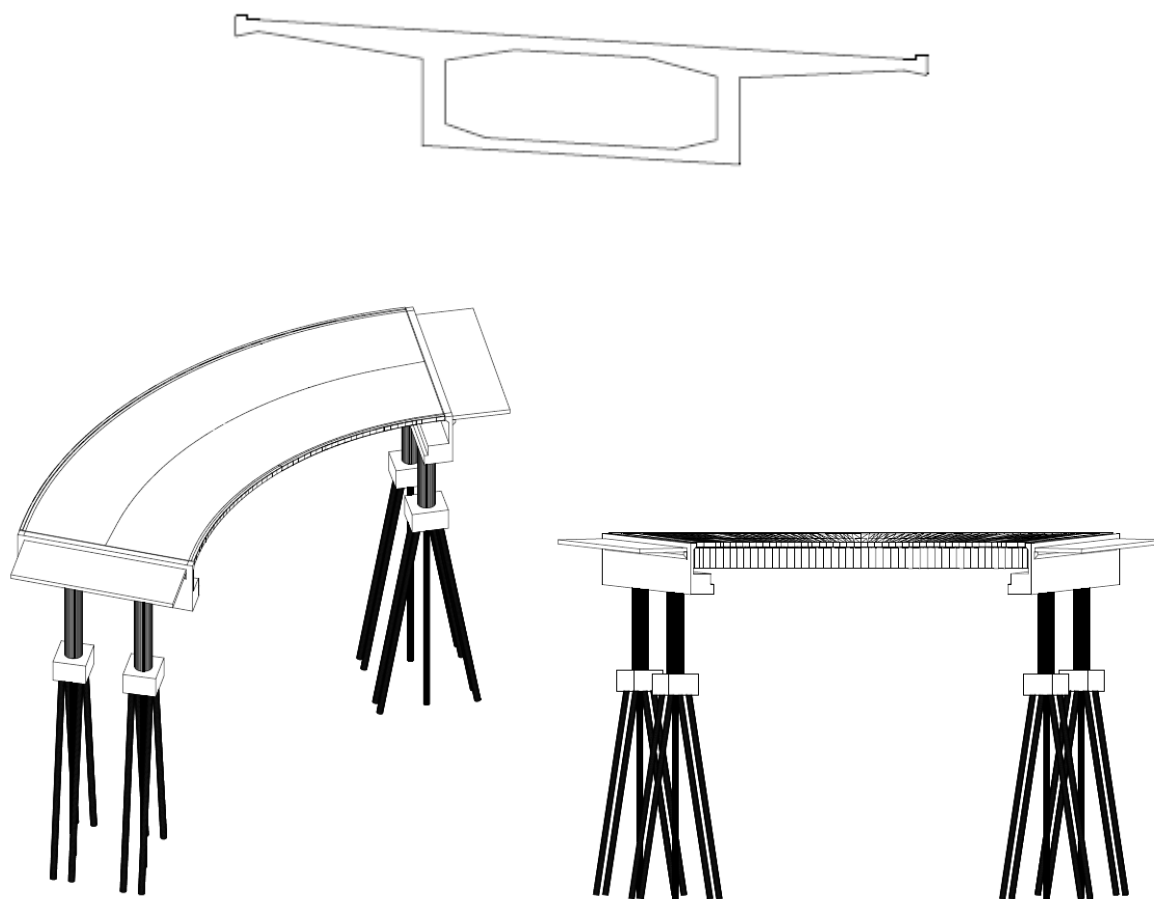
Para a mesoestrutura foram consideradas travessas de concreto armado em todos os apoios, e pilares sobre blocos e estacas.

Sobre as travessas de apoio foram previstas a execução de berços de regularização, em grout armado, para posicionamento e colocação de aparelhos de apoios de apoio metálicos, para apoio às vigas longarinas do tabuleiro.

É importante comprovar a confiabilidade da segurança do escoramento projetado e os cuidados com a execução, em particular, com a estabilidade das peças sujeitas ao perigo de flambagem, porque o colapso de uma parte do escoramento, sob ação das elevadas cargas produzidas pelo concreto fresco, conduz a acidentes em obras.

Esta solução apresentada está em conformidade com a geometria implantada e atende as necessidades de projeto.

3.11.4.2 Croquis



3.11.4.3 Estimativa de custos

Nome	Comprimento	Largura	Tipo	Valor por m ²	Valor Total
Passagem Superior Tamarana -	30	12	Nova	R\$ 5.020,93	R\$ 1.807.534,13
Passagem Superior Tamarana -	30	12	Nova	R\$ 5.020,93	R\$ 1.807.534,13
				Valor Total	R\$ 3.615.068,26