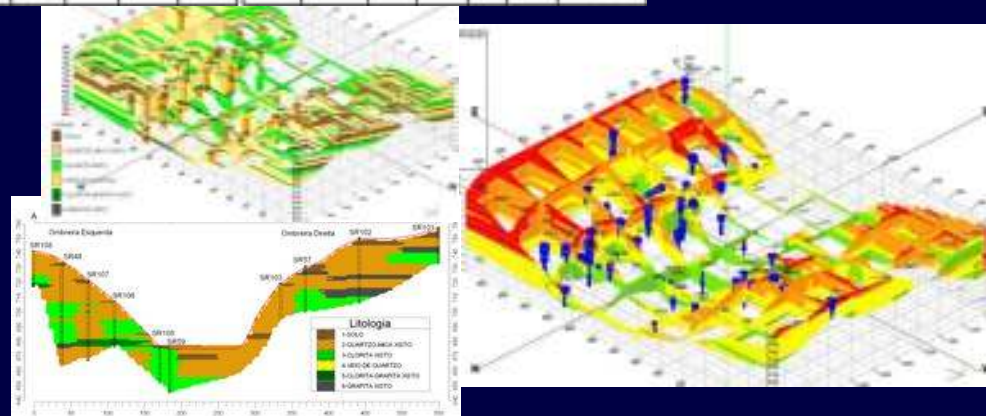
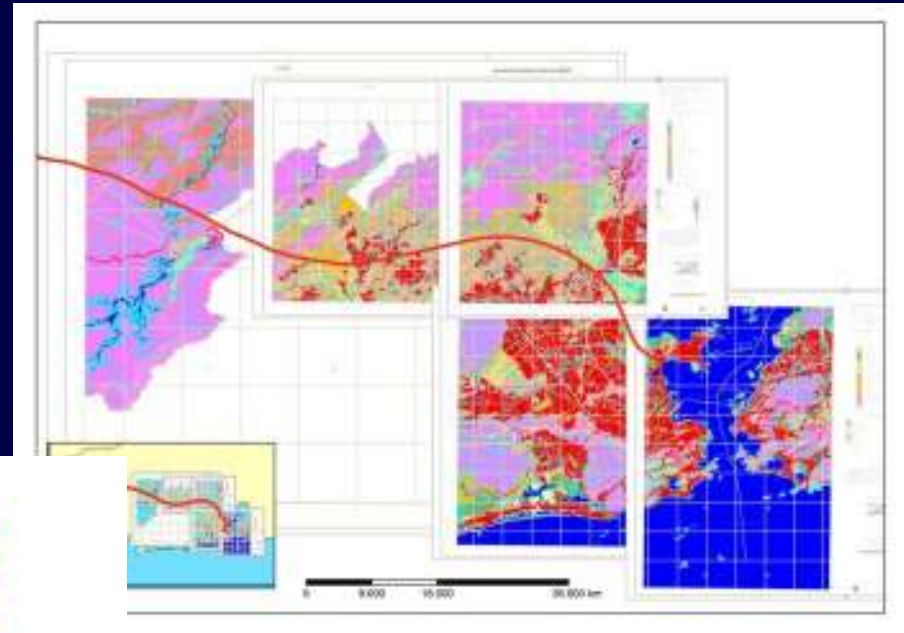
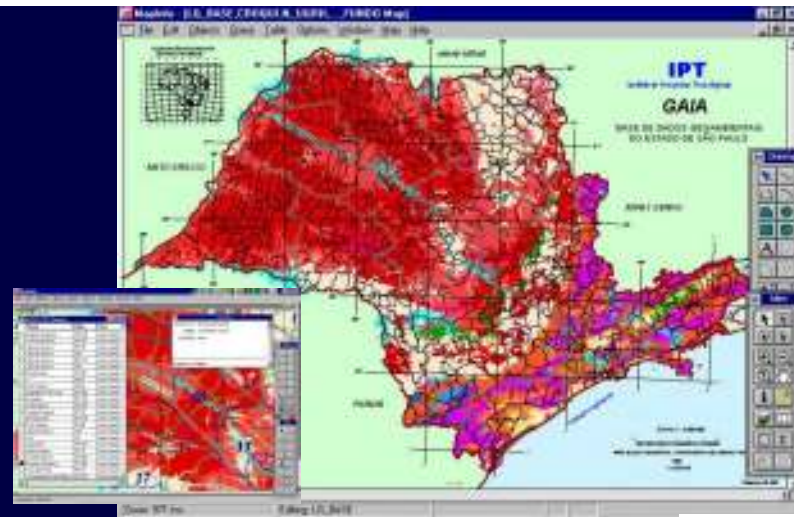


Noris Costa Diniz, DSc
Geóloga de Engenharia





(DINIZ, 1994, 1996 1997, 1998, 2003, 2005, 2007, 2009) LEME, EESCUSP, IPT, EPUSP, CPRM, UnB

ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PREMISSAS



- TAV: FASE DE PLANEJAMENTO – VIABILIDADE
- TRAÇADO É REFERENCIAL
- PROJETO BÁSICO DO CONCESSIONÁRIO
- ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS: PROBLEMAS GEOL-GEOT E REQUISITOS TAV
- MAPEAMENTO, INVESTIGAÇÕES E ANÁLISES DE RISCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA:
 - OTIMIZAÇÃO DO TRAÇADO
 - ESTIMATIVA DA VIABILIDADE DE CUSTOS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA
 - SUBSÍDIOS INICIAIS PARA PROJETO BÁSICO



ESTUDOS ANTERIORES

Ligação Rio – São Paulo em alta Velocidade

Nas últimas décadas, vários estudos foram desenvolvidos, patrocinados ou autorizados, pelo Governo Brasileiro com vistas à implantação de um sistema de TAV. Entre eles, pode-se citar:

- ✓ INECO/ENEFER para a extinta RFFSA – Linha Rio de Janeiro - São Paulo.
- ✓ GEIPOT com assessoria da SNCF (Société National des Chemins de Fer), em 1981 – Rio de Janeiro - São Paulo-Campinas.
- ✓ Acordo entre Ministério dos Transportes e o Governo do Estado de São Paulo, com assessoria da SNCF, em 1987 – Rio de Janeiro - São Paulo – Campinas – Araraquara.
- ✓ Concessão para implantação do Trem de Alta Velocidade, entre Rio de Janeiro e São Paulo, ao Grupo Interturion, concedida em 1989 e cancelada, pelo não cumprimento do objetivo, em 1990;
- ✓ TRANSCORR, coordenado pelo GEIPOT, com participação de sociedades brasileiras e alemãs, com financiamento a fundo perdido do Governo Alemão, em 2000.
- ✓ ITALPLAN - 2005.
- ✓ CONSÓRCIO HALCROW – SINERGIA – Projeto TAV BRASIL 2008/2009



UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER
INTERNATIONALER EISENBahnVERBAND
INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS



UIC CODE

7 1 9

3rd edition, February 2008

Translation

R

Earthworks and track bed for railway lines

*Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaires
Erdbauwerke und Tragschichten für Eisenbahnstrecken*

Tropicalizar classificação de solos

- ~~Congelamento de solos~~
- ~~Terremotos - sismos~~



UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER
INTERNATIONALER EISENBahnVERBAND
INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS



UIC CODE

7 1 9

3rd edition, February 2008

Translation

R

Earthworks and track bed for railway lines

*Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaires
Erdbauwerke und Tragschichten für Eisenbahnstrecken*

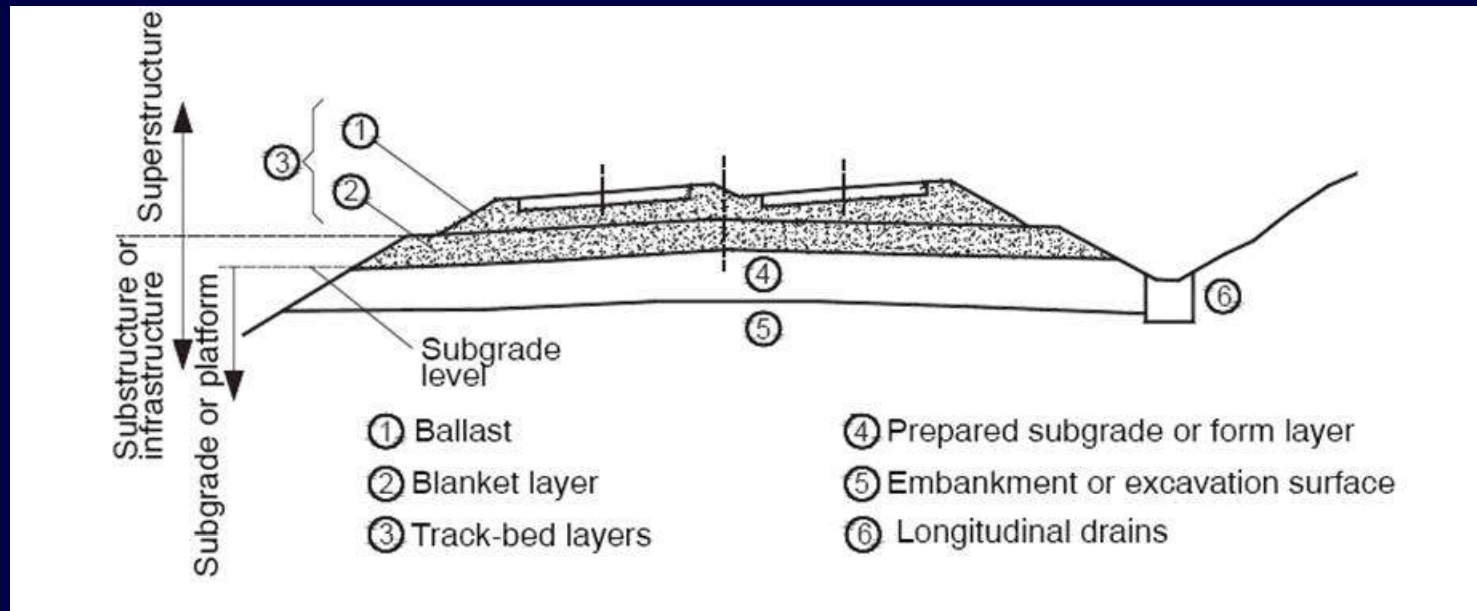
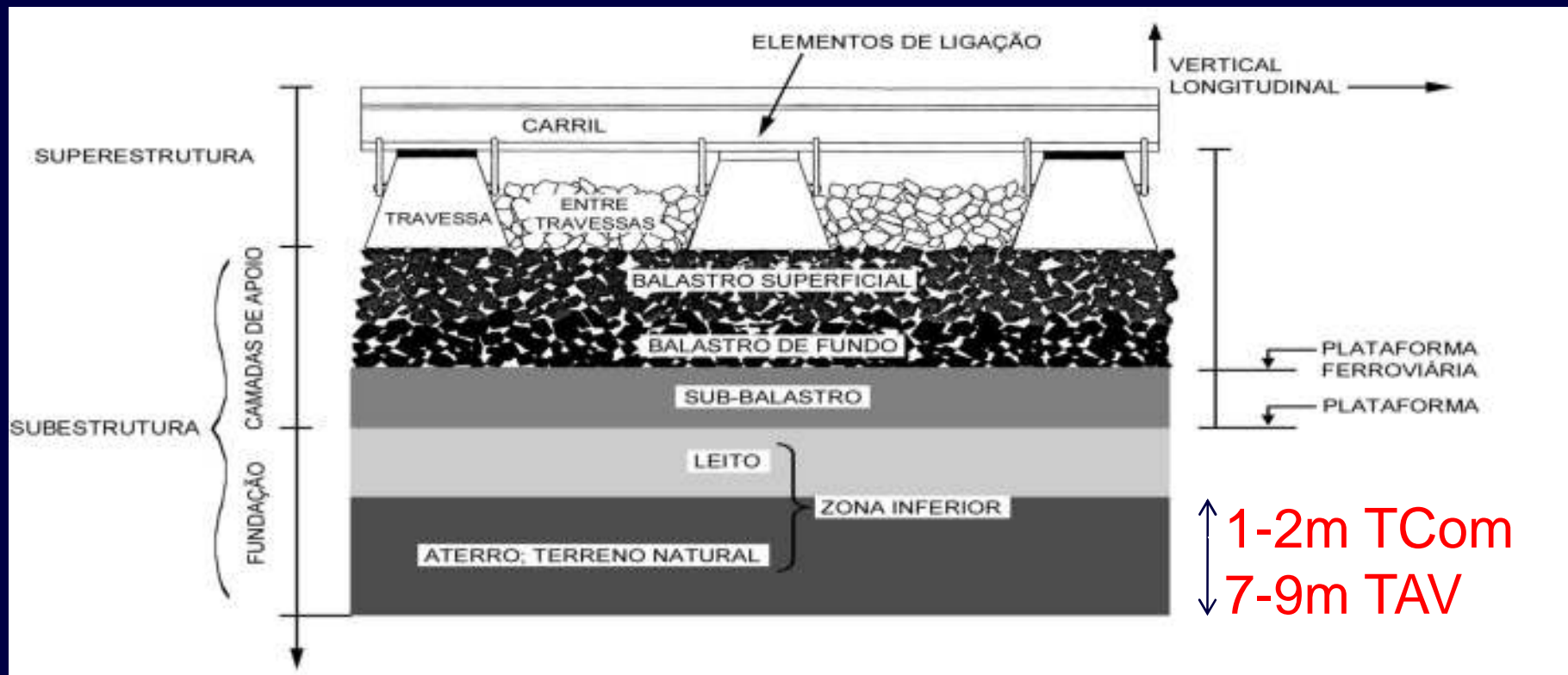
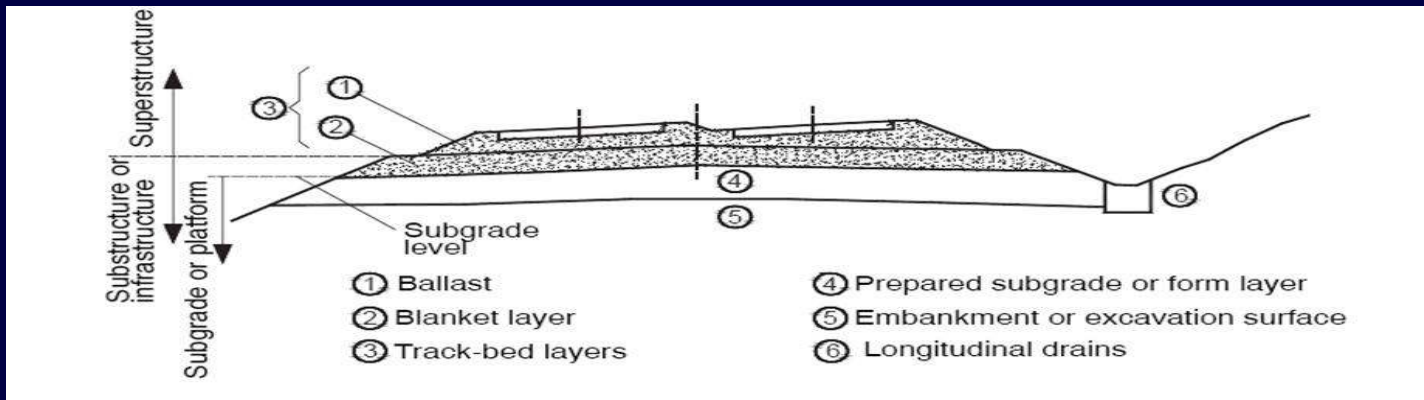


Table 3 : Particle sizes classification (according to EN ISO 14688-1: 2002)

Soil fractions	Sub-fractions	Symbols	Particle sizes mm
Very coarse soil	Large boulder	LBo	> 630
	Boulder	Bo	> 200 to 630
	Cobble	Co	> 63 to 200
Coarse soil	Gravel	Gr	> 2,0 to 63
	Coarse gravel	CGr	> 20 to 63
	Medium gravel	MGr	> 6,3 to 20
	Fine gravel	FGr	> 2,0 to 6,3
	Sand	Sa	> 0,063 to 2,0
	Coarse sand	CSa	> 0,63 to 2,0
	Medium sand	MSa	> 0,2 to 0,63
Fine sand	FSa	> 0,063 to 0,2	
Fine soil	Silt	Si	> 0,002 to 0,063
	Coarse silt	CSi	> 0,02 to 0,063
	Medium silt	MSi	> 0,0063 to 0,02
	Fine silt	FSi	> 0,002 to 0,0063
	Clay	Cl	≤ 0,002

Soil type (geotechnical classification)		Soil quality class
0.1	High-organic soils	QS0
0.2	Soft soils containing more than 15 % of fines ^a , with a high moisture content, unsuitable for compaction	
0.3	Thixotropic soils ^b (e.g. quick-clay)	
0.4	Soils containing soluble material (e.g. rock salt or gypsum)	
0.5	Contaminated ground (e.g. industrial waste)	
0.6	Medium-organic soils ^b	
0.7	High plasticity soils with more than 15 % of fines, collapsible soils ^c or expansive soils ^d	
1.1	Soils containing more than 40 % of fines ^a (except for soils classified under 0.2 or 0.7)	QS1
1.2	Rocks which are very susceptible to weathering	
E.g.:		
- Chalks with $\rho_d < 1,7 \text{ t/m}^3$ and high friability		
- Marl		
- Weathered shale		



SOLOS TROPICAIS E MACIÇOS ROCHOSOS INTEMPERIZADOS



**TROPICALIZAR AS
NORMATIVAS PARA
FERROVIA DE ALTA
VELOCIDADE**





Requisitos de obra de ferrovia de alta velocidade

Norma UIC 719 02/2008

- Capacidade de carga de fundação de plataforma, pontes e viadutos;
- Recalques diferenciais máximos admissíveis em superestrutura, plataforma, sublastro e lastro;
- Proporcionar condições: elasticidade adequada, base sólida flexível, distribuição de cargas, drenabilidade, resposta adequada à vibração, durabilidade das propriedades;
- Estabilidade e drenagem em Túneis.

Classe da capacidade de carga da plataforma(UIC, 2008)



Qualidade do solo de fundação	Classe da plataforma	Camada de leito	
		Qualidade do material	Espessura (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0,50
	P2	QS3	0,35
	P3	QS3	0,50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0,35
QS3	P3	QS3	-

Qualidade do solo	Identificação	CBR (%)	EV_2 (MPa)
QS1	Solos com mais de 15% de finos ⁽¹⁾ , estado hídrico “médio” ou “seco”	3 a 6	15 a 25
QS2	Solos com 15% a 40% de finos, estado hídrico “seco” e boas condições hidrológicas e hidrogeológicas	6 a 20	25 a 80
	Solos com 5% a 15% de finos, estado hídrico “seco”		
QS3	Solos com menos de 5% de finos, bem graduados e com partículas de dureza elevada	>20	>80

(1) $\phi < 0,060\text{mm}$

(Fortunato, 2005)



Tolerâncias de parâmetros geométricos por classes de via (CP, 1994)

Classes de via Velocidades (km/h)		Classe – I	Classe – II	Classe – III	Classe – IV
		$V \geq 160$	$160 > V \geq 120$	$120 > V \geq 80$	$80 > V$
Parâmetros					
Nivelamento Transversal (mm)		2	2	3	4
Empeno – Base de 3 m (mm/m)		0,8	1	1	1,5
Nivelamento longitudinal (mm)	Base ≤ 15 m	2	3	4	5
	$15 < \text{Base} \leq 25$ m	3	4	5	6
Alinhamento – medição de flechas (mm)	Corda de 10 m	2	3	4	5
	Verificação às estacas	3	3	4	5
Bitola (mm)	Excesso	2	2	3	3
	Aperto	-1	-1	-2	-2





PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA dos ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

**ABORDAGEM PARA OTIMIZAÇÃO DE PRAZOS E CUSTOS,
PREVENÇÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS E ATENDIMENTO DOS
REQUISITOS DE INFRAESTRUTURA DE ALTA VELOCIDADE**

**PREVER INCERTEZAS DECORRENTES DO COMPORTAMENTO DOS
TERRENOS QUANTO AO DESEMPENHO DA FERROVIA DE ALTA
VELOCIDADE SUBSIDIANDO A PREVENÇÃO E MITIGAÇÃO DE RISCOS
GEOLÓGICOS NAS SUAS FASES DE
IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

Diversidade de Maciços rochosos e terrosos



ESTUDOS GEOTÉCNICOS

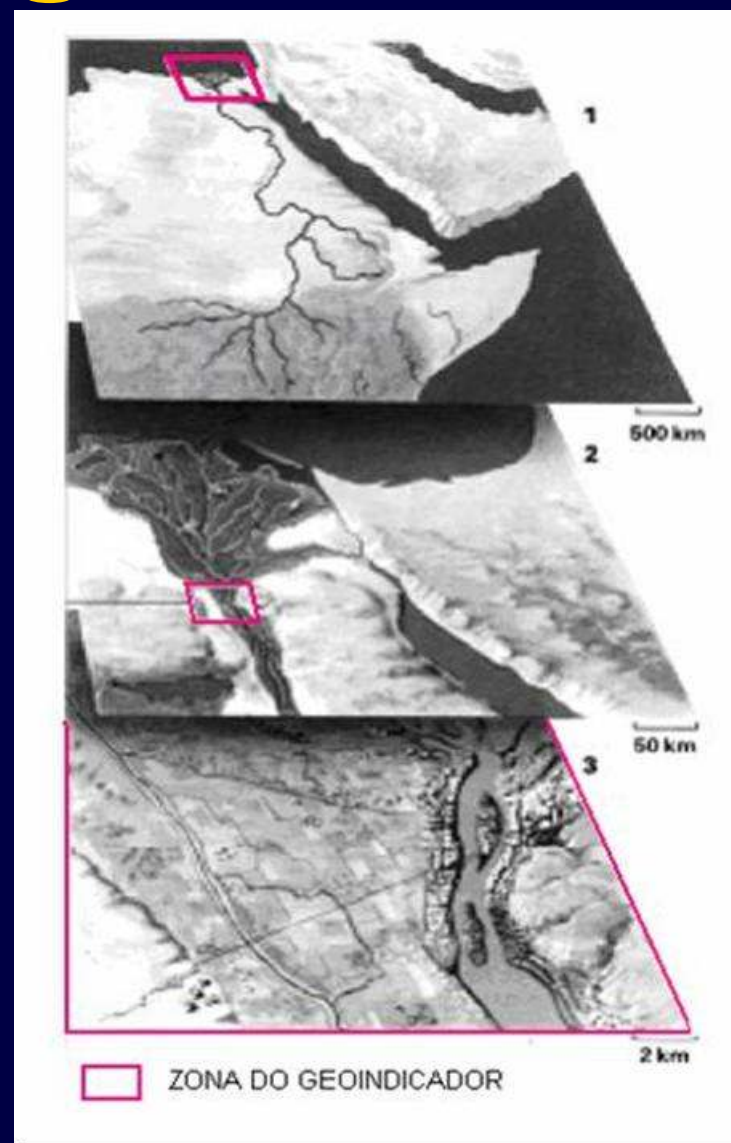
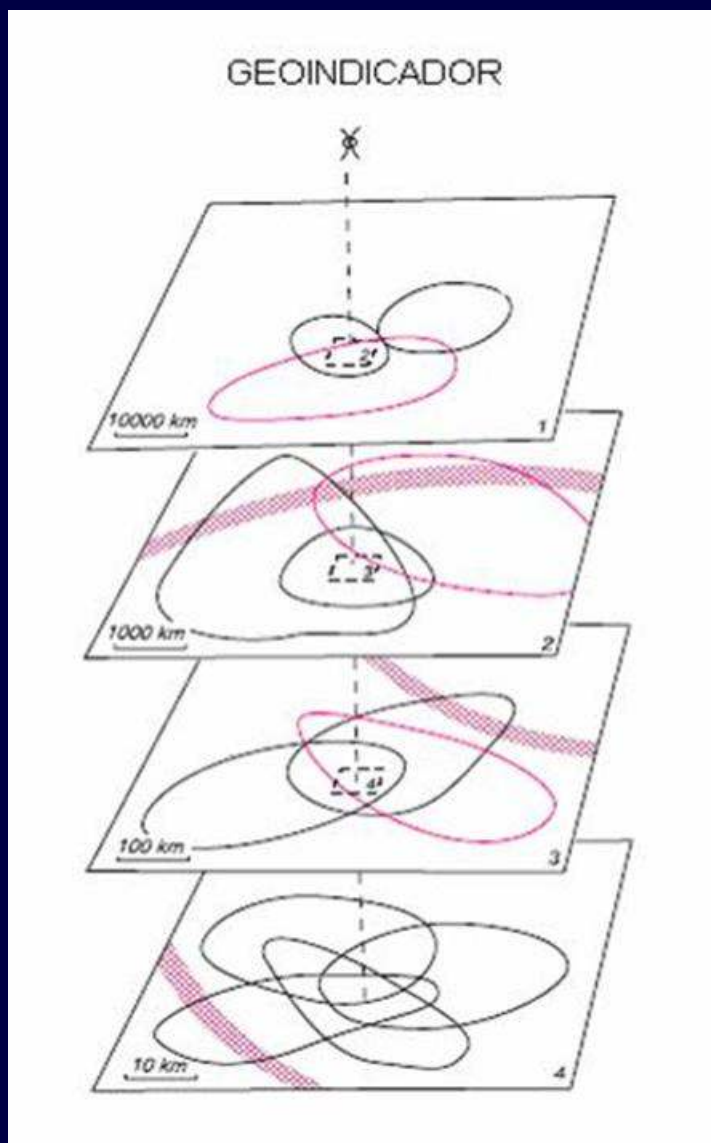


A concepção do método observacional, em GEOTECNIA, é bastante mais exigente que o projeto tradicional, uma vez que assume, como ponto de partida, as incertezas das reais condições dos terrenos e conduz a um maior rigor em termos de previsão de cenários e do comportamento da obra, bem como do planejamento prévio com vista a uma mais eficaz capacidade de intervenção.

Sua aplicação obriga a que sejam definidos previamente, na fase de projeto, todas as alterações no processo construtivo e/ou todas as medidas de mitigação de riscos, no sentido de prevenir ocorrências desfavoráveis e de otimizar custos e prazos

(Peck, 1969 apud Caldeira, 2008).

Geologia



(DINIZ, 2003, 2005, 2006)



ETAPAS

ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

1ª ETAPA: MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

2ª ETAPA: INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

3ª ETAPA: ANÁLISES DE RISCOS: MODELO GEOMECÂNICO, CUSTOS, PRAZOS

ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS



Abordagem por Processos/ Problemas geológico-geotécnicos por trecho do traçado TAV

Erosão

Deslizamentos

Corridas de Massa

Rastejo de tálus

Expansão do solo

Colapso do solo

Recalque de solos moles

Afundamento por carste

Turfa

Cavas de areias

Sismos induzidos

Hidrogeologia

Descontinuidades e tectônica

Abordagem por Requisitos de obras de TAVs

Aterros

Cortes

Túneis

Viadutos

Áreas de empréstimo

Bota-fora

Contenções

Passagens

Interferências



Geometria

Fundação

Vibração

Solo

Saprolito

Rocha

NA

Estruturas

Requisito TAV – SISMOS

Norma Brasileira de resistência anti-sísmica ABNT

Zoneamento sísmico:
Conforme definido no mapa, relativamente à aceleração sísmica máxima característica a_g (período de recorrência de 475 anos) em rocha sã, com valores a serem interpolados no mapa:

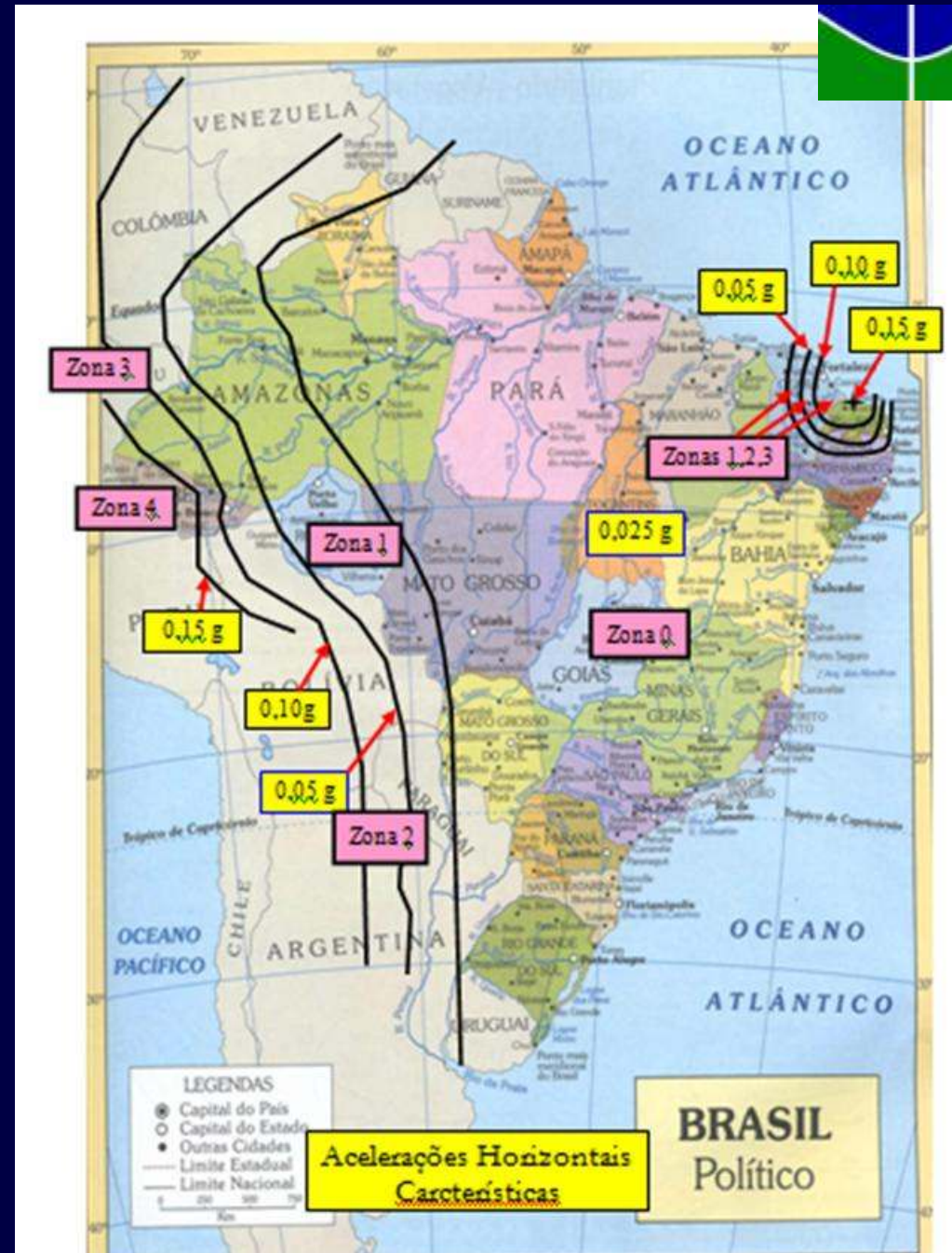
Zona 0: $a_g = 0,025g$

Zona 1: $0,025g \leq a_g \leq 0,05g$

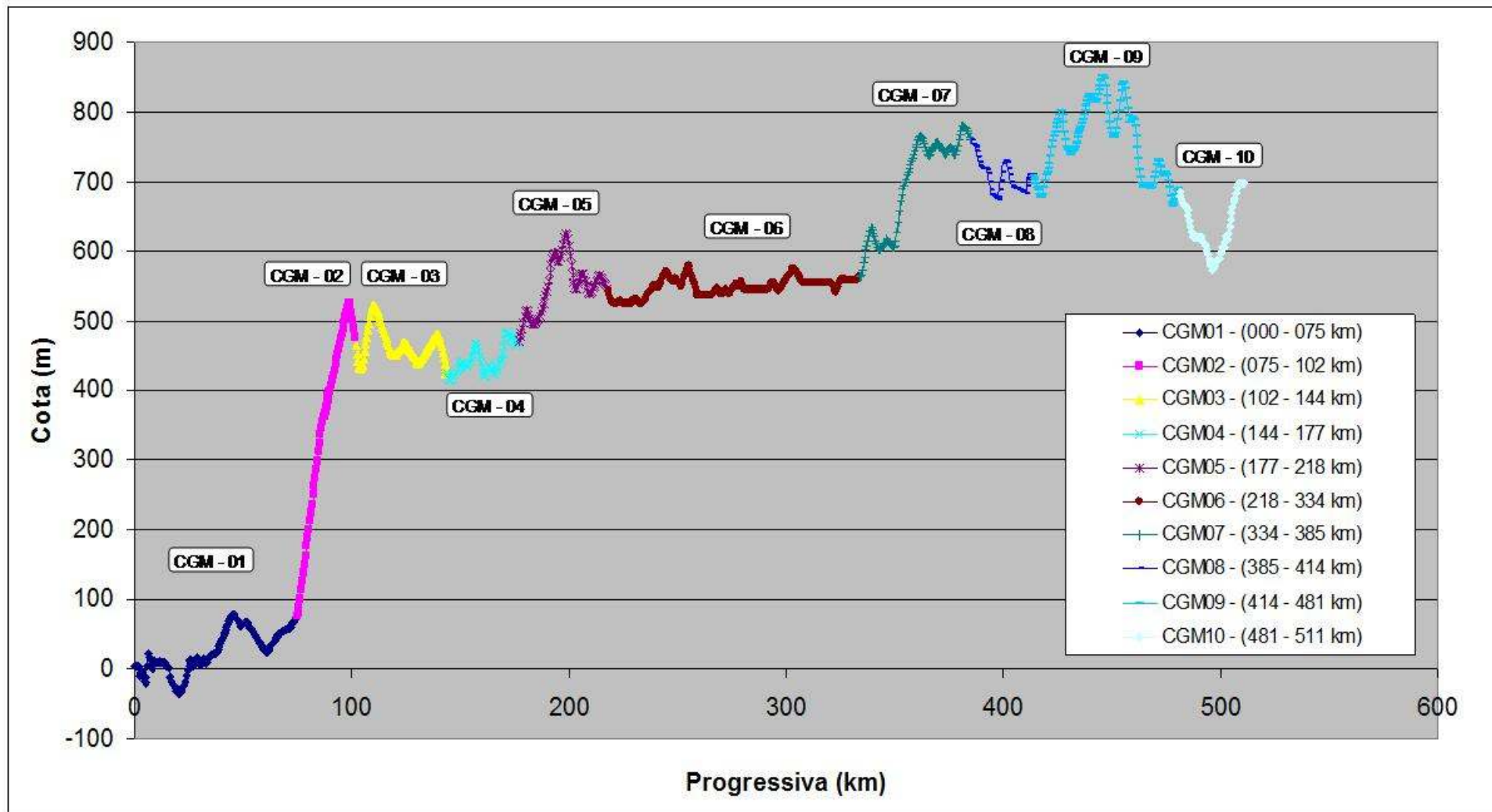
Zona 2: $0,05g \leq a_g \leq 0,1g$

Zona 3: $0,1g \leq a_g \leq 0,15g$

Zona 4: $a_g = 0,15g$



Compartimentos de Comportamento Geológico-Geomecânico ao longo do Traçado do TAV Brasil





OTIMIZAÇÃO DO TRAÇADO HALCROW JAN/JUN/09

D1 – SOLOS MOLES BAIXADA LITORÂNEA - RJ

- ALTA COMPRESSIBILIDADE e NA raso

D2 – MORROTES BAIXADA FLUMINENSE

- EROSÃO, EMPRÉSTIMO SOLOS ATERROS

D3 – SERRA das Araras

3°PIOR PROBLEMA – 16 km, A = 800m

- DESLIZAMENTOS, FALHA GEOLÓGICA

D4 – MAR DE MORROS (lavrinhas, Arujá, Jundiáí)

1°PIOR PROBLEMA - 204 km, A = 100m

- DESLIZAMENTOS, EROSÃO, CORRIDAS DE MASSA, CARSTE, EMPRÉSTIMO LASTRO, EMPRÉSTIMO SOLOS ATERROS

D5 – BACIAS SEDIMENTARES

- EXPANSIBILIDADE, COLAPSIBILIDADE

D6 – AREIAS, TURFA, SOLOS MOLES e
CAVAS DE AREIAS

2°PIOR PROBLEMA – 29 km turfa, 90 km areia

- COMPRESSIBILIDADE, LIQUEFAÇÃO, NA raso

D7 – BACIA DO PARANÁ

- EXPANSIBILIDADE, ESCAVABILIDADE

Problemas / trechos de risco ao longo do traçado do TAV



RISCOS GEOLÓGICOS	EXTENSÃO	SOLUÇÃO
1 – Argilas moles no entorno da Baía de Guanabara e Ilha do Governador.	16 km	Adequação de engenharia
2 – Cavas de areia do rio Guandu	54 km	Adequação de engenharia
3 – Serra das Araras	16 km	Traçado alterado
4 – Morraria do vale do Paraíba nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo	120 km	Traçado alterado
5 – Turfeiras	4km entre Pindamonhangaba e Potim e 25km entre Caçapava e São José dos Campos	Falta adequar traçado
6 – Cavas de areia	90km entre Jacareí e Potim	Falta adequar traçado
7 – Solos expansíveis	3km em Caçapava	Traçado adequado
8 – Solos colapsíveis	4km entre Pindamonhangaba e Taubaté	Traçado adequado
9 – Pedreiras	áreas diversas entre Arujá / Santa Isabel e São Paulo e em Caieiras	Traçado alterado
10 – Terrenos cársticos	Cajamar	Adequação de engenharia
11 – Morraria	30 km entre Jacareí e Guarulhos	Traçado alterado
12 – Morraria	entre São Paulo e Vinhedo, 54km	Traçado alterado



ETAPA 1



MAPEAMENTO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO

CPRM

EQUIPE EXECUTORA

Geólogo **Cássio Roberto da Silva**, M.Sc.-**Gestor**

Departamento de Gestão Territorial – DEGET

Geólogo **Jorge Pimentel**, M.Sc., DEGET-ERJ- **Coordenador**

Geólogo Carlos Eduardo Osório Ferreira, M.Sc., DEGET-ERJ- **Investigações Geotécnicas**

Eng. Agrônomo Edgar Shinzato, M.Sc., DEGET-ERJ- **Geoprocessamento**

Técnicos

Geólogo Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff, DSc, SUREG-RE

Geóloga Juliana Maceira Moraes, MSc, SUREG-GO

Geóloga Sandra Fernandes da Silva, DSc, SUREG-BH

Geóloga Maria Adelaide Mansini Maia, SUREG-MA

Geólogo Giovani Nunes Parisi, SUREG-PA

Geóloga Fernanda Soares Florêncio de Miranda, SUREG-RE

Geólogo Carlos Augusto Brasil Peixoto, Esp. SUREG-SP

Geólogo Luiz Carlos Bastos Freitas, SUREG-SA

Geógrafo Marcelo Eduardo Dantas, MSc, DEGET-ERJ

Engenheiro Cartógrafo Daniel Medeiros Moreira, DEHID-ERJ

Técnica em Cartografia Elaine Cerdeira, DIGEOP-ERJ

Consultores

Geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos

Engenheiro Civil André Pacheco de Assis, PhD, UNB

Geóloga Noris Costa Diniz, DSc, UNB/ANTT

Geólogo André Ferrari, DSc

Geólogo Hélio Monteiro Penha, DSc

Estagiários

Bruno de Paula e Silva – Geologia, UERJ

Frederico da Fraga Lemos – Geologia, UERJ

Rodrigo Ferreira França – Geologia, UERJ

Vanessa Rodrigues Pacheco – Geologia, UERJ

Luiz Wallace Costa Nascimento – Geologia, UERJ

Apoio

Técnicos de Mineração

Antonio Carmo de Rosa – SUREG-SP

Clezio Ribeiro dos Santos – SUREG-SP

Roylane Barboza – SUREG-SP

Ana Lúcia Rezzano Mendes – Secretária DEGET

Claudia Maurício Barros – Secretária DHT



Metodologia

Mapeamento geológico-geotécnico tradicional

Caminhamento no campo;
Descrição de afloramentos;
Medidas de atitudes de descontinuidades;
Estimativa das espessuras perfis de intemperismo;
Litologia;
Pedologia;
Morfologia;
Avaliação dos graus de risco geológico.

Integração e processamento dos dados em ambiente de
Sistemas de Informação Geográfica – SIG, plataforma
ArcGis 9.3 (ESRI)



Serviço Geológico do Brasil

Instalações, seminários, kit de campo e veículos



Hidrologia e Gestão Territorial - DEGET



Serviço Geológico do Brasil **Trabalhos de Campo em 510 km**
486 pontos descritos



1º ETAPA - Projeto "Mapeamento Geológico-Geotécnico e Delimitação das Áreas de Risco Geológico ao Longo do Traçado da Via do Trem de Alta Velocidade - TAV" (mapeamento de superfície).

2º ETAPA - Projeto "Execução das Investigações Geotécnicas de Campo e Laboratório Necessárias à Caracterização Geológico-Geotécnica e Delimitação das Áreas de Risco Geológico ao Longo do Traçado da Via do Trem de Alta Velocidade - TAV" (mapeamento de subsuperfície, sondagens).

Etapa II - Investigações Geológica-Geotécnica

Sondagens Mecânicas

Localização das Sondagens Mecânicas

Sondagens Mistas

Sondagens a Percussão

Sondagens Rotativas

Fotos dos Testemunhos de Sondagens

Ensaios de Perda de Água

Trados e Relatório de Ensaios em Solos

Sondagens Geofísicas

Localização das Sondagens Geofísicas

Relatório do Levantamento Geofísico

Sondagem Elétrica Vertical

Anexo 1 – Dados de Campo das Sondagens Elétricas Verticais -(SEV)

Anexo 2 - Sondagens Elétricas Verticais -IPI

Caminhamentos Elétricos

Anexo 3 – Dados de Campo dos Caminhamentos Elétricos

Anexo 4 - Caminhamento Elétrico

3º ETAPA - "Integração e consolidação dos dados geológico-geotécnicos das etapas 1 e 2 e análise de riscos"

Etapa III - Integração e Consolidação dos Dados e Análise de Risco

Modelos Geológico-Geomecânicos e Seus Riscos Associados ao Longo do Traçado do Tav

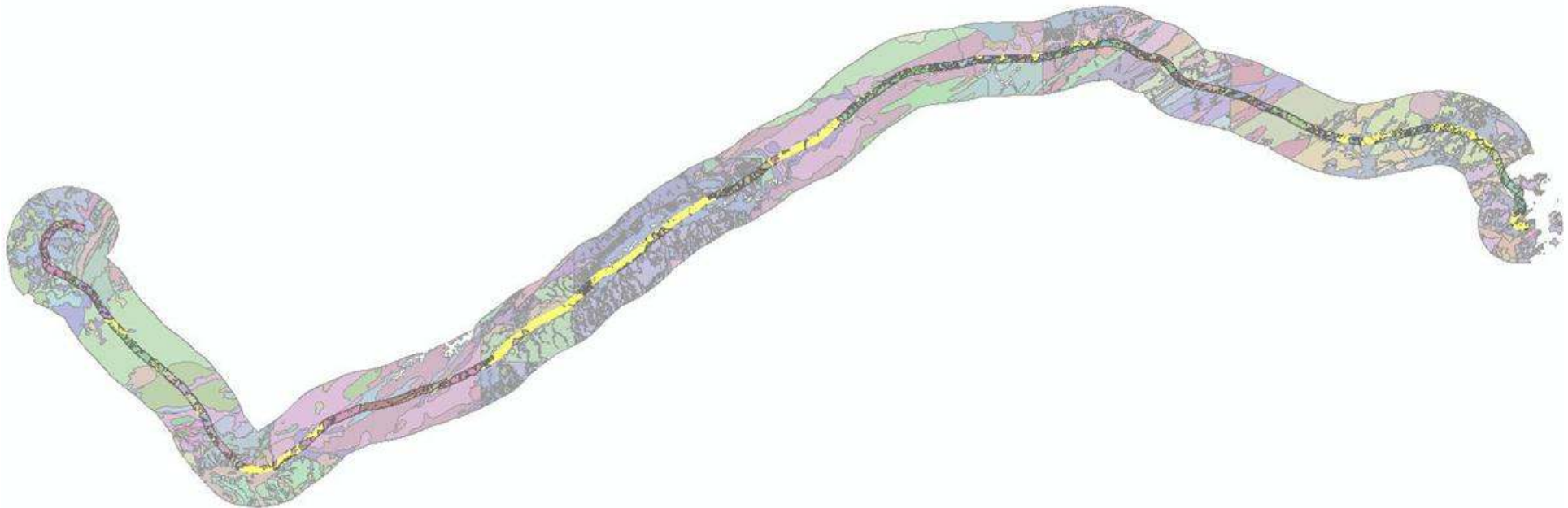
www.tavbrasil.gov.br



Mapa Geológico-Geotécnico 1:100.000

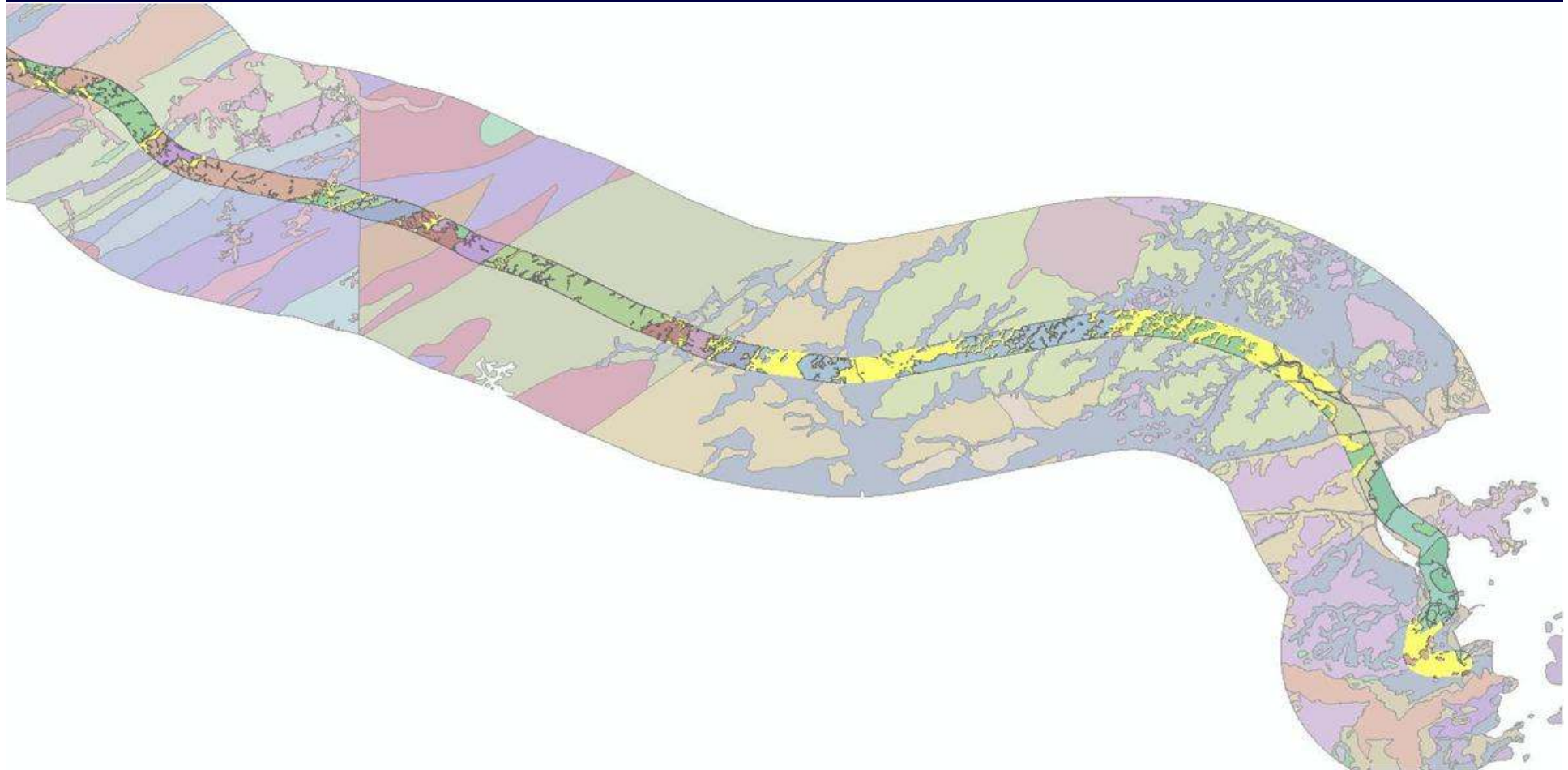
Faixa de 20 km

Integração de diversos mapeamentos nas
escalas 1:50.000, 1:100.000, 1:200.000,
1:750.000 e 1:1.000.000





Mapa 1:50.000 com a superposição da faixa mapeada na escala 1:10.000 (47 mapas)





1ª ETAPA – MAPEAMENTO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO - CPRM

Unidades Geotécnicas

	Corpos d'água
	Mar raso sobre argila mole
	Unidade Geotécnica Aluvionar
	Unidade Geotécnica Coluvionar
	Unidade Geotécnica Alúvio-Coluvionar
	Unidade Geotécnica Flúvio-Marinho
	Unidade Geotécnica Aterro sobre Mangue, Restinga e Solo Residual
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Rocha Sedimentar
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Gnaiss
	Unidade Geotécnica Solo Residual Grupo São Roque
	Unidade Geotécnica Rocha Alcalina
	Unidade Geotécnica Rocha Vulcânica Básica
	Unidade Geotécnica Rocha Alterada Sedimentar
	Unidade Geotécnica Rocha Gnaiss e Migmatitos
	Unidade Geotécnica Saprolítico de Gnaiss e Migmatitos
	Unidade Geotécnica Rocha Gnaiss e Migmatitos
	Unidade Geotécnica Solo Residual Raso de Gnaiss e Migmatitos
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Gnaiss e Migmatitos
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Rocha Sedimentar
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Rocha Sed. Fm. Pindamonhangaba
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Rocha Sedimentar Fm. Tremembé
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Xisto
	Unidade Geotécnica Solo Residual Raso de Xisto
	Unidade Geotécnica Solo Residual de Granito
	Unidade Geotécnica Solo Residual Raso de Granito
	Unidade Geotécnica Rocha Granito
	Unidade Geotécnica Solo Residual Serra das Araras
	Unidade Geotécnica Solo Residual Rocha Vulcânica Básica
	Unidade Geotécnica Tálus

Feições Erosivas

	Campo de Blocos		Queda de Blocos
	Deslizamento		Rastejo
	Erosão Laminar		Ravinamento
	Erosão hídrica		Solapamento de Margem
	Voçoroca		

Infraestrutura

	Aeroporto
	Aterro
	Duto
	Eixo de Barragem - FURNAS
	Extração de areia
	Igreja - Patrimônio histórico
	Pedreira / Mineradora (gr - granito, fl - folhelho, bs - basalto)
	Represa
	Terraplanagem

Traçado Referencial

	Ponte
	Superfície
	Túnel
	Buffer 2 km
	Municípios

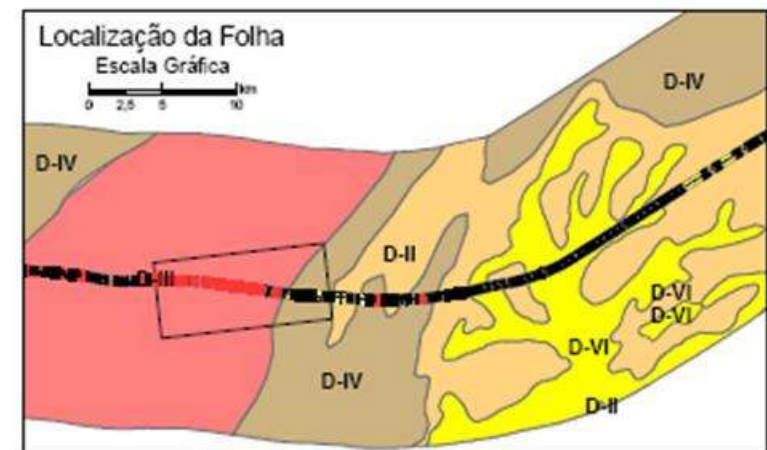
Estruturas Geológicas

	Dique
	Falha
	Falha e ou Zona de Cisalhamento
	Lineamentos
	Sinforme Normal
	Zona de Brecha

Outras Feições Geotécnicas

	Carste solo colapsível
	Campo de blocos
	Turfeiras

Domínios Geotécnicos





ATRIBUTOS DE PONTOS

- Data
- Nº do ponto:
- Trecho:
- Responsáveis:
- Coordenadas UTM E
- Coordenadas UTM N
- Datum - SAD69
- M.C - 45
- Zona – 23
- Município/ Localidade:
- UF:
- Altitude:
- Formas de relevo:
- Posição no relevo:
- Declividade
- Amplitude:
- Orientação da face de vertentes / talude / corte (direção e mergulho):
- Unid. Lito-estratigráfica
- litologia
- Tipo de solo:
- Tipo de ocupação:
- Tipo de cobertura vegetal:
- Tipo de feições:
- Tipo de material:
- Granulometria predominante:
- Silga Unid geotécnica:
- Unid. Geotécnica:
- Grau de alteração:
- Grau de consistência:
- Grau de coerência:
- Grau de fraturamento (fratura/m):
- Tipo de contato:
- Tipo de preenchimento:
- **Persistência das discontinuidades:**
 - **Condição de água :**
 - **Capacidade de suporte:**
 - **Categoria de escavação:**
 - **Suscetibilidade a erosão:**
- **Numero de família de discontinuidades:**
 - **Tipo de estrutura_1:**
 - **Medida estrutural_1**
 - **Tipo de estrutura2:**
 - **Medida estrural_2**
 - **Tipo de estrutura3:**
 - **Medida estrutural_3:**
 - **Tipo de estrutura_4:**
 - **Medida estrutural_4:**
- **Tipo de investigação geotécnica:**
 - **Tipo de erosão:**
 - **Descrição erosão:**
- **Tipo de movimento de massa:**
- **Descrição de movimento de massa:**
 - **Enchentes/Inundação:**
 - **Tipo de problema geotécnico**
- **Descrição tipo de problema geotécnico:**
 - **Potencial de Risco**
 - **Números das Fotos**
 - **Descrição foto 1**
 - **Descrição foto 2**
 - **Descrição foto 3**



I-Feições Erosivas e Movimentação de Massa

(entidade linha/polígono)

- Cicatrizes escorregamento
- Erosões
 - Voçorocas
 - Ravinas
 - Sulcos
- Trincas
- Rastejo
- Linhas de fluxo de água
- Rocha/blocos isolados/ninhos/lascas
- Indícios diversos



II- Setorização Risco

Polígonos

Processo	Tipologia	Área	Descrição	Situação	Risco	Foto / descrição
Erosão	voçoroca					
Mov. massa						
Ninho de Blocos						
Subsidência						
Área inundável / alagável						

Linhas

Processo	Tipologia	Descrição	Situação	Risco	Foto / descrição
Erosão	Ravina/sulco				
Mov. massa	queda lasca				
Linha de fluxo					

Pontos

Processo	Tipologia	Descrição	Situação	Risco	Foto / descrição
Surgencia					
Arvore inclinada					
Poste					



ATRIBUTOS - UNIDADES GEOTÉCNICAS

Nome da Unidade Geológico Geotécnica

Sigla da Unidade Geológico Geotécnica

Descrição da Unidade (textura/forma)

Forma de Relevo (forma, declividade)

Tipo de material

Grau de alteração

Grau de Coerência

Categoria de escavação

Capacidade de suporte “*in situ*”

Suscetibilidade a erosão

Suscetibilidade de movimento de massa

Susceptibilidade inundações/enchentes

Problemas Geotécnicos específicos

Grau de risco geológico

Fotos da unidade

Descrição da foto

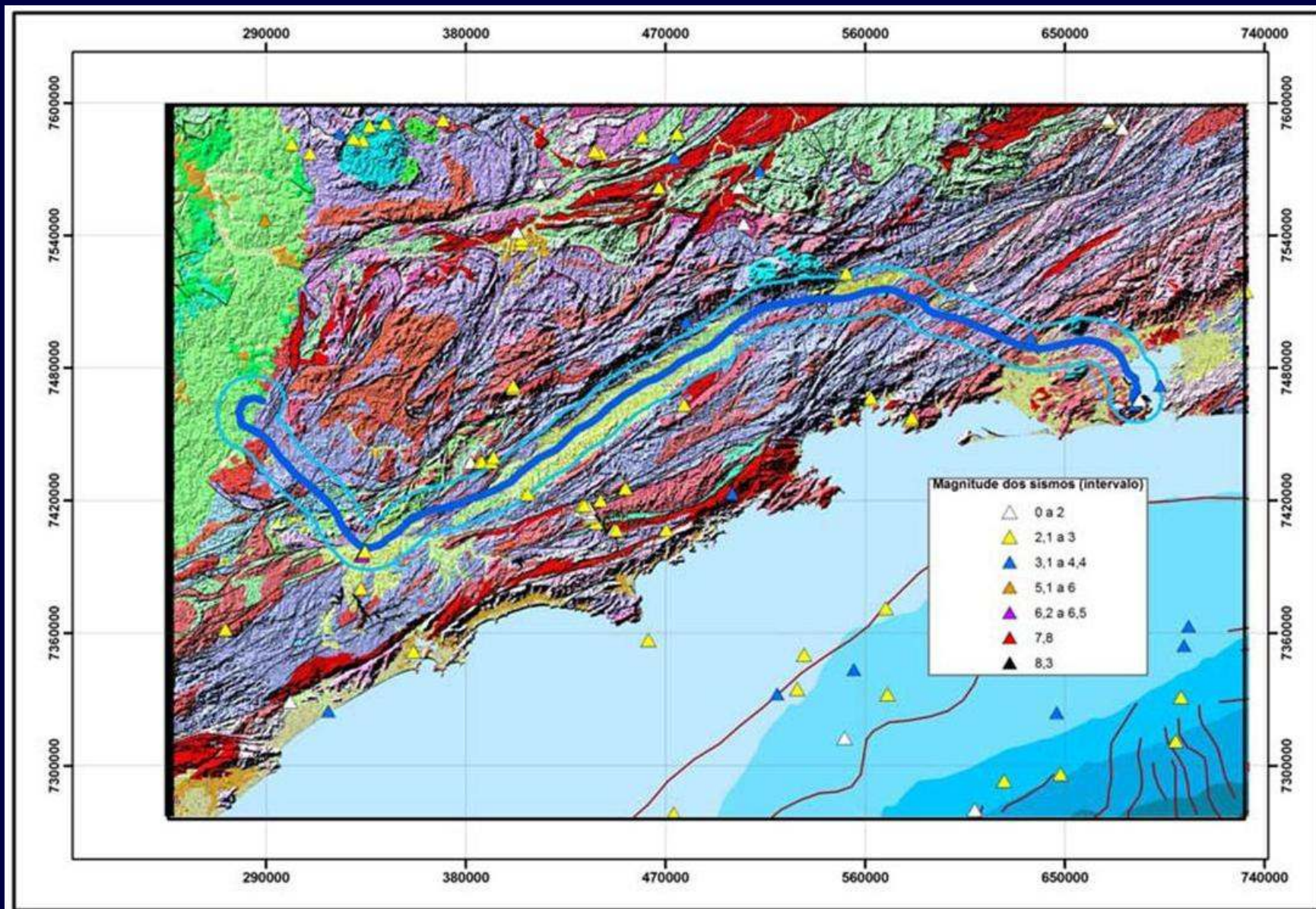


FUSÃO



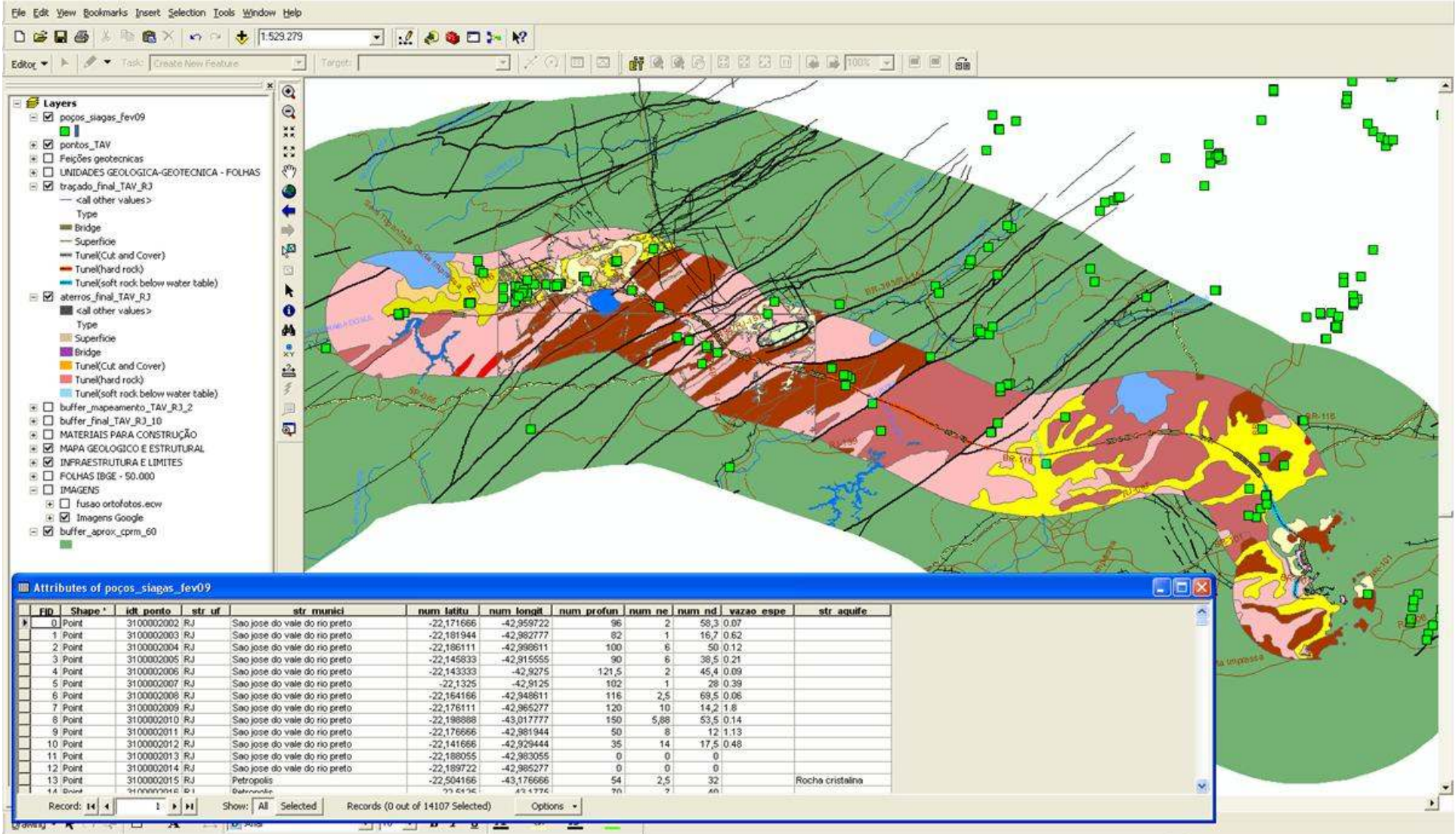


DISTRIBUIÇÃO E MAGNITUDE DE SIMOS



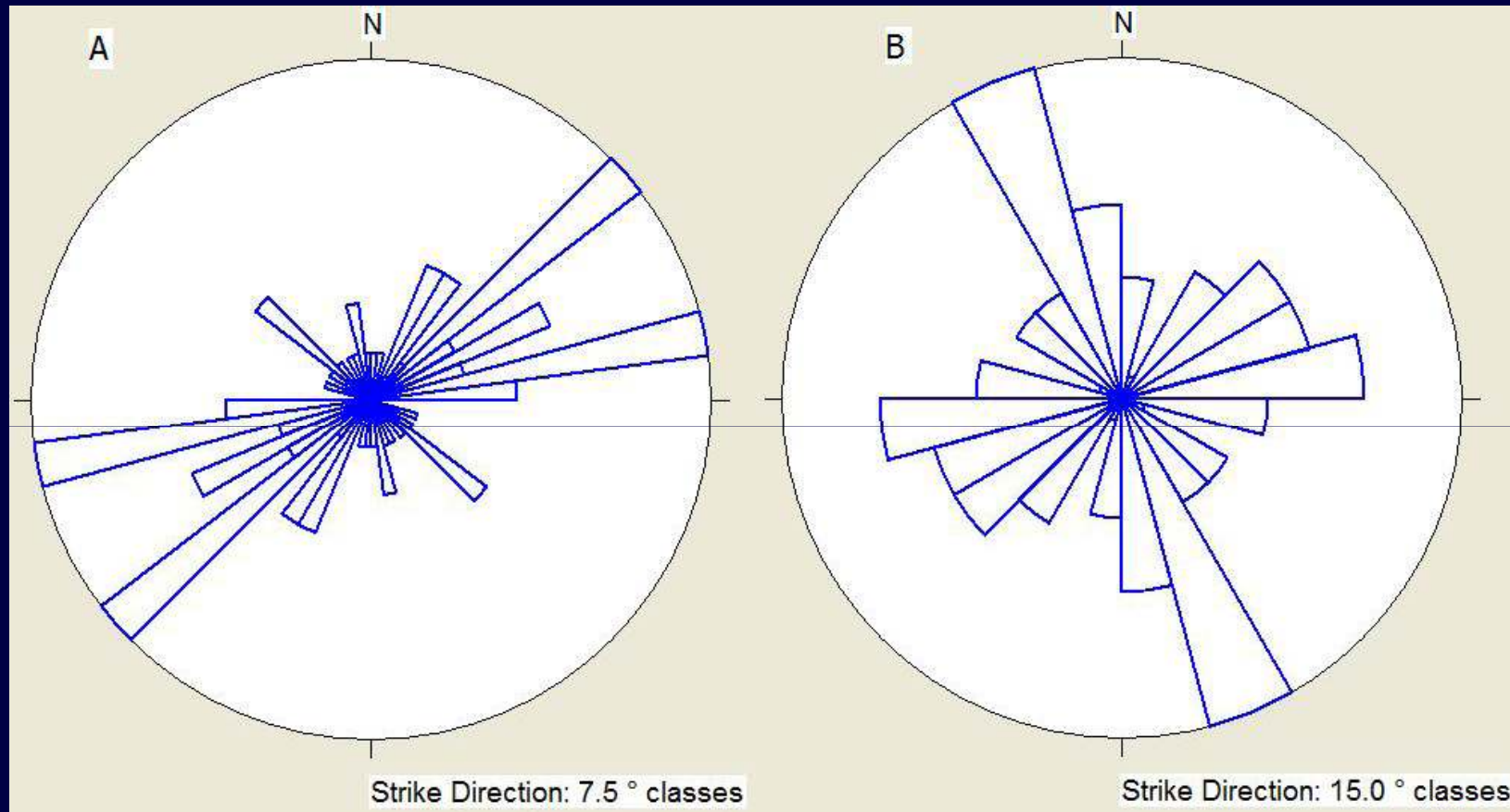


HIDROGEOLOGIA





DESCONTINUIDADES

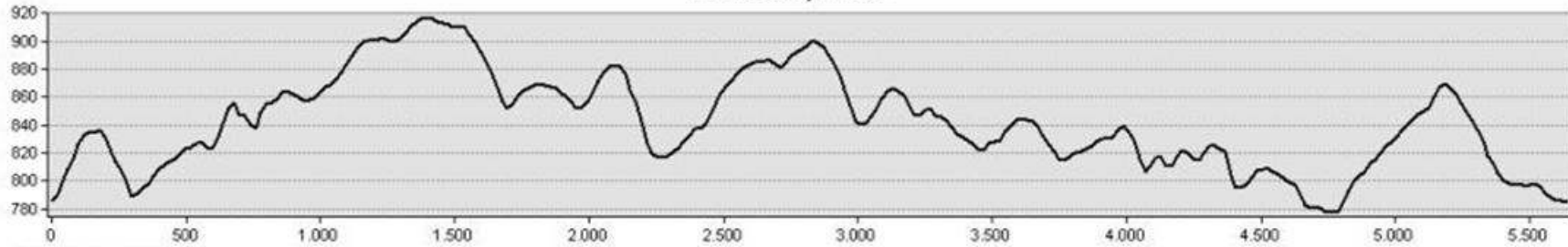


Direção preferencial das fraturas e da foliação ao longo da área do traçado. A) Foliações-Geral. B) Fraturas-Geral

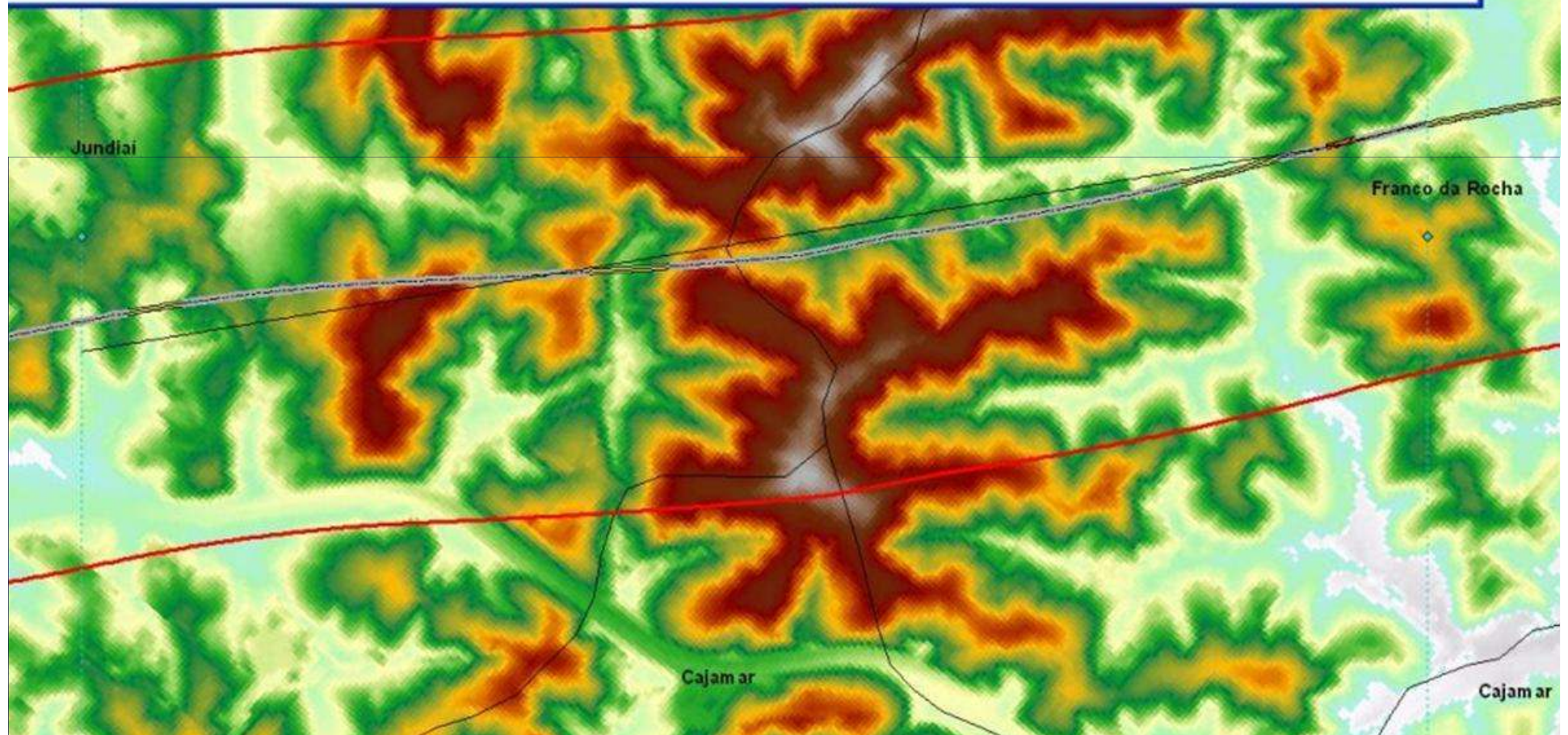


Profile Graph Title

Profile Graph Title



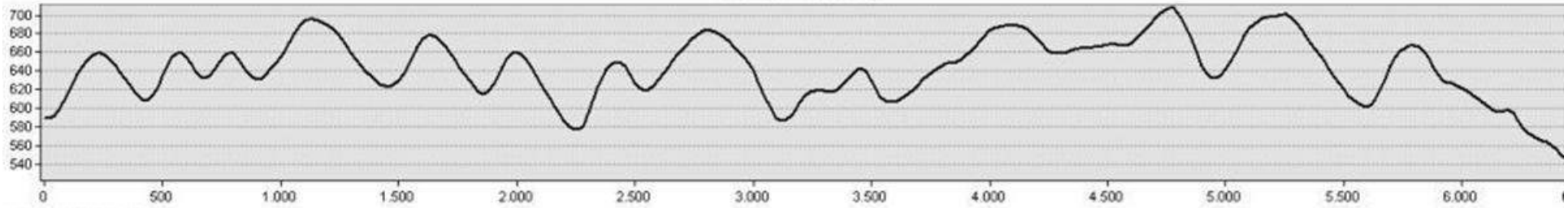
Profile Graph Subtitle



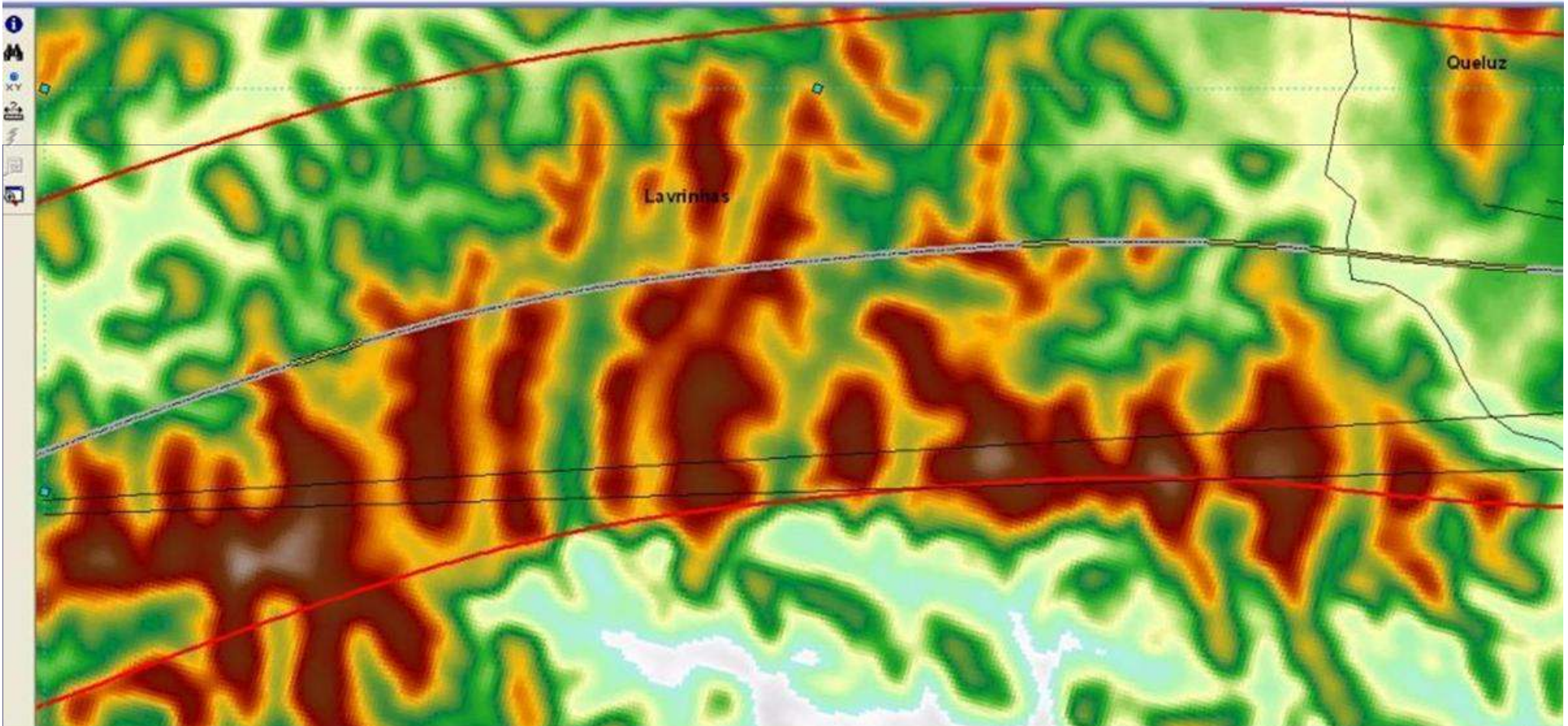


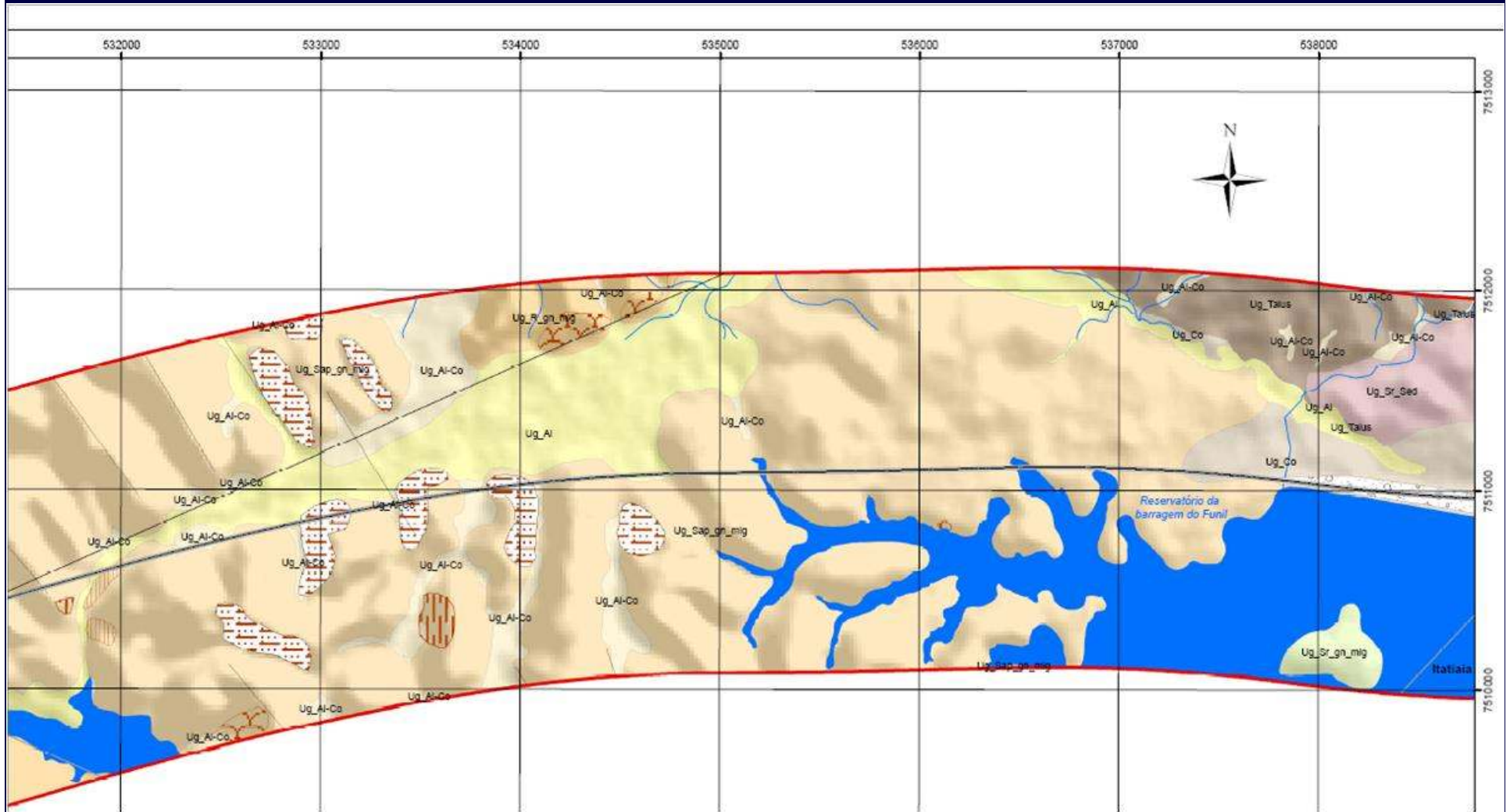
Graph Title

Profile Graph Title



Profile Graph Subtitle







ETAPA 2

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO- GEOTÉCNICAS

CPRM - IPT

GEODATA

GEOCOMPANY

ALPHAGEOS

MINERAGUA



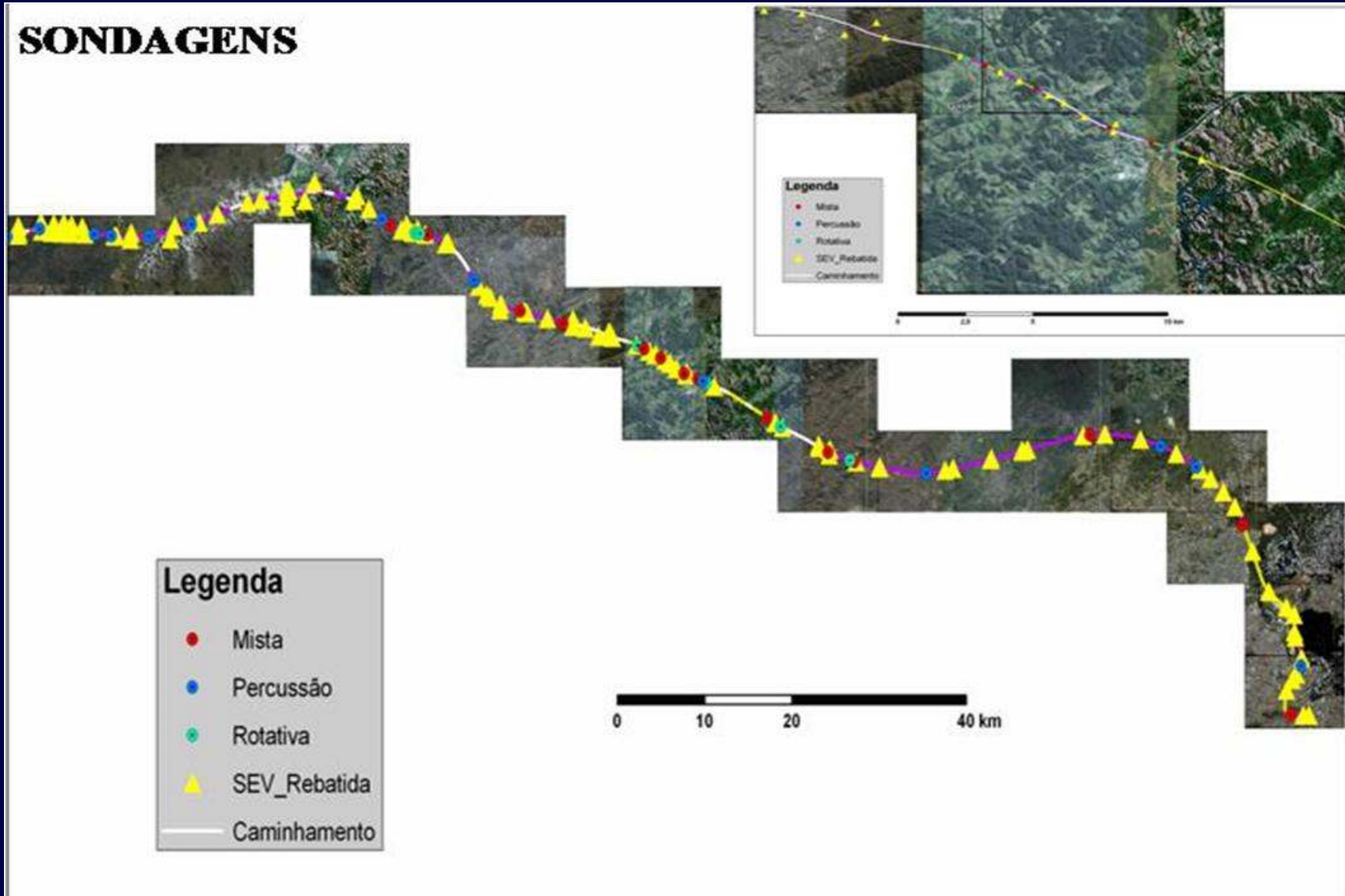


Investigações geológico-geotécnicas

- 40 SP (569 m)
- 44 SM (1306 m = 926 m solo + 380 m rocha)
- 12 SR (869 m)
- 100 ST (480 m)
- 301 SEV
- 22 CA (54.408 m)

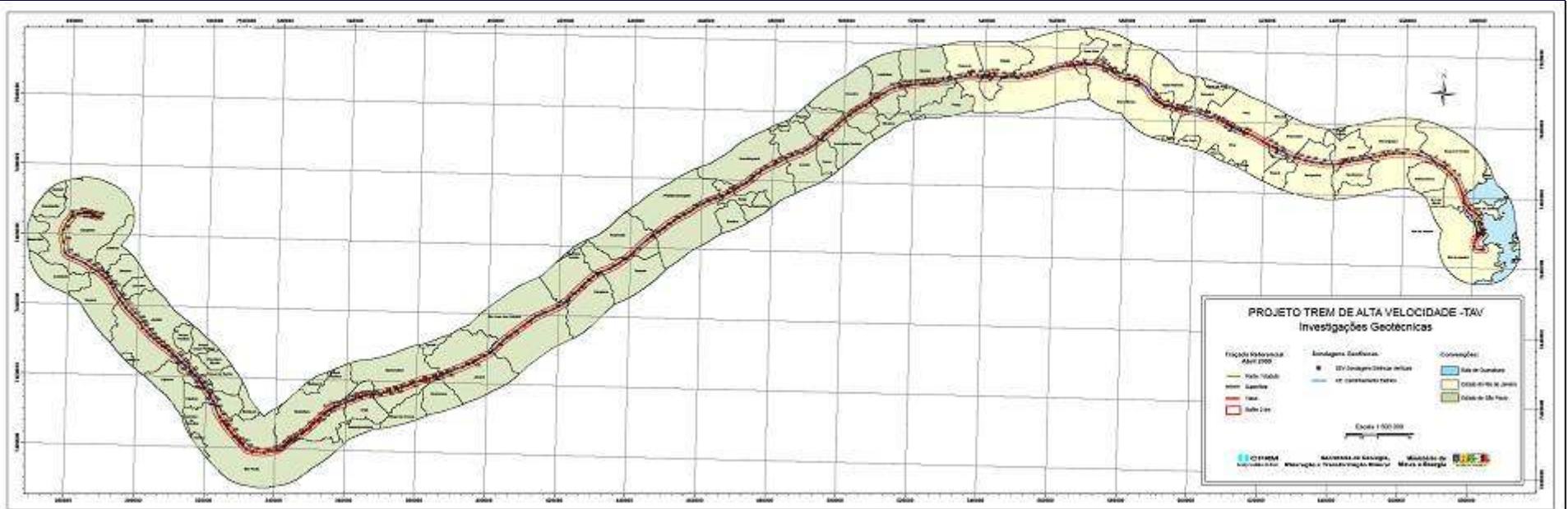


SONDAGENS



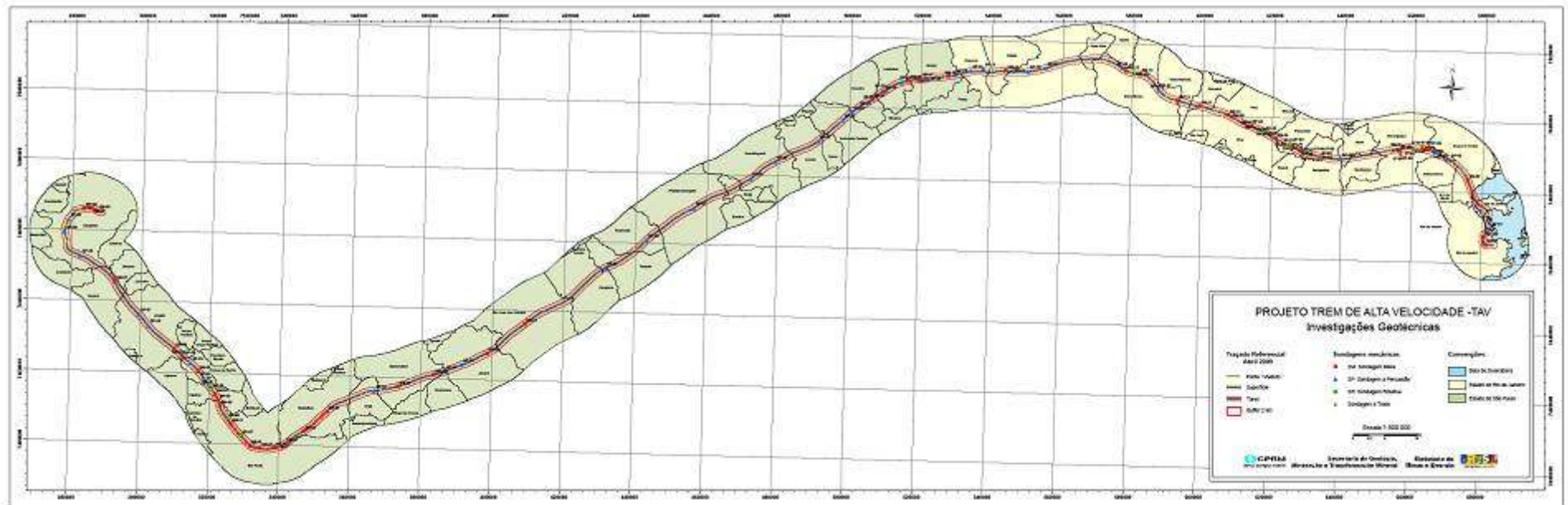


LOCALIZAÇÃO DA SONDAGEM GEOFÍSICA SEV CAMINHAMENTO ELÉTRICO





LOCALIZAÇÃO DA SONDAGEM MECÂNICA SM – SR – SP - ST

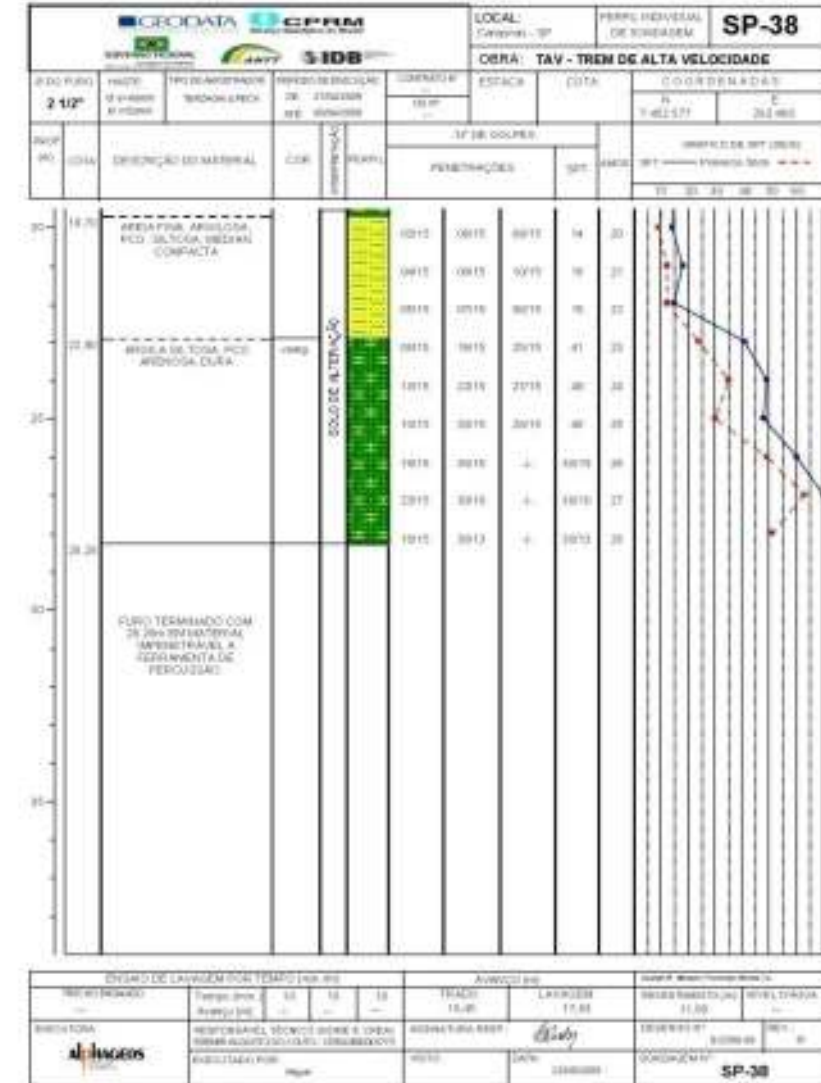
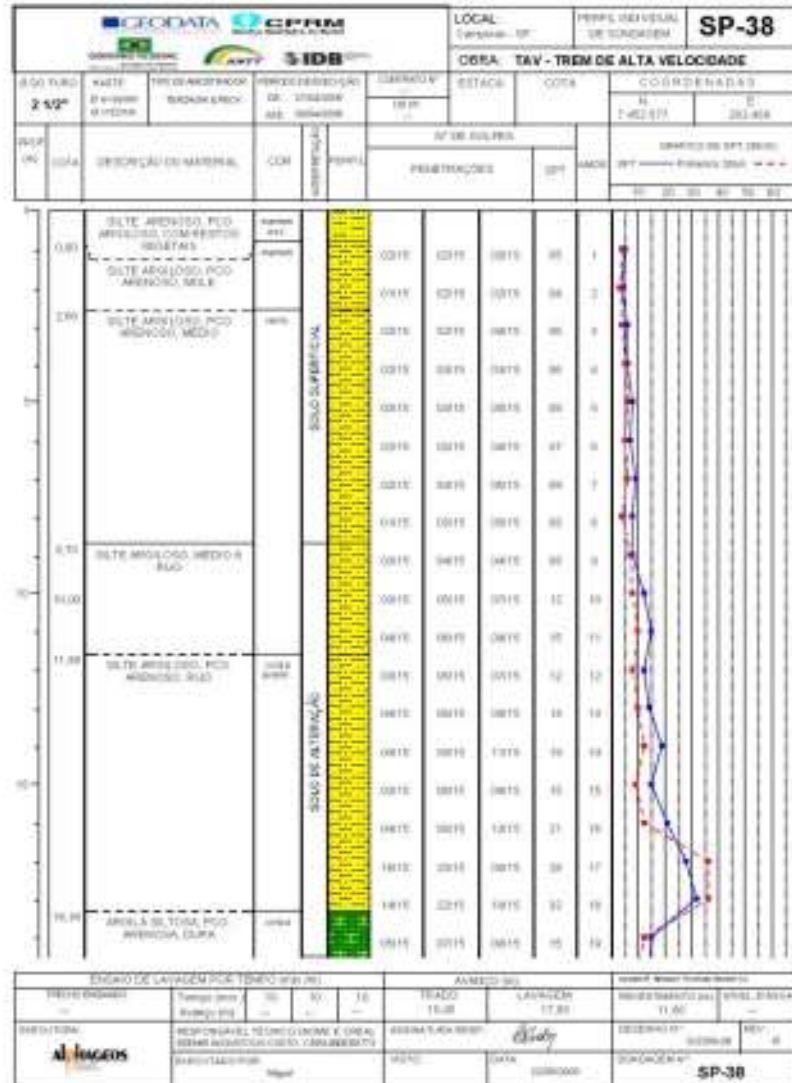




INSTRUMENTOS E FASES DA PERFURAÇÃO

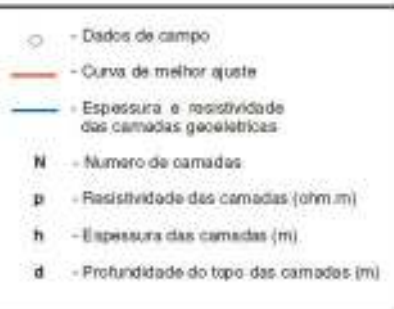
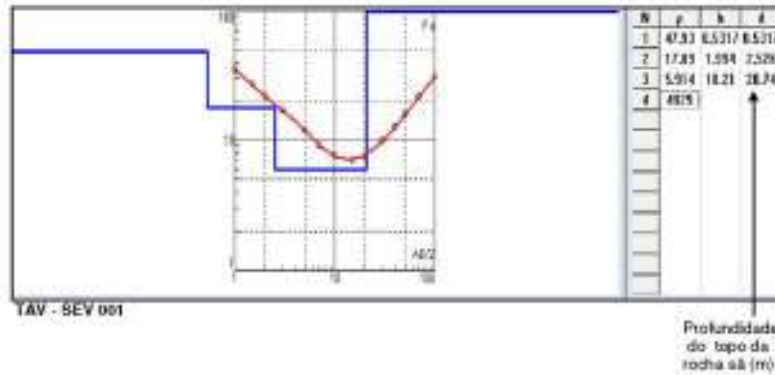




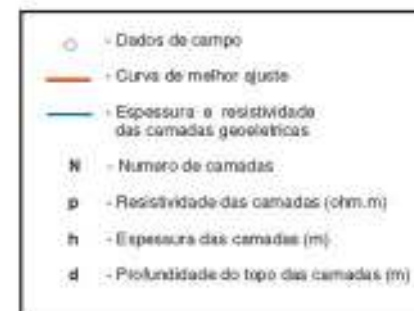
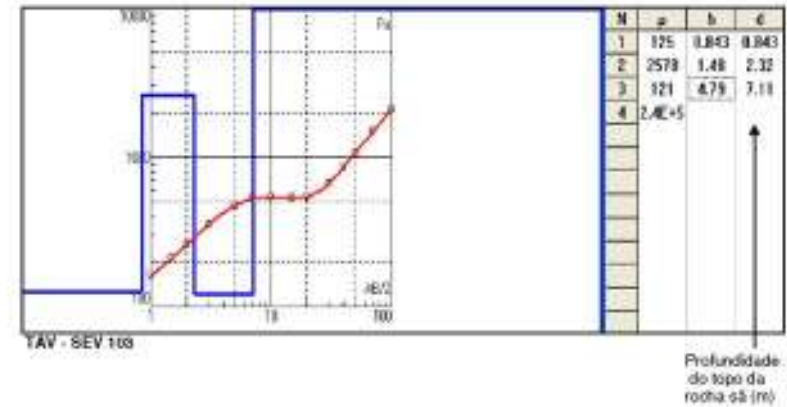




TAV - TREM DE ALTA VELOCIDADE



TAV - TREM DE ALTA VELOCIDADE





ETAPA 3

MODELO GEOLÓGICO- GEOMECÂNICO

ANÁLISES DE RISCOS

CONSOLIDAÇÃO

EQUIPE EXECUTORA

Engenheiro Civil André Pacheco de Assis - UnB

Geóloga de Engenharia Noris Costa Diniz - UnB

Geólogo de Engenharia Adalberto Aurélio Azevedo – IPT



Geólogo de Engenharia Carlos Eduardo Osório Ferreira - CPRM

Eng. Agrônomo Edgar Shinzato - CPRM

Geólogo de Engenharia Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff - CPRM

Geólogo de Engenharia Jorge Pimentel - CPRM

Engenheiro Cartógrafo Daniel Medeiros Moreira -CPRM

Análise preliminar do risco 



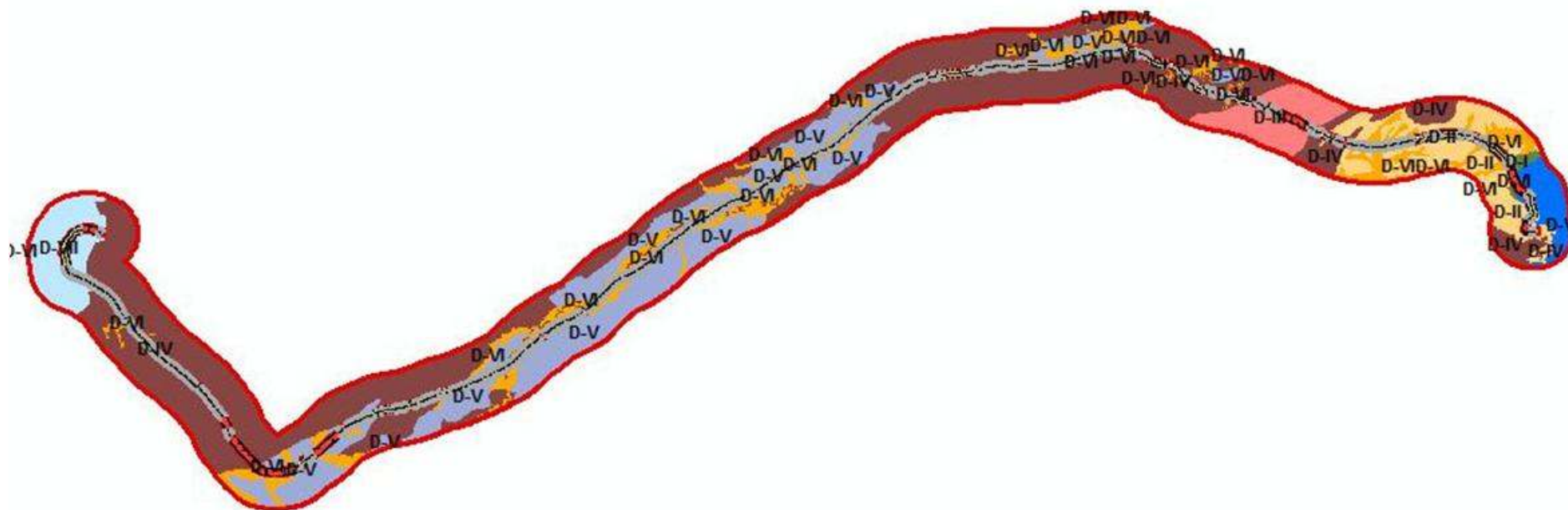
Objetivos

- **Caracterização geológico-geotécnica dos materiais para fins de avaliação de custos**
- **Consolidação dos dados e resultados das Etapas 1 e 2**
- **Identificar eventos de risco potenciais para cada compartimento geológico-geomecânico, considerando os tipos de obras propostos**



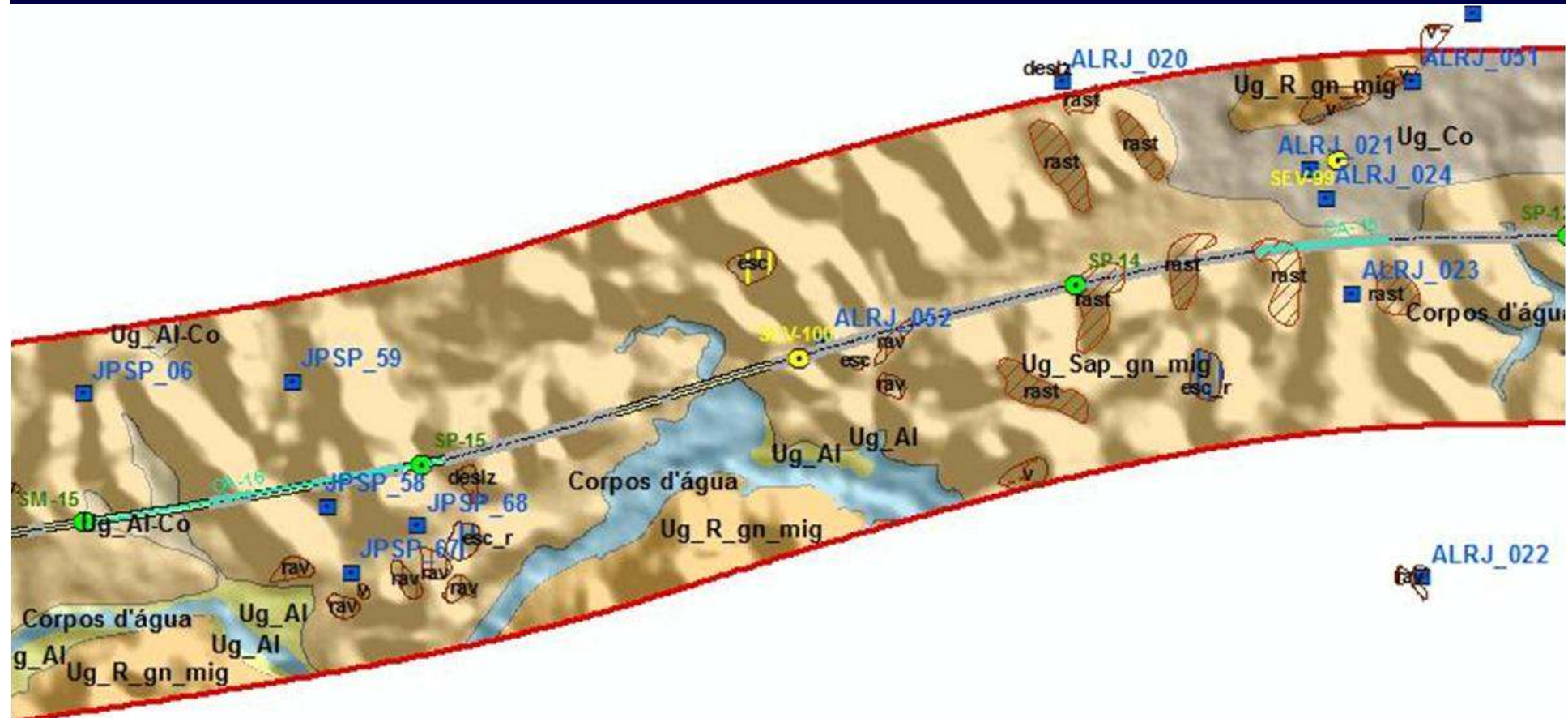
Trabalhos Realizados na Etapa 1

- Mapeamento geológico-geotécnico integrado em ambiente SIG





27 unidades geologico-geotécnicas





DOMÍNIO	SI-GLA	CARACTERÍSTICAS	COMPORTAMENTO TÍPICO FRENTE ÀS SOLICITAÇÕES DA OBRA
Domínio de terrenos sedimentares <u>flúvio-marinhos</u> da baixada litorânea.	I	Terrenos planos, próximos à orla marinha, <u>argilo-arenosos</u> e/ou argilosos orgânicos (manguezais).	Podem ser moles a muito moles, altamente compressíveis, com baixa capacidade de suporte em fundações de aterros e obras de arte.
Domínio de colinas e <u>morrotes</u> da Baixada Fluminense	II	Terrenos suavemente ondulados constituídos por colinas sustentadas por rochas cristalinas e depósitos <u>colúvio-aluvionares</u> entulhando as áreas planas entre as elevações. Os solos de cobertura dessas elevações são <u>coluvionares argilo-arenosos</u> e / ou residuais <u>silto-arenosos</u> . As áreas planas entre as elevações podem conter solos <u>argilo-arenosos</u> e/ou solos moles argilosos, orgânicos, saturados.	Nas elevações é alta a <u>erodibilidade</u> dos solos residuais (<u>saprolíticos</u>). Riscos de ruptura exigem baixa inclinação de taludes. Em geral não apresentam problemas em fundações de aterros e obras de arte. Grande heterogeneidade horizontal e vertical nos estágios de alteração das rochas. Os terrenos planos entre as elevações podem ser de baixa resistência se forem constituídos por solos moles argilosos, orgânicos, saturados.
Domínio da Região Serrana	III	Terrenos muito movimentados de relevo escarpado e / ou montanhoso, sustentado por rochas cristalinas. Ocorrência significativa de coberturas de solos transportados constituídos por depósitos <u>coluvionares</u> e depósitos de <u>tálus</u> com blocos e matacões, ambos capeando solos residuais <u>silto-arenosos</u> . O maciço rochoso subjacente aflora em áreas de ocorrência de rochas mais resistentes.	Encostas com grande instabilidade natural potencializada pelas altas declividades e pluviosidade. Cortes e aterros são sempre obras de risco exigindo contenções. Risco <u>da plataforma ser atingida</u> por blocos de rocha ou deslizamentos. Fundações de obras de arte sujeitas a movimentos de massa lentos ou rápidos exigindo cuidados especiais, especialmente em corpos <u>coluvionares</u> e corpos de <u>tálus</u> . Problemas executivos para <u>tubulões</u> pela presença de matacões. Emboques e desemboques de túneis exigem cuidados especiais. Quando os solos superficiais são pouco espessos os túneis desenvolvem-se em grande parte em rocha sã. Condições de <u>fraturamento</u> , zonas de cisalhamento, <u>desplacamento</u> por tensões residuais, lençóis suspensos e outros fatores exigem máxima atenção na abertura, na sustentação e na manutenção dos túneis.



Metodologia

- **Consolidação dos dados e resultados das Etapas 1 e 2**
- **→ Modelos geológico-geomecânicos conceituais**
- **Cruzamento dos modelos GG conceituais com os tipos de obras previstos no traçado**
- **→ Identificação de eventos de risco potenciais**



Modelos GG

Conceituais

- **Etapa 1 identificou:**
 - 13 compartimentos geomorfológicos
 - 27 unidades geológico-geotécnicas
- **→ 10 Compartimentos de comportamento geomecânicos equivalentes, delimitados pelas progressivas do traçado**



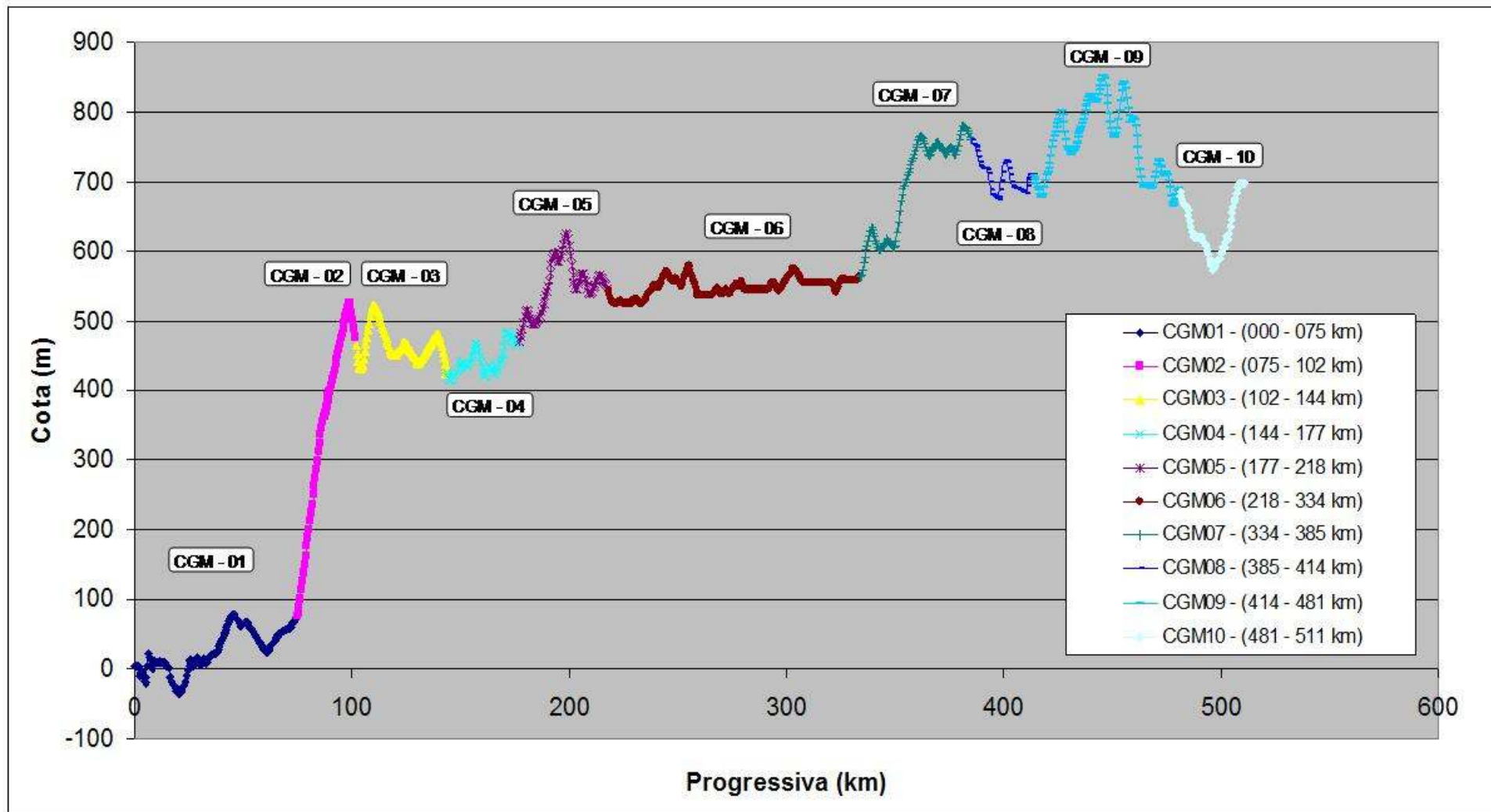
Progressiva (km)	Compartimento Geomorfológico (CMF)	Domínio Geológico-Geotécnico (DGG)
000-027	CMF-01 Baixada Guanabara	DGG-1 Sedimentos Fluviais Marinhos e Lagunares
027-072	CMF-02 Baixada Fluminense	DGG-6 Sedimentos Aluviais DGG-2 Colinas da Baixada Fluminense DGG-4 Colinas e Morros
072-102	CMF-03 Serra das Araras	DGG-3 Serra das Araras
102-144	CMF-04 Médio Vale Paraíba do Sul Fluminense	DGG-4 Colinas e Morros
144-177	CMF-05 Bacia de Resende	DGG-5 Bacias Sedimentares DGG-6 Sedimentos Aluviais
177-202	CMF-06 Alto Estrutural de Queluz	DGG-4 Colinas e Morros
202-218	CMF-07 Médio Vale Paraíba do Sul Paulista	DGG-4 Colinas e Morros
218-334	CMF-08 Bacia de Taubaté	DGG-5 Bacias Sedimentares DGG-6 Sedimentos Aluviais
334-374	CMF-09 Alto Estrutural de Arujá	DGG-4 Colinas e Morros
374-385	CMF-10 Planalto Paulistano	DGG-4 Colinas e Morros
385-414	CMF-11 Bacia de São Paulo	DGG-5 Bacias Sedimentares DGG-6 Sedimentos Aluviais
414-481	CMF-12 Planalto de Jundiá	DGG-4 Colinas e Morros
481-511	CMF-13 Depressão Periférica Paulista	DGG-7 Bacia do Paraná



Progressiva (km)	Compartimentos de Comportamento Geomecânico (CGM)
000-072	CGM-01 Baixada Fluminense
072-102	CGM-02 Escarpa da Serra das Araras
102-144	CGM-03 Mar de Morros do Paraíba do Sul Fluminense
144-177	CGM-04 Vale de Resende
177-218	CGM-05 Mar de Morros de Queluz
218-334	CGM-06 Bacia de Taubaté
334-385	CGM-07 Alto de Arujá
385-414	CGM-08 Bacia de São Paulo
414-481	CGM-09 Mar de Morros de Jundiaí
481-511	CGM-10 Depressão de Campinas



Compartimentos de Comportamento Geológico-Geomecânico ao longo do Traçado do TAV Brasil





Classificação de parâmetros predominantes para descrição das CGMs

- **Litologia**
- **Condições de água (profundidade do NA)**
- **Tipo de topo rochoso**
- **Condicionante geotécnico**
- **Feições geológico-estruturais**
- **Feições de risco geológico**



Classificação de Parâmetros Predominantes

Quesito		Descrição
Litologia	L1	Solo Transportado (aterros, colúvios, alúvios e sedimentos flúvio-marinhos, em camadas com espessuras variáveis e interdigitadas).
	L2	Depósito Colúvio-Aluvionar
	L3	Solo Residual de rocha cristalina
	L4	Solo Residual de rocha sedimentar
	L5	Solo Residual de rocha metassedimentar
Condições de Água (Profundidade do Nível de Água – NA)	W1	Maciço Seco
	W2	NA aflorante ou raso até de profundidade
	W3	NA de de profundidade
	W4	NA de de profundidade
	W5	NA profundo (>) ou acompanhando as proximidades do contato solo e rocha
Topo Rochoso	T1	Topo Rochoso plano
	T2	Topo Rochoso levemente ondulado
	T3	Topo Rochoso ondulado
	T4	Topo Rochoso com variações bruscas em uma direção
	T5	Topo Rochoso com variações bruscas em duas direções (“caixa de ovos”)

Dados e Sumário da CGM-01

Baixada Fluminense



Quesito		Descrição
Litologia	L1	Solo Transportado (aterros, colúvios, alúvios e sedimentos flúvio-marinhos, em camadas com espessuras variáveis e interdigitadas).
Condições de Água	W2	NA aflorante ou raso, até de profundidade (variação de).
Topo Rochoso	T3	Topo Rochoso ondulado sobre rochas cristalinas, com variações bruscas de profundidade (variação de), em quaisquer direções.
Feições Geológico-Estruturais	E1	Baixa concentração de discontinuidades (predominantemente subverticais), exceto em algumas zonas (progressivas km 026-028, 036-037, 043-051, 073-075). Vale observar que nas áreas cobertas por sedimentos e emersas, esta avaliação fica prejudicada.
Condicionante Geotécnico	G2	Solo Mole (baixa resistência e/ou muito compressíveis).
Feições de Risco Geológico	-X-	-X-
Sondagens Mecânicas		SP- 04 – SM- 04, SM- 101 – SR-01
Sondagens Geofísicas		SEV- 032
Descrição Geomecânica		<p>Sedimentos depositados sobre uma paleosuperfície de mar de morros (rochas cristalinas), condicionado pelo gráben da Guanabara, delimitado pelos falhamentos da Serra das Araras (traço NE).</p> <p>Sedimentos com espessuras variáveis, com intercalações de solo mole (espessura de), que causam problemas de estabilidade de cortes ou recalques excessivos e diferenciais de aterros, ou até insuficiência de capacidade de suporte.</p> <p>Alguns destes sedimentos são arenosos, fofos e saturados, portanto sujeitos à liquefação devido a carregamentos cíclicos.</p> <p>A transição da Baixada para a Serra das Araras se caracteriza por uma sucessão de morros, com perfil típico de alteração intempérica (solos residuais sobre rochas cristalinas).</p> <p>As fundações de pontes e viadutos devem ser apoiadas no topo rochoso. No entanto, dado à irregularidade de profundidade do topo rochoso, seus elementos de fundação podem sofrer variações bruscas de altura.</p> <p>Quanto aos túneis, deve-se esperar sucessivos trechos de contatos, relativamente bruscos, entre solos de baixa resistência e rochas de alta resistência, inclusive face de escavação mista, os quais ocorrerão em maior número quanto mais superficiais forem os túneis.</p>



Identificação de Eventos de Risco Potenciais

- **Cruzamento de dados entre:**
 - Cada compartimento de comportamento geomecânico
 - Tipos de obras de infraestrutura previstos no traçado do TAV Brasil
- **→ Identificação de eventos de risco potenciais e respectivas medidas mitigadoras**



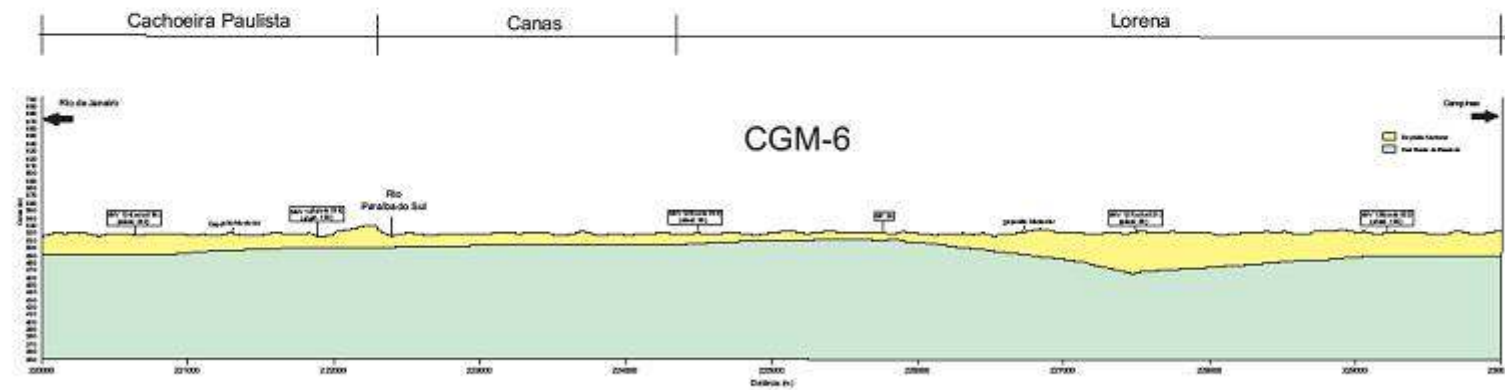
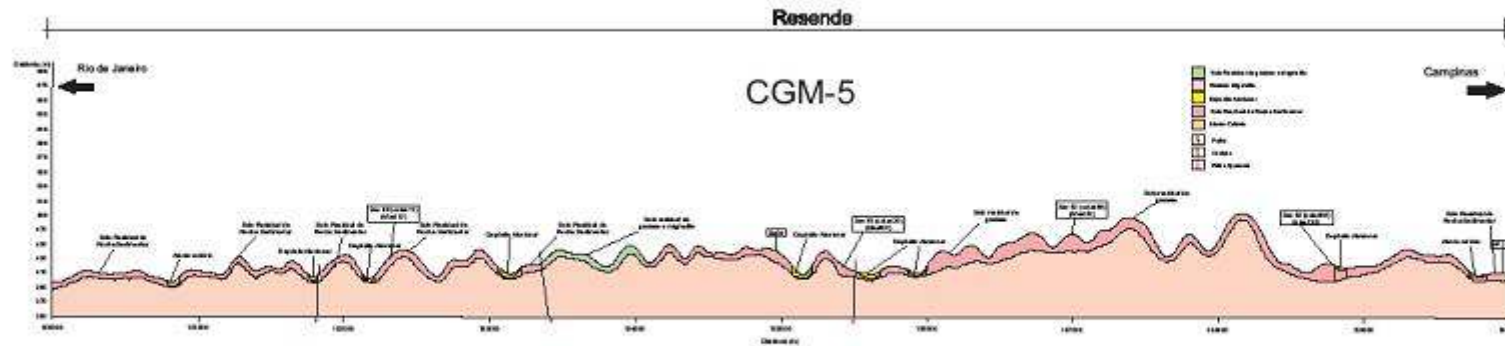
		Descrição
Tipo de Obra Predominante	PV TU	As obras predominantes deste trecho são túneis (TU) e pontes e viadutos (PV) de grandes dimensões, complementados por aterros (AT) e cortes (CT).
Interferências	AU ER IT	Área Urbana Edificações de grande relevância (refinaria Manguinhos e prédios da UFRJ) Infraestrutura de transporte (rodovias e pista do aeroporto do Galeão)
Eventos de Risco Potenciais	Geral	Intercalações de camadas de sedimentos de baixa capacidade de suporte e muito compressíveis (solo mole), com NA aflorante ou raso: → AT - recalques excessivos e diferenciais, agravados pelo topo rochoso irregular, ou até mesmo insuficiência de capacidade de suporte; → CT - instabilidade dos taludes e afluxo de água. Topo rochoso ondulado, com variações bruscas de profundidade nas duas direções, encobertos por sedimentos: → PV - elementos de fundação com profundidade variadas, alguns muito profundos, requerendo definição precisa do topo rochoso para assentamento de cada elemento de fundação (do contrário, recalques excessivos e diferenciais como os observados na Linha Vermelha); → TU – variações bruscas das características geomecânicas do materiais escavados, ocorrência de face mista de escavação (solo e rocha) e presença de água.
	Local	Refinaria de Manguinhos – provável ocorrência de solos contaminados por hidrocarbonetos, os quais requerem áreas especiais de bota-fora, bem como sistema de escavação e transporte cuidadosos. Edificações da UFRJ – prováveis litígios judiciais quanto a sua desapropriação (dependendo da finalidade da edificação, novas instalações devem ser construídas antes de sua demolição). Pista do aeroporto do Galeão – túnel com baixa cobertura, com grande impacto em caso de acidentes. Área Urbana: → TU – controle de recalques e estabilidade da frente de escavação; → CT e AT – prováveis litígios judiciais quanto à desapropriação. Morraria do sopê da Serra das Araras – rochas cristalinas com perfil de intemperismo, sendo os solos sujeitos a instabilidade de taludes e erosão: → CT e TU – sequência de túneis curtos com cortes e emboques de grande altura, com risco de instabilizações dos taludes e emboques, bem como condições difíceis para os túneis (face mista e tetos em materiais mais desfavoráveis).



CGM-01 Baixada Fluminense

Mitigação de Eventos de Risco Potenciais

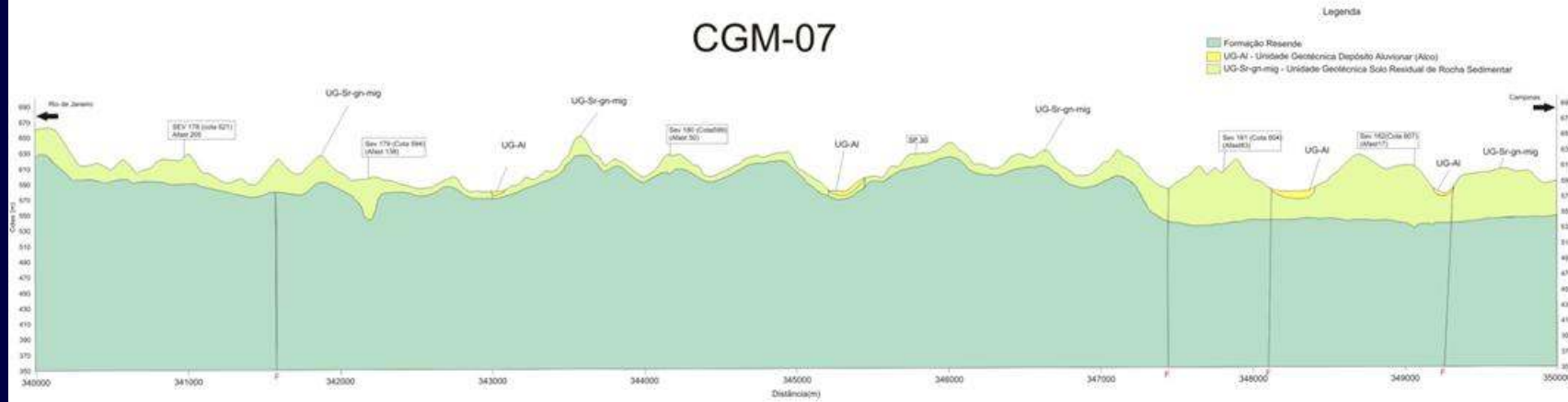
Medidas Mitigadoras	Geral	<p>Investigações geológico-geotécnicas mais detalhadas, interpretadas a luz das técnicas de geologia de engenharia, de modo a aperfeiçoar o modelo geológico-geomecânico local, minimizando as incertezas e contribuindo para um programa de gerência de riscos mais adequado.</p> <p>É essencial buscar a definição precisa do topo rochoso para fins de fundações de PV e antecipar as mudanças de faces de escavação dos TU.</p> <p>O método de escavação de TU deve prever equipamentos capazes de lidar com mudanças bruscas de características geomecânicas, face de escavação mista e presença de água. Dado ao conteúdo de quartzo de algumas rochas cristalinas, deve-se medir esta grandeza, já que afeta a definição de ferramentas de escavação. Ainda por se tratar de área urbana, sensível a recalques, o método deve prever controle efetivo de recalques e do NA, tais como pressurização da frente de escavação.</p> <p>Para minimizar o número de faces mistas e de alterações bruscas de materiais, pode-se buscar traçados alternativos que privilegiem túneis mais profundos.</p> <p>Evitar infraestrutura de plataforma (cortes e aterros), ou implementar medidas (melhoria e reforço) de engenharia complementares para controle de recalques e aumento da capacidade de suporte dos terrenos.</p>
	Local	<p>Alterar o traçado para evitar o trecho abaixo da refinaria Manguinhos, ou verificar se há contaminação de terrenos circundantes por hidrocarbonetos.</p> <p>Alterar o traçado ou o tipo de obra para túnel ou viaduto para evitar confronto com as edificações da UFRJ.</p> <p>Antecipar o emboque do túnel para aumentar a cobertura do túnel abaixo pista do aeroporto do Galeão, ou interromper o acesso à pista, caso possível.</p> <p>Alterar o traçado no trecho da morraria do sopé da Serra das Araras, de modo a minimizar a altura de cortes e o número de emboques, ou seja, um traçado mais profundo.</p>





Jacareí

CGM-07



Guarulhos

São Paulo

CGM-08







ANÁLISE DE RISCO

Código criticidade	Descrição criticidade	Probabilidade de ocorrência			
		Ausente	Baixa	Média	Alta/Presente
F1	Turfeiras	0			3
F2	Solos colapsíveis	0			3
F3	Solos expansíveis	0			3
F4	Subsistência cárstica	0			3
F5	Inundação	0	1	2	3
F6	Movimentos de massa	0	1	2	3
F7	Processos erosivos	0	1	2	3
F8	Cavas de areia	0			3

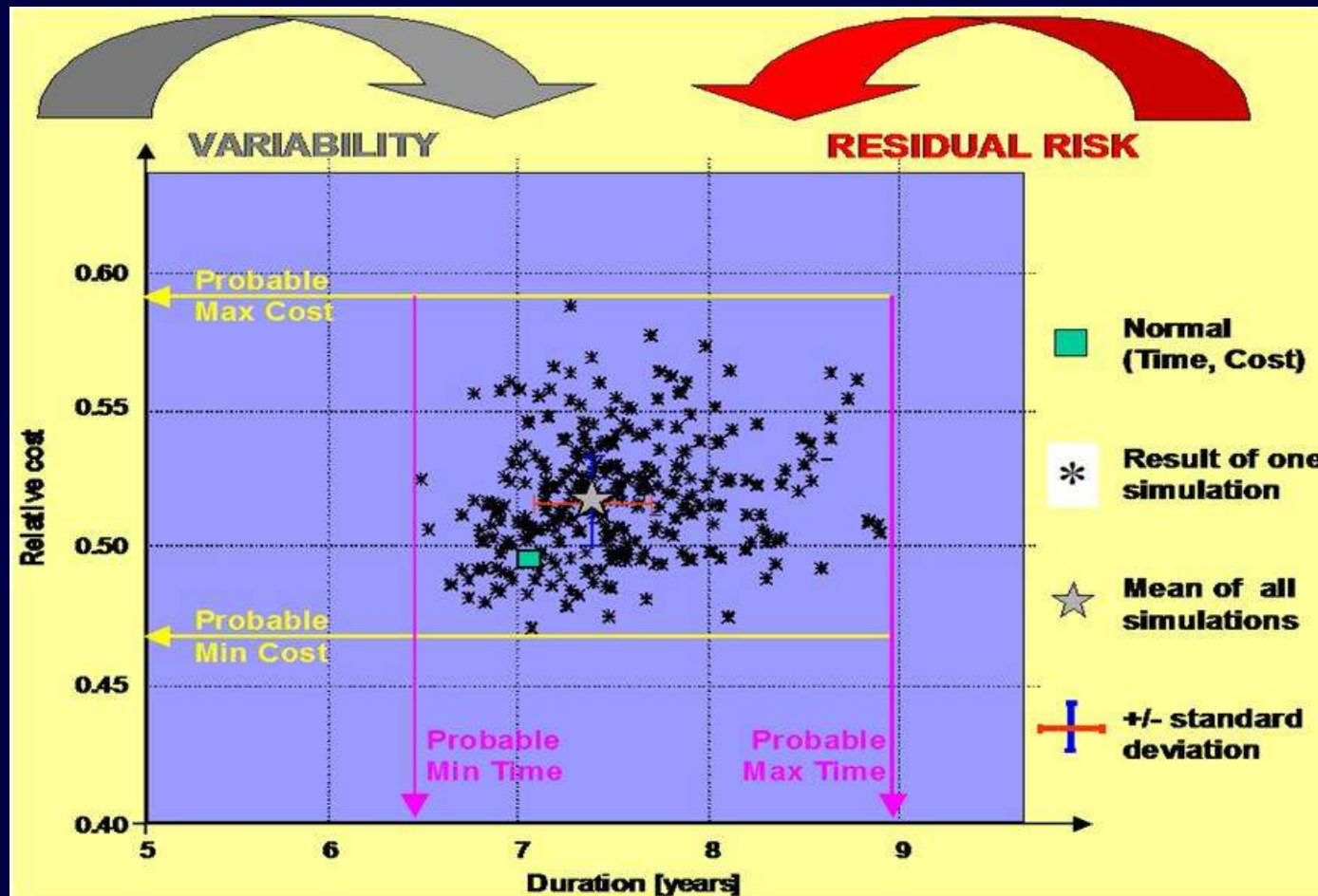
Tabela 4-4: visualização das probabilidades de ocorrência para as criticidades geológico-geotécnicas.

CRITICIDADE	Turf.	Solos colap.	Solos expans.	Subsistência cárstica	Inundação	Movim. de massa	Proc. Eros.	Cavas de areia	
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	
OBRAS	ATERRO	2	2	2	1	2	2	1	3
	CORTE	2	1	1	1	3	2	1	2
	PONTE / VIADUTO	1	1	1	1	1	3	1	1
	AT-GRADE	2	2	1	1	2	2	1	3

Tabela 4-5: visualização dos impactos nas obras, das criticidades geológico-geotécnicas.

ANÁLISE DE RISCO – CUSTOS – PRAZOS

Custo relativo e tempo de duração da obras,
identificada de forma mais precisa pela Análise de Riscos.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PROPORCIONARAM AO TAV:
 - OTIMIZAÇÃO DO TRAÇADO DA FERROVIA
 - ESTIMATIVA DA VIABILIDADE DE CUSTOS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA
 - SUBSÍDIOS INICIAIS PARA PROJETO BÁSICO
- A METODOLOGIA DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EM 3 ETAPAS, SE MOSTROU ADEQUADA E EFICIENTE A PRAZOS E RESULTADOS
- RECOMENDAM-SE ESTUDOS GG MAIS DETALHADOS E FOCADOS NAS ESTRUTURAS CIVIS DA FASE PROJETO BÁSICO, COMO FORMA MAIS EFETIVA DE MINIMIZAÇÃO DE RISCOS NAS FASES DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA FERROVIA DE ALTA VELOCIDADE
- OS RESULTADOS APONTAM PARA OTIMIZAÇÕES DO TRAÇADO, NA FASE DE PROJETO BÁSICO DO TAV BRASIL

Nos CGMs de Mar de Morros, o traçado do TAV Brasil teve o grade rebaixado, proporcionando a adoção de solução de engenharia em sequência de túneis e viadutos



Gerenciamento de Riscos Geológicos do TAV

- Risco sísmico induzido
 - Correlação chuvas x deslizamentos
 - Índices de alerta para o PGR - Plano de gerenciamento de riscos
 - Modelagem tectônico – estrutural
 - Hidrogeologia
- Interferências SIG (existentes e planos):
 - Dutovias
 - LT
 - Rodovias
 - Ferrovias
 - Mineração (areia, brita, outros)



“Nenhum projeto é livre de risco.

O risco pode ser gerido, minimizado, partilhado,
transferido ou aceito.

Não pode ser ignorado.”

(Latham, 1994. Construction the Team, Final Report of the government/ Industry review of procurement and contractual arrangements in the construction industry, HSMO, London.)

Conhecimento GG proporciona mitigação de riscos



WWW.TAVBRASIL.GOV.BR
WWW.CPRM.GOV.BR

