

 		Código RT-06-116/SP-344-0-G01/901	Revisão 0
Lote : 06		Rodovia : BR-116 RODOVIA RÉGIS BITTENCOURT	Emissão 30/03/2012 Folha 01 de 33
Trecho : SÃO PAULO - CURITIBA Duplicação da Serra do Cafezal - km 343+780 ao km 362+900		Projetista: 	
Objeto : ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS INICIAIS		Concessionária: Autopista Régis Bittencourt ANTT:	

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

Observação:

0	30/03/2012	Carlos Yukio Suzuki		
Rev.	Data	Firma Projetista	Concessionária	ANTT

FIRMA PROJETISTA: **PLANSERVI Engenharia Ltda.**

Nº INTERNO: PLS-RT-06-116/SP-344-0-G01/901

Rev.: 0

ÍNDICE

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	2 de 33

ÍNDICE

1.	APRESENTAÇÃO.....	3
2.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	3
3.	METODOLOGIA DE TRABALHO	4
4.	ASPETOS GEOMORFOLÓGICOS REGIONAIS	5
5.	ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS.....	6
6.	MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE SUPERFÍCIE	8
7.	CONDICIONANTES DE PROJETO.....	12
7.1	ATERROS	13
7.2	CORTES	14
7.3	CONTENÇÕES	17
7.4	OBRA DE ARTE ESPECIAL – OAE.....	18
7.5	TÚNEIS	19
8.	ÁREAS DE DEPÓSITO DE MATERIAIS EXCEDENTES	20
9.	ÁREAS DE EMPRÉSTIMO	22
10.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	3 de 33

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório apresenta os estudos geológicos e geotécnicos iniciais realizados para subsidiar o Projeto de duplicação e adequação do traçado da BR-116 - Rodovia Régis Bittencourt, na região da Serra do Cafezal, entre os Municípios de Juquitiba e Miracatu, no Estado de São Paulo, no trecho compreendido entre o km 343+780 e o km 362+900. São apresentados os condicionantes geológico-geotécnicos que podem influenciar as soluções de projeto para as obras da duplicação do trecho. Serão descritas as obras previstas, incluindo taludes de cortes, plataformas de aterro, muros de contenção, fundações de OAE's e OAC's e túneis.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de interesse está localizada no trecho entre o km 343+780 e o km 362+900 da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116). Esse trecho da Serra do Mar é conhecido como Serra do Cafezal e está situado entre os Municípios paulistas de Miracatu, a sudoeste, e Juquitiba, a nordeste.

O referido trecho atualmente conta com pista simples, com uma faixa de tráfego no sentido Curitiba, além de trechos sem acostamentos. No sentido São Paulo, tem-se duas faixas de tráfego com trechos sem acostamentos.

O detalhe da área de abrangência do traçado é apresentado na figura a seguir.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	4 de 33

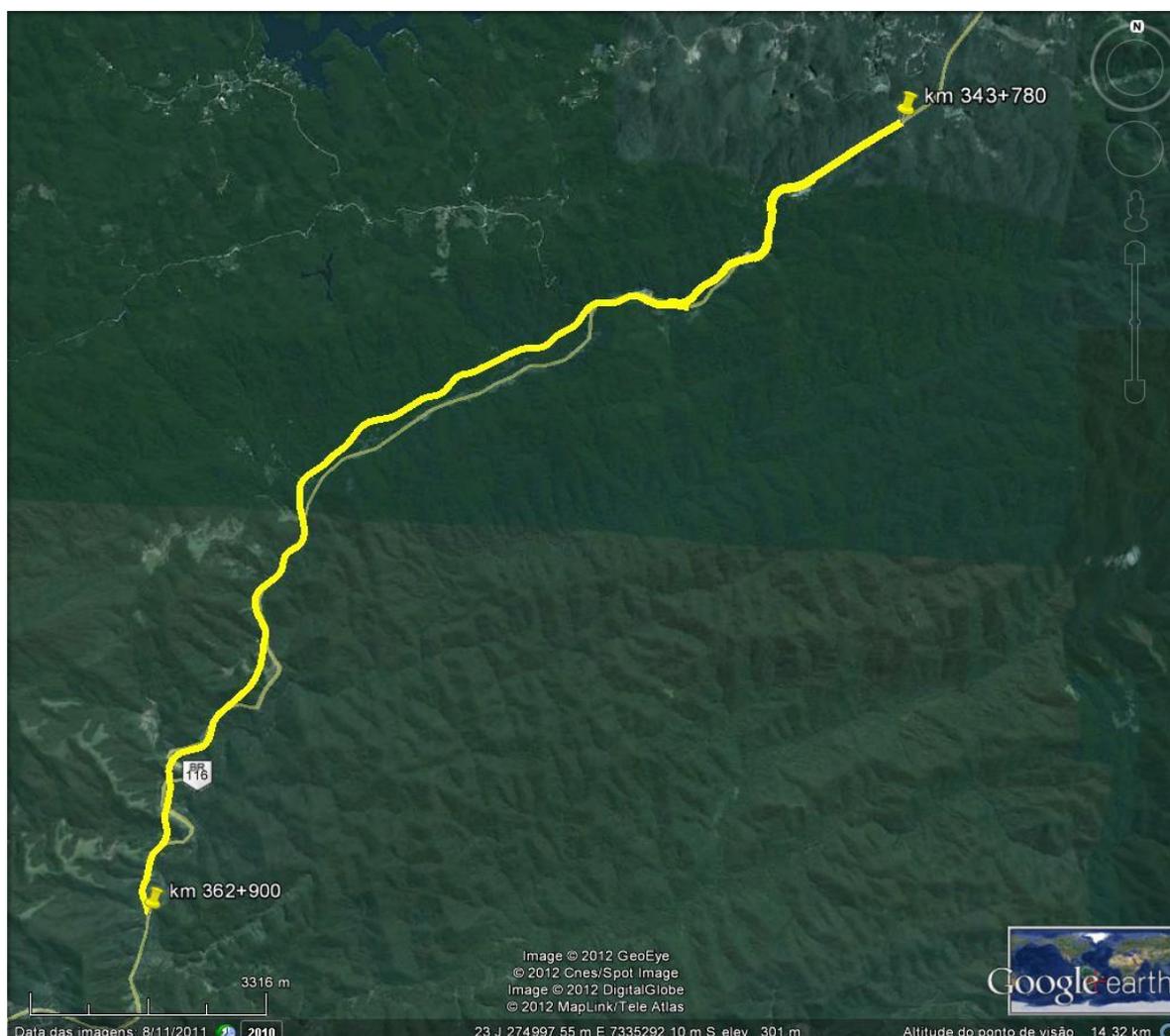


Figura 1 – Área de abrangência do trecho da Serra do Cafezal na Rodovia Régis Bittencourt – BR-116, entre o km 343+780 e 362+900 (extraído e adaptado de Google Earth).

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica em busca de informações geológicas e geomorfológicas da área de estudo, permitindo o conhecimento prévio da evolução geológica da região. Como fonte inicial, foram consultados os mapeamentos geológico e geomorfológico do Estado de São Paulo, em escalas 1:500.000 e 1:1.000.000, emitidos pelo IPT (Bistrichi *et al.* 1981¹ e Ponçano *et al.* 1981², respectivamente).

Em seguida, foram realizadas vistorias técnicas de campo a fim de identificar as condições geológico-geotécnicas que pudessem interferir no projeto. A partir do levantamento de campo foi possível descrever as unidades geológicas ocorrentes, obter medidas estruturais de foliações e fraturas, realizar registro fotográfico e a identificação de áreas de ocorrência de solos moles, corpos de tálus e colúvio, e demais aspectos geotécnicos relevantes. O mapeamento da região foi auxiliado pela execução de sondagens à percussão e rotativas.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	5 de 33

4. ASPETOS GEOMORFOLÓGICOS REGIONAIS

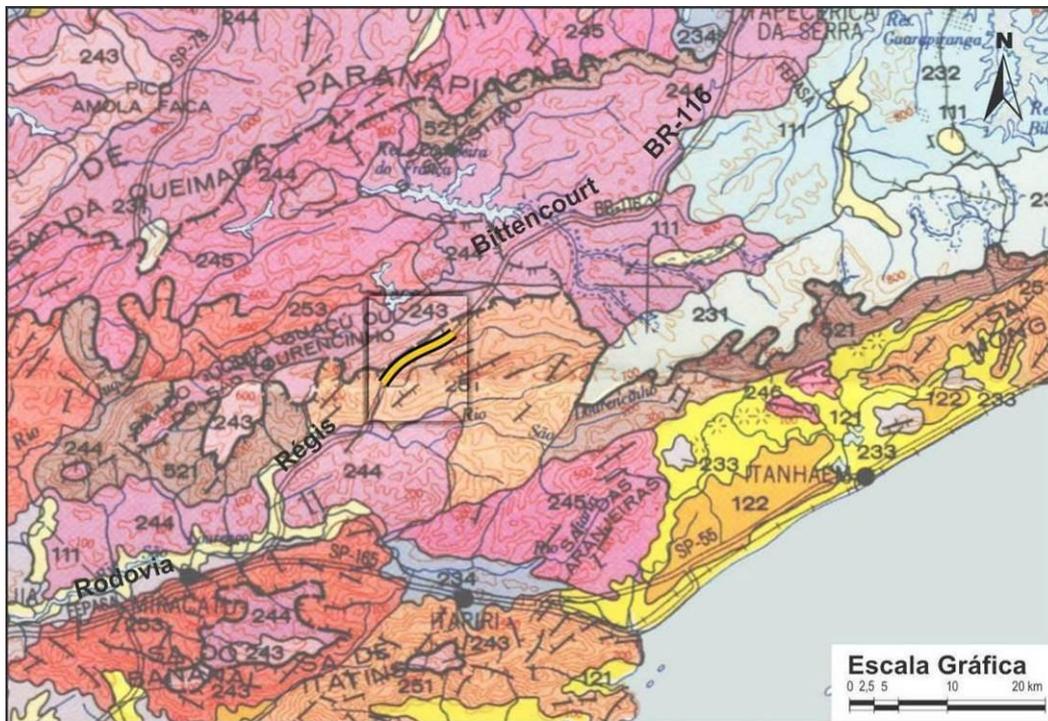
A área de interesse está situada na Província Geomorfológica Costeira (**Figura 2**), zona geomorfológica da Serrania Costeira, nos domínios das subzonas Planaltos Interiores e Serra de Paranapiacaba (Ponçano *et al.* 1981)¹. A região abriga uma densa rede de drenagens cujos leitos principais acompanham o traçado da Rodovia Régis Bittencourt, condicionando a presença de depósitos quaternários em planícies aluvionares, principalmente na porção sul da área de estudo, onde o relevo mais brando favorece a maior extensão das planícies. No restante da área, o Ribeirão do Braço Grande e os cursos d'água associados, ocorrem em vales fechados encaixados no relevo acidentado e condicionados pela geologia estrutural da área, acompanhando o traçado atual da rodovia.

As formas de relevo denudacionais são caracterizadas por planaltos dissecados com entalhamento das drenagens em sistemas de morros e serras alongadas. Assim, podem ser distinguidos dois sistemas de relevo distintos na área de estudo: relevo de degradação em planaltos dissecados na forma de mar de morros e relevo montanhoso com serras alongadas, segundo critérios definidos por Ponçano *et al.* (1981)¹.

Na porção a noroeste do trecho de estudo, predomina relevo de mar de morros com topos arredondados e altas declividades, além de amplitudes entre 100 e 300 m. O sistema de drenagem é de alta densidade, ocorre com padrão dendrítico a retangular em vales abertos a fechados gerando planícies aluvionares interiores pouco desenvolvidas. A topografia é sustentada por intrusões graníticas e caracterizada por densa cobertura vegetal nativa.

No restante da área de estudo, predomina relevo de serras alongadas de topos angulosos, vertentes ravinadas e altas declividades com amplitudes acima de 300 m. O sistema de drenagem é de alta densidade e ocorre com padrão paralelo em vales fechados. O relevo é sustentado por rochas do embasamento pré-cambriano referentes ao Complexo Embu.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	6 de 33



Legenda

Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados

Relevo Montanhoso: (predominam declividades médias a altas - acima de 15% - e amplitudes locais acima de 300 metros).

251 Serras alongadas: Topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos, por vezes abruptas. Drenagem de alta densidade, padrão paralelo pinulado, vales fechados.

Relevo de Morros: (predominam declividades médias a altas - acima de 15% - e amplitudes locais de 100 a 300 metros).

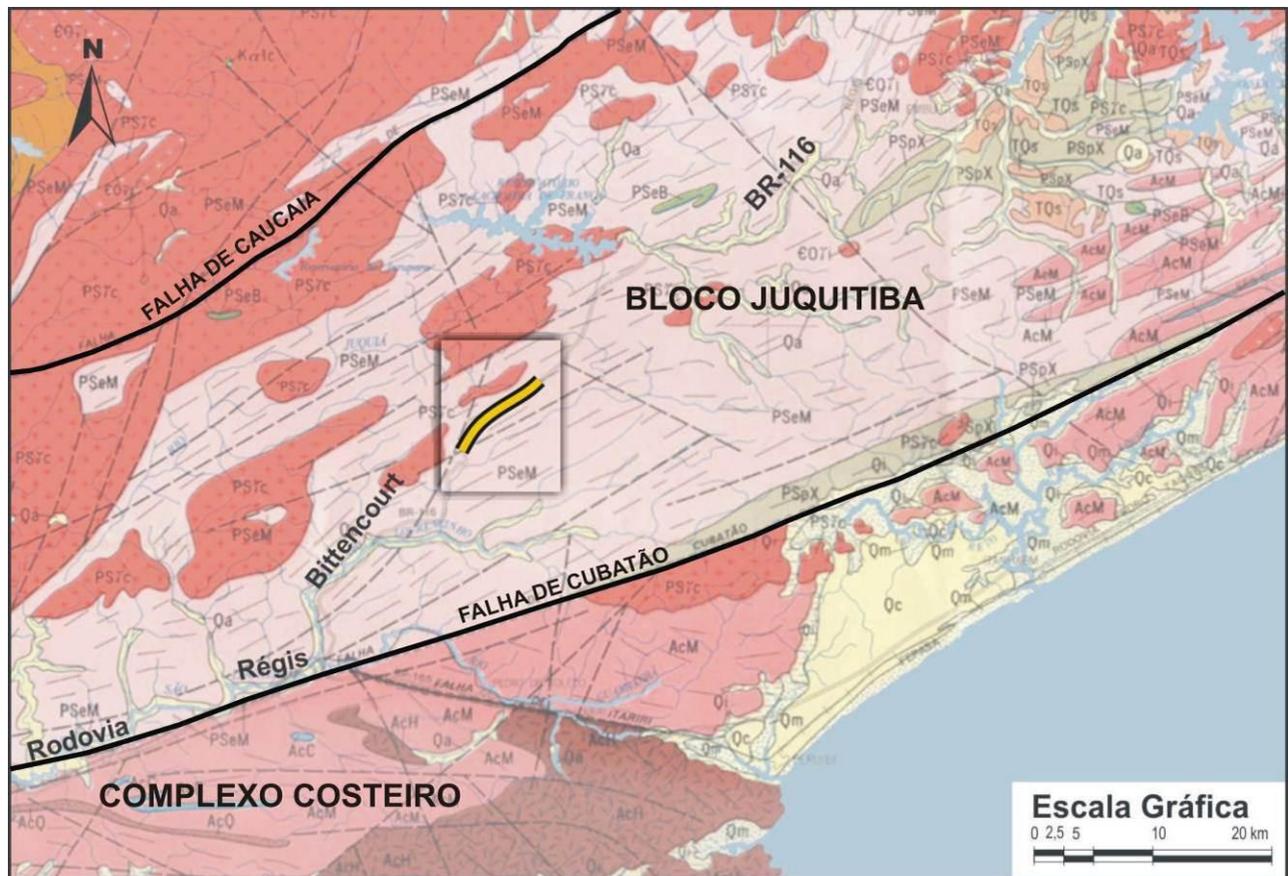
243 Mar de morros: Topos arredondados, vertentes com perfis convexos e retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a retangular, vales abertos a fechados, planícies aluvionares interiores desenvolvidas. Constitui geralmente um conjunto de formas em "meia-laranja".

Figura 2 – Contexto geomorfológico da área de abrangência do projeto (extraído e adaptado do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000, Ponçano *et al.* 1981)².

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

A área de estudo está inserida no contexto geológico do Bloco Juquitiba (Hasui *et al.* 1975)³ pertencente ao Conjunto Paranapiacaba do Cinturão de Dobramentos Ribeira (Almeida *et al.* 1973 *apud* Martin 2000)⁴. O Bloco Juquitiba é limitado, a norte e a sul, por falhas transcorrentes de expressão regional e direção NE-SW (Figura 3). A norte, a Falha de Caucaia separa tectonicamente o Bloco da Faixa de Dobramentos Ribeira. Já o Complexo Costeiro a sul é separado pela zona de cisalhamento de Cubatão.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	7 de 33



Legenda

Pré-Cambriano

Complexo Embú

PSeM PSeM: Migmatitos heterogêneos de estruturas variadas, predominando estromatitos de paleossoma xistoso, gnáissico ou anfibolítico; migmatitos homogêneos variados predominando os de natureza homofânica, oftalmítica e facoidal com ocorrência subordinada de corpos metabásicos.

Figura 3 – Contexto geológico da área de estudo (extraído e adaptado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, Bistrichi *et al.* 1981¹).

O Bloco Juquitiba é formado por rochas que representam o embasamento gnáissico-migmatítico, os Grupos São Roque e Serra do Itaberaba, intrusões graníticas sin-tectônicas e os sedimentos cenozóicos das bacias de São Paulo e de Taubaté no contexto do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini 1989)⁵. O embasamento pré-cambriano é constituído pelo Complexo Costeiro, Complexo Embu e Complexo Amparo. Sobrepostas a estes, as rochas supracrustais referentes aos Grupos São Roque e Serra do Itaberaba também compõe o embasamento cristalino pré-cambriano da região em relação aos sedimentos fanerozóicos. As suítes graníticas intrusivas datam do Neoproterozóico sendo contemporâneas aos eventos tectônicos da região e também representam parte do embasamento da área.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	8 de 33

O Complexo Costeiro é formado por migmatitos, gnaisses graníticos porfiroblásticos milonitizados, biotita gnaisses e gnaisses peraluminosos. O Complexo Amparo (Bistrichi *et al.* 1981)⁴ possui gnaisses em parte migmatizados, rochas metassedimentares, além de rochas calcissilicáticas e anfibolitos.

Complexo Embu (Hasui & Sadowski, 1976)⁶ constitui a unidade predominante na área de estudo e corresponde a gnaisses, migmatitos e migmatitos com inclusões de micaxistos com granada, filitos e lentes de quartzito, anfibolitos e rochas calcissilicáticas de idade proterozóica ainda pouco precisa. Os xistos ocorrem intercalados aos migmatitos e gnaisses, conferindo ao maciço rochoso uma estruturação gnáissica ou xistosa. Na área de estudo, os litotipos estão associados a uma complexa calha sinclinal de direção NE – SW. O contato entre as porções migmatíticas/gnáissicas e xistosas podem ser bruscos ou gradativos, o que torna a delimitação das unidades bastante difícil.

As suítes graníticas observadas na área de abrangência do estudo estão relacionadas a Fácies Cantareira de idade pré-cambriana e caráter sin-tectônico. São compostas por corpos alongados segundo direção NE-SW e caracterizados por rochas foliadas de granulação fina a média, cor cinza, por vezes com textura porfirítica e composição granítica a granodiorítica. Estes corpos são limitados por falhas regionais no geral subverticais e lineamentos observados em fotos aéreas.

Nos sopés das encostas dos morros e serra, podem ser encontrados corpos de tálus de pequena expressão, associados a talvegues. São constituídos por blocos angulosos de dimensões centimétricas a métricas em matriz silto-arenosa. Ao longo dos cursos d'água da região tem-se depósitos quaternários com sedimentos inconsolidados compostos predominantemente por areia, seixos e cascalho. Ao longo das drenagens, principalmente quando encaixadas nos morros e serras, tem-se presença constante de blocos rolados. Quedas d'água são frequentes uma vez que os rios ocorrem encaixados em falhas e fraturas ortogonais a oblíquas aos planos de foliação da rocha.

O conjunto de rochas metamórficas pré-cambrianas possui longo período evolutivo durante o Proterozóico tendo sido submetido a diversas fases de deformações e eventos tectono-metamórficos que originaram dobramentos e falhamentos de grande escala, além de foliação mineral e bandamentos gnáissicos nas rochas. As falhas transcorrentes dextrais subverticais, de expressão regional, que limitam o terreno e implicam em um padrão anastomosado, correspondem a zonas de cisalhamento com milonitização associada que controlam a colocação de granitos neoproterozóicos. As suítes de rochas granitóides, por vezes gnaissificadas e milonitizadas, caracterizam corpos intrusivos de caráter sin-cinemático em relação à atividade tectônica ao longo das zonas de cisalhamento. Estas rochas apresentam maior competência e dificultam a ação intempérica, divergindo das características principais apresentadas pelos metassedimentos.

6. MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE SUPERFÍCIE

A partir dos dados obtidos na área de estudo, foi possível identificar três unidades geológicas principais: depósitos aluvionares, micaxistos e gnaisses migmatizados, por vezes cisalhados. Além disso, foram identificados trechos com capeamentos de colúvio e tálus.

Os depósitos aluvionares são encontrados ao longo das drenagens e nas planícies de inundação das mesmas, nas cotas mais baixas. São constituídos por areia média a grossa, cascalhos e seixos como observado ao longo do leito do Ribeirão do Braço Grande e seus afluentes (**Foto 1**). Na porção norte da área, o rio ocorre encaixado em zonas de falhas e fraturas por vezes ortogonais à foliação da rocha

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	9 de 33

encaixante. Na porção sul, o vale é aberto e a planície de inundação torna-se mais abrangente (**Foto 2**). Por vezes, tem-se argila pouco siltosa com matéria orgânica, cor cinza escura.

Nas regiões próximas às drenagens, nos sopés dos morros íngremes e, muitas vezes, à beira da Rodovia Régis Bittencourt - BR-116 foram identificados horizontes de colúvio de espessura métrica (até 4 m) com seixos de gnaiss, micaxisto e veios de quartzo, além de detritos vegetais. O material é heterogêneo e composto por argila silto-arenosa a silte arenoso pouco argiloso, cor amarela, roxa e marrom clara (**Foto 3**).

Ao longo do traçado atual, tem-se plataformas de aterro (**Foto 4**) compostas por silte arenoso a argilo-arenoso, com entulhos e pedregulhos grossos, cor marrom. Os valores de N_{spt} entre 7 e 17 golpes/30 cm, indicam solo pouco a mediamente compacto. À beira da rodovia, foram por vezes observados blocos gnaiss e micaxisto depositados sobre plataformas de aterro ou corte (Foto 5). Depósitos de talus preenchem talvegues e são compostos por material heterogêneo com matacões, blocos angulosos e seixos de rocha (micaxisto e migmatito) em meio a solo silto-arenoso (**Foto 6**).

A área de abrangência do projeto está, em sua totalidade, inserida no contexto geológico do Complexo Embu, sendo que no extremo leste ocorre o domínio dos micaxistos e, no restante da área, gnaisses e migmatitos. O contato tectônico entre as unidades é encoberto e foi inferido na região da estaca 17327, já que a partir daí passaram a ser observados matacões e cortes em gnaiss biotítico a bandado, são a alterado.

O micaxisto apresenta-se, na maior parte da área, alterado, com veios de quartzo e foliação segundo direção E-W a NE-SW com mergulho subvertical. O solo de alteração da rocha é constituído por silte areno-argiloso a pouco argiloso, micáceo, cor marrom escuro a roxo variegado e apresenta estrutura reliquiar (**Foto 7**). Os valores de N_{spt} aumentam com a profundidade. Esse material, assim como o micaxisto alterado mole, corresponde a material de 1ª a 2ª Categorias de escavação.

Os gnaisses e migmatitos apresentam foliação com planos de direção E-W a NE-SW e mergulho acima de 60° a subvertical, para sudeste predominantemente (**Foto 8**). No geral, ocorrem muito fraturados, sendo fraturas abertas e de paredes rugosas e oxidadas indicando percolação de água. As fraturas ocorrem com direções variáveis (NE-SW, NW-SE, E-W) e mergulho de 50 a 75° para sudeste ou sudoeste.

Na maior parte da área, aflora rocha alterada mole com capeamento de solo de alteração de rocha que pode variar de poucos metros até mais de 20 m de espessura com ocorrência de matacões. A alteração do gnaiss leva à formação de silte arenoso micáceo, com caulim nas porções mais quartzosas, cor cinza. A alteração das bandas mais xistosas (micáceas) forma silte arenoso pouco argiloso a argiloso, cor roxo a marrom. Apresenta-se mediamente compacto à impenetrável à percussão com trechos muito compactos intercalados. São também encontrados blocos e matacões de rocha sã de forma esparsa. Esses blocos podem constituir depósitos acumulados em encostas cortadas quando da primeira construção da Rodovia ou representar a alteração do maciço com isolamento de blocos em meio ao solo de alteração. Próximo às zonas de cisalhamento e falhas, tem-se migmatito que altera para silte arenoso pouco argiloso, micáceo, marrom a roxo. Quando são, apresenta granulação fina a média, estrutura anastomosada e foliação com mergulho entre 40 e 60° a subvertical para sudeste.

O solo de alteração e a rocha alterada mole correspondem a materiais de 1ª a 2ª categorias de escavação, enquanto o gnaiss e o migmatito são correspondem a materiais de 3ª categoria.

Código: RT-06-116/SP-344-0-G01/901	Revisão: 0	Emissão: 30/03/2012	Folha: 10 de 33
---------------------------------------	---------------	------------------------	--------------------



Foto 1 – Drenagem a beira da rodovia, a direita da pista sentido Curitiba, porção norte do trecho. Nota-se a presença de blocos e seixos. Estaca 17340.



Foto 2 – Ribeirão do Braço Grande à beira da rodovia, à direita da pista sentido São Paulo em trecho a sul do traçado, próximo ao km 363 da BR-116. Presença de sedimentos arenosos e seixos.



Foto 3 – Detalhe do talude de solo coluvionar, textura argilosa com pequenos fragmentos de micaxisto e restos vegetais. Estaca 17244.



Foto 4 – Plataforma de aterro à direita da pista sentido São Paulo da BR-116. Estaca 18020.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	11 de 33



Foto 5 – Blocos de gnaiss sobre plataforma de aterro à beira da pista sentido Curitiba da BR-116. Estaca 17644.



Foto 6 – Detalhe de blocos angulosos de gnaiss e migmatito sob camada centimétrica de solo vegetal. Estaca 17377.



Foto 7 – Solo de alteração de micaxisto com estrutura reliquia subvertical (silte arenoso pouco argiloso, micáceo, roxo variegado). Estaca 17851.

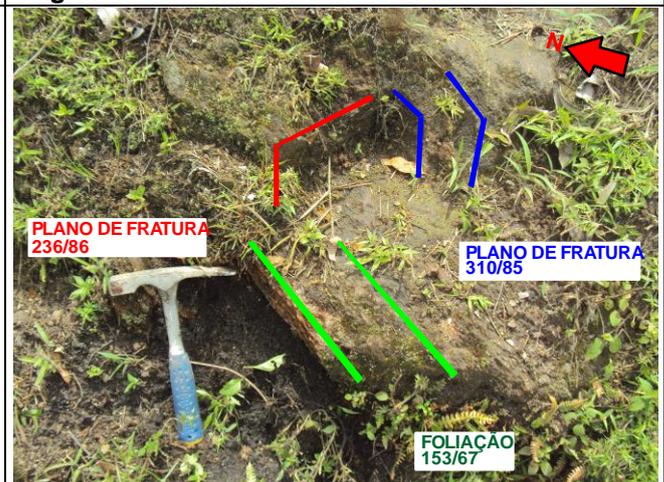


Foto 8 – Gnaiss biotítico foliado e fraturado, à beira da pista sentido São Paulo. Estaca 17302.

A partir das medidas dos planos de fratura e foliação (xistosidade), foi confeccionado o estereograma de frequência dos pólos dos planos medidos, indicado na **Figura 4**, com o auxílio do *software* Dips (2004⁷). Nessa figura, foi inserida direção média da pista projetada, cerca de N40E. Observando o estereograma obtido, nota-se que os pólos estão concentrados nos quadrantes noroeste e sudeste, ou seja, os planos possuem direção NE-SW com ângulo de mergulho no geral acima de 60°, variando para noroeste ou sudeste. Além disso, têm-se planos NW-SE com mergulho alto para sudoeste cujos polos estão concentrados no quadrante nordeste. Estes planos representam fraturas, uma vez que a foliação possui direção regional NE-SW. A direção da pista atual e a prevista no projeto de duplicação coincidem com a direção principal das estruturas das rochas (micaxistos e gnaisses). Os planos de fratura e foliação ocorrem subparalelos ao eixo da rodovia, com mergulhos variando para as duas margens da pista. Este fato pode ser visualizado no mapa geológico apresentado na **Figura 3**. Com isso, os cortes e contenções dos dois lados da pista podem estar sujeitos a estruturas desfavoráveis.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	12 de 33

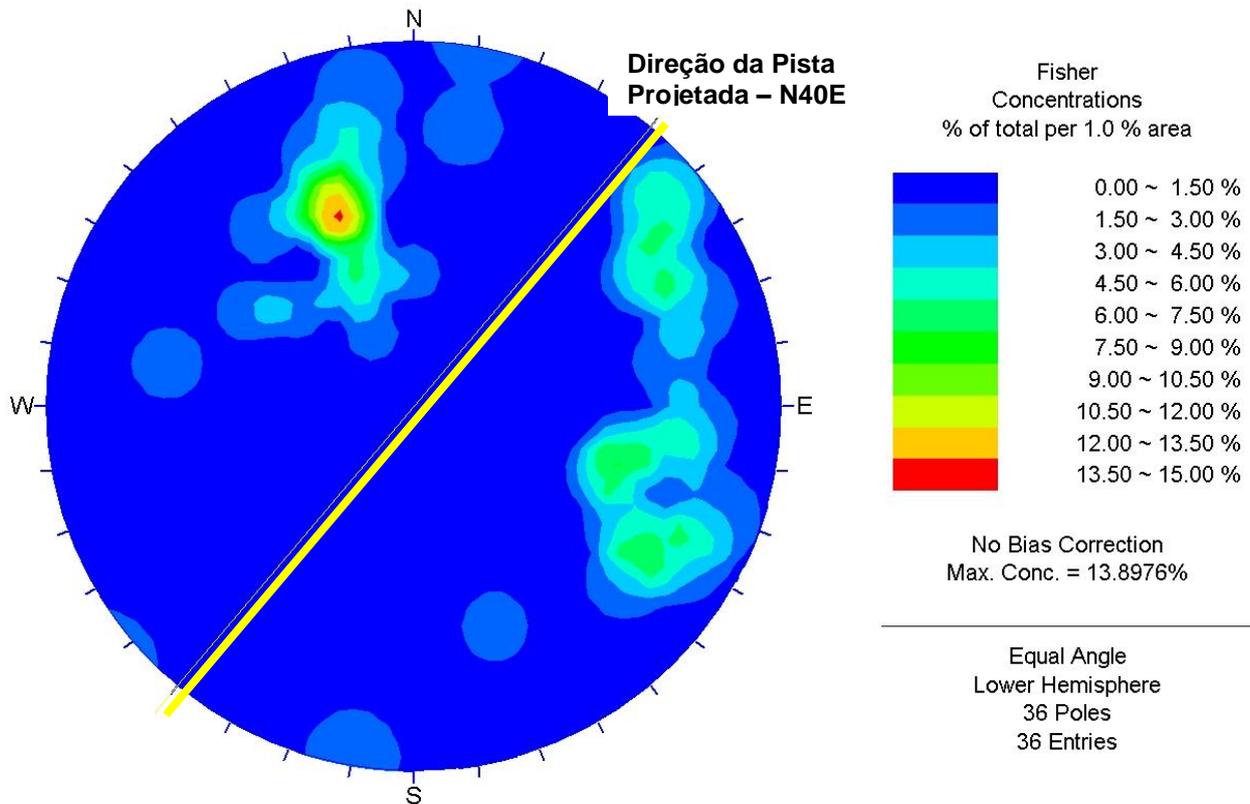


Figura 4 – Estereograma de frequência das descontinuidades medidas na área de estudo.

7. CONDICIONANTES DE PROJETO

O traçado atual da Rodovia Régis Bittencourt – BR-116, no trecho da Serra do Cafezal, é fortemente condicionado pelo relevo da região. A pista é sinuosa apresentando uma direção geral aproximada NE-SW, acompanhando a orientação das estruturas geológicas regionais (falhas e zonas de cisalhamento). Nesses lineamentos estão encaixados os principais cursos d'água observados, como o Ribeirão do Engano e Ribeirão do Braço Grande. As drenagens secundárias ocorrem segundo a direção de fraturas e falhamentos secundários, no geral, ortogonais à rodovia sendo observadas galerias, bueiros e passagens sob a pista a fim de drenar o fluxo de água que desce dos morros e serras ao longo do trecho.

O traçado segue inicialmente paralelo à pista existente. No Km 346+400 a pista descola da existente e o traçado caminha à direita do Rio Ribeirão do Engano até o Km 347+500, onde volta a seguir paralela à pista atual. Até este ponto, a duplicação implica na execução de aterros, cortes, contenções de corte e aterro e viadutos. No Km 348+360, inicia-se o primeiro túnel pelo lado esquerdo da pista atual, desembocando do lado direito e afastada da pista existente. A pista passa a caminhar a uma distância entre 100 e 300m da pista atual. A pista projetada volta a caminhar paralelamente à existente do Km 353+700 ao Km 355+800. No trecho final, do Km 355+900 ao Km 360+500 o traçado cruza a pista existente 4 vezes numa sucessão de 3 túneis e viadutos, resultando um traçado menos sinuoso e íngreme.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	13 de 33

A seguir, são apresentadas as obras previstas e descritas as principais características e fatores condicionantes de projeto decorrentes das propriedades dos solos e rochas, preliminarmente mapeados, e da geomorfologia da área de intervenção.

7.1 ATERROS

Os aterros previstos possuem alturas máximas variadas, de menos de 2 m até cerca de 30 m. No geral, as obras mais baixas foram projetadas sobre áreas que já correspondem a plataformas de aterro (argila silto-arenosa com entulho) ou com presença de solo de alteração de rocha (micaxisto ou gnaisse) compacto aflorando em superfície. Já os aterros de maior extensão e altura expressiva estão associados ao vale do Ribeirão do Engano.

O eixo previsto, até a estaca 17688 aproximadamente, está localizado à direita da pista atual da BR-116, sentido Curitiba, a oeste do leito do Engano. Assim, o lado esquerdo da pista projetada está em desnível por conta do vale encaixado em uma falha geológica regional. Nessas áreas, têm-se aterros de grandes alturas.

Em áreas de aterro próximas a fundos de vale e drenagens, podem ocorrer sedimentos quaternários inconsolidados, no geral arenosos e com blocos carreados pela água. Sobre os talvegues e encostas, tem-se solo vegetal sobre residual e solo de alteração de gnaisse ou micaxisto caracterizado por silte arenoso a pouco argiloso, micáceo, por vezes com caulim, podendo ocorrer blocos e matações em meio ao solo. Nas drenagens que cruzam a pista projetada, será necessário a construção de galerias e bueiros.

A tabela a seguir apresenta os aterros previstos no traçado atual projetado com a sua localização e altura máxima.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	14 de 33

ESTACA		LADO	ALTURA MÁX. (m)
INICIAL	FINAL		
17192+0,00	17210+0,00	DIREITO	10,53
17244+0,00	17247+0,00	DIREITO	4,80
17260+10,00	17262+10,00	DIREITO	3,20
17266+0,00	17267+0,00	DIREITO	4,20
17279+0,00	17285+0,00	ESQUERDO	6,70
17295+0,00	17300+0,00	ESQUERDO	16,52
17324+10,00	17331+0,00	DIREITO	9,71
17304+0,00	17308+0,00	ESQUERDO	6,31
17222+14,00	17228+0,00	DIREITO	7,80
17308+0,00	17311+0,00	DIREITO	1,62
17438+0,00	17444+0,00	DIREITO/ESQUERDO	21,21
17445+0,00	17448+0,00	DIREITO/ESQUERDO	17,73
17463+10,00	17474+10,00	ESQUERDO	16,53
17476+0,00	17496+10,00	DIREITO/ESQUERDO	26,05
17510+0,00	17520+10,00	DIREITO/ESQUERDO	6,46
17536+10,00	17544+0,00	DIREITO/ESQUERDO	22,08
17565+0,00	17580+8,00	ESQUERDO	32,00
17572+0,00	17578+0,00	DIREITO	10,05
17587+8,00	17593+7,00	ESQUERDO	29,86
17605+0,00	17614+0,00	ESQUERDO	16,00
17608+0,00	17612+7,00	DIREITO	3,20
17728+14,00	17735+0,00	DIREITO/ESQUERDO	6,19
17743+3,00	17745+0,00	DIREITO	2,75
17748+8,00	17749+13,00	DIREITO	1,97
17754+0,00	17757+0,00	DIREITO	6,29
17968+12,00	17972+13,00	DIREITO/ESQUERDO	2,93
17989+10,00	17990+10,00	ESQUERDO	2,34
18003+0,00	18025+10,00	ESQUERDO	15,82

Tabela 1 – Tabela resumo dos aterros previstos no trecho da Serra do Cafezal entre os km 343+780 e km 362+900.

7.2 CORTES

O traçado apresentado prevê a execução de cortes baixos até expressivos em encostas de morros de altas declividades. As alturas dos cortes chegam a atingir mais de 40 m.

Os cortes mais altos estão localizados à direita do eixo, a leste do leito do Ribeirão do Engano, nas encostas de alta inclinação da serra e talvegues onde podem ocorrer antigos depósitos de tálus. Tais corpos podem gerar instabilidade no talude, devido à presença de blocos e matacões soltos.

Para taludes com presença de matacões em meio ao solo de alteração de rocha, deve ser estudada a estabilidade dos blocos para a adoção de medidas de contenção como atirantamento dos blocos e revestimento de concreto projetado ou ainda, a possibilidade de desmonte dos mesmos.

Em alguns trechos afloram blocos de micaxisto em meio ao solo de alteração associado a Rocha Alterada Mole *in situ*, foliada e fraturada, de 2ª Categoria de escavação. Nesses trechos, tem-se

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	15 de 33

foliação com mais de 65° de inclinação e direção aproximada NE-SW variando para E-W. É importante ressaltar que tanto as rochas gnáissicas como o micaxisto, encontram-se muito alterados sendo observado, com frequência, o solo de alteração micáceo, com caulim e estruturas reliquias preservadas. Tais estruturas, bem como a presença de fraturas em rocha, podem constituir planos de instabilidade para formação, deslizamento, isolamento e queda de blocos. O tratamento recomendado deve ser localizado com aplicação de concreto projetado e placas de concreto atirantadas.

Considerando-se as dimensões dos cortes e as condições geológicas e geomorfológicas, deverão ocorrer serviços de escavação em material de 3ª. Categoria com necessidade de utilização de explosivos.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	16 de 33

ESTACAS		LADO	DIREÇÃO DO CORTE	ALTURA MÁX. (m)
INICIAL	FINAL			
17179+10,00	17207+0,00	ESQUERDO	N50E	20,21
17210+0,00	17223+0,00	DIREITO	N40E	14,04
17231+0,00	17246+0,00	DIREITO	N55E	20,63
17247+0,00	17259+10,00	DIREITO	N50E	12,94
17262+10,00	17266+0,00	DIREITO	N70E	16,58
17273+0,00	17280+0,00	ESQUERDO	N-S	27,11
17282+0,00	17288+0,00	ESQUERDO	N-S	13,31
17293+15,00	17295+8,00	ESQUERDO	N-S	6,40
17331+10,00	17344+10,00	ESQUERDO	N40E	9,85
17342+14,00	17345+0,00	DIREITO	N50S	6,30
17365+7,00	17370+6,00	ESQUERDO	N15E	9,78
17379+0,00	17382+0,00	ESQUERDO	N05S	2,68
17373+0,00	17413+0,00	DIREITO	N-S	11,83
17434+0,00	17439+0,00	DIREITO/ESQUERDO	N-S	30,67
17447+5,00	17452+0,00	DIREITO/ESQUERDO	N45E	6,94
17464+13,00	17471+10,00	DIREITO	N65E	31,44
17515+0,00	17531+7,00	DIREITO	N60E	39,90
17520+10,00	17530+17,00	ESQUERDO	N65E	14,88
17544+10,00	17551+0,00	DIREITO	N50E	17,10
17548+5,00	17549+12,00	ESQUERDO	N60E	2,90
17559+10,00	17572+3,00	DIREITO	N45E	19,36
17559+10,00	17565+0,00	ESQUERDO	N50E	3,90
17578+0,00	17592+10,00	DIREITO	N55E	24,00
17580+6,00	17587+8,00	ESQUERDO	N55E	40,04
17606+0,00	17608+0,00	DIREITO	N45E	1,89
17614+0,00	17620+0,00	ESQUERDO	N45E	12,20
17612+10,00	17627+0,00	DIREITO	N30E	28,39
17639+0,00	17651+0,00	DIREITO	N50E	44,10
17642+0,00	17645+9,00	ESQUERDO	N48E	3,98
17646+10,00	17650+10,00	ESQUERDO	N48E	2,25
17653+0,00	17656+18,00	DIREITO	N55E	8,00
17654+17,00	17656+18,00	ESQUERDO	N60E	3,50
17672+0,00	17680+10,00	DIREITO	N-S	43,27
17691+10,00	17693+5,00	DIREITO	N45E	3,54
17735+0,00	17743+3,00	DIREITO/ESQUERDO	N55E	7,76
17745+0,00	17748+8,00	DIREITO	N45E	5,88
17749+13,00	17754+0,00	DIREITO	N50E	10,65
17780+10,00	17792+0,00	DIREITO/ESQUERDO	N10E	5,78
17872+5,00	17879+0,00	DIREITO/ESQUERDO	N45E	22,90
17885+10,00	17898+8,00	DIREITO	N70E	23,10
17893+0,00	17898+8,00	ESQUERDO	N45E	10,92
17993+10,00	17997+10,00	ESQUERDO	N10E	1,12

Tabela 2 – Tabela resumo dos cortes previstos no trecho da Serra do Cafezal entre os km 343+780 e km 362+900 da BR-116.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	17 de 33

7.3 CONTENÇÕES

As contenções de aterro previstas variam de menos de 4 m até cerca de 16 m de altura. A maior parte dessas obras está localizada à direita do eixo projetado, associadas ao vale dos Ribeirões do Engano e Braço Grande, em talvegues e encostas de alta declividade, onde os taludes de aterros disparariam morro abaixo. Também estão previstas contenções de aterro nos encontros de obras de arte especiais. No geral, o terreno de apoio destas contenções são aterros pré-existentes ou cobertura coluvionar. Contenções do tipo solo reforçado, como muro verde e *Terramesh*, que já vem sendo construídas em outros trechos da duplicação, deverão ser estudadas. Neste caso, como aquelas possuem fundação do tipo direta, é necessário avaliar as condições de estabilidade do terreno de apoio. No caso de o terreno de apoio não apresentar capacidade de carga suficiente, soluções estruturais serão estudadas.

As contenções de corte projetadas apresentam alturas entre 2,15 e 18,95 m, variando de cortes de baixa a média/alta complexidade geológica e estrutural. Estão previstas nas encostas de alta inclinação à beira dos vales dos principais cursos d'água da região. A maioria dessas contenções deve atingir solo de alteração de rocha (micaxisto ou gnaisse), com estruturas reliquiares por vezes desfavoráveis ao corte. A presença de blocos angulosos de gnaisse em meio ao solo silto-arenoso pode indicar a existência de um antigo depósito de tálus no talvegue.

A tabela a seguir apresenta as contenções de corte e aterro previstas no traçado atual projetado com sua localização e altura máxima.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	18 de 33

ESTACAS		LADO	TIPO DA CONTENÇÃO	ALTURA MÁX. (m)
INICIAL	FINAL			
17201+0,00	17208+5,00	DIREITO	MURO DE ATERRO	2,16
17273+0,00	17278+0,00	DIREITO	MURO DE ATERRO	3,47
17288+0,00	17294+0,00	ESQUERDO	CONTENÇÃO DE CORTE	12,02
17300+0,00	17305+0,00	ESQUERDO	CONTENÇÃO DE CORTE	12,95
17302+5,00	17308+0,00	DIREITO	MURO DE ATERRO	2,80
17308+10,00	17314+10,00	ESQUERDO	CONTENÇÃO DE CORTE	6,30
17332+0,00	17343+0,00	DIREITO	CONTENÇÃO DE CORTE	18,00
17355+10,00	17358+0,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	3,18
17355+10,00	17360+10,00	DIREITO	CONTENÇÃO DE CORTE	12,20
17364+0,00	17375+0,00	DIREITO	CONTENÇÃO DE CORTE	14,27
17371+0,00	17373+10,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	2,84
17375+10,00	17378+10,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	4,00
17533+17,00	17537+17,00	DIREITO	CONTENÇÃO DE CORTE	7,20
17533+17,00	17534+13,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	4,80
17543+10,00	17548+5,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	2,80
17566+9,00	17579+0,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	4,00
17620+0,00	17625+2,00	ESQUERDO	CONTENÇÃO DE CORTE	2,15
17640+5,00	17642+0,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	4,50
17645+9,00	17646+10,00	ESQUERDO	CONTENÇÃO DE CORTE	7,50
17653+0,00	17654+17,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	4,45
17690+10,00	17693+5,00	ESQUERDO	CONTENÇÃO DE CORTE	18,95
17757+0,00	17764+0,00	DIREITO	CONTENÇÃO DE CORTE	7,22
17791+4,00	17794+10,00	DIREITO/ESQUERDO	MURO DE ATERRO	9,95
17835+13,00	17838+0,00	ESQUERDO	CONTENÇÃO DE CORTE	13,80
17835+13,00	17840+0,00	DIREITO	MURO DE ATERRO	16,20
17838+0,00	17839+8,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	2,60
17886+13,00	17893+0,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	7,20
17958+10,00	17962+17,00	DIREITO	MURO DE ATERRO	8,65
17964+0,00	17975+0,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	4,85
17986+16,00	17989+10,00	ESQUERDO	MURO DE ATERRO	3,04

Tabela 3 – Tabela resumo das contenções de corte e aterro previstas no trecho da Serra do Cafezal entre os km 343+780 e km 362+900 da BR-116.

7.4 OBRA DE ARTE ESPECIAL – OAE

As obras de arte especiais (OAE's) projetadas apresentam extensões entre 40 e 880 m. Ao longo do trecho, têm-se cursos d'água e importantes linhas de drenagem encaixadas em fraturas ou falhas regionais secundárias ortogonais ao eixo previsto, pois as nascentes estão nos altos dos morros e serras alongados segundo direção NE-SW, que coincide com a orientação geral da BR-116 e do eixo projetado na área. As OAE's são projetadas a fim de transpor essas drenagens, além de vales profundos encaixados onde plataformas de aterro seriam inviáveis tanto em termos executivos quanto ambientais.

A tabela a seguir apresenta as obras de arte especiais (OAE's) previstas no traçado atual projetado com sua localização e extensão.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	19 de 33

ESTACAS		EXTENSÃO (m)
INICIAL	FINAL	
17345+10,00	17355+10,00	204,11
17360+10,00	17365+0,00	86,40
17373+10,00	17375+18,00	45,46
17442+0,00	17446+15,00	99,76
17452+0,00	17464+15,00	258,51
17473+5,00	17477+0,00	77,12
17495+0,00	17510+0,00	299,00
17590+17,00	17533+17,00	60,00
17550+10,00	17559+10,00	178,49
17592+10,00	17606+0,00	268,34
17625+2,00	17640+2,00	301,80
17650+10,00	17653+0,00	40,00
17656+18,00	17673+0,00	324,00
17677+0,00	17690+10,00	270,00
17693+5,00	17737+5,00	881,55
17761+17,00	17787+12,00	516,67
17839+8,00	17872+12,00	665,34
17878+15,00	17886+13,00	58,54
17898+8,00	17902+0,00	71,96
17914+4,00	17935+12,00	419,80
17953+12,00	17958+10,00	92,62
17962+17,00	17968+12,00	120,00
17975+0,00	17986+16,00	228,06
17990+10,00	17993+10,00	60,00

Tabela 4 – Tabela resumo das obras de arte especiais (OAE's) previstas no trecho da Serra do Cafezal entre os km 343+780 e km 362+900 da BR-116.

7.5 TÚNEIS

Está prevista a construção de quatro túneis que foram numerados de 1 a 4, sendo o Túnel 1 localizado mais a sul e o Túnel 4 mais a norte.

O eixo do Túnel 1 está localizado entre as estacas 17936+2,00 e 17952+12,00, possui cerca de 320 m de extensão e eixo aproximadamente N-S. Atravessa um morro alongado segundo direção E-W, sustentado por rochas gnáissico-migmatíticas do embasamento pré-cambriano. A rocha se mostra sã a pouco alterada com planos de foliação inclinados e oblíquos ao eixo a cerca de 30 m de profundidade, sob horizonte de solo de alteração de até cerca de 20 m de espessura, sotoposto a rocha alterada. Famílias de fraturas também são observadas e ocorrem oblíquas a ortogonais ao traçado com mergulhos altos.

O eixo do Túnel 2 está localizado entre as estacas 17902+0,00 e 17914+3,00, possui cerca de 243 m de extensão e eixo aproximadamente N-S. Atravessa área de relevo montanhoso de alta declividade com densa cobertura vegetal. O maciço é sustentado por rochas gnáissico-migmatíticas bandadas, fraturadas e foliadas, referentes ao embasamento pré-cambriano. Os planos de foliação apresentam direção NE-SW, oblíqua ao eixo, e mergulho alto para SE. Já as fraturas ocorrem oblíquas a subparalelas ao túnel, com mergulhos acima de 50°. O topo de rocha sã, no geral, encontra-se entre 20

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	20 de 33

e 30 m de profundidade, sob o solo de alteração do gnaiss e um horizonte de rocha alterada mole com até 10 m de espessura.

O eixo do Túnel 3 está localizado entre as estacas 17794+10,00 e 17835+14,00, possui cerca de 824 m de extensão e eixo aproximadamente NNE-SSW. Atravessa área de relevo montanhoso de alta declividade com densa cobertura vegetal, principalmente na região do emboque sul onde os afloramentos são escassos. Têm-se nascentes no topo do morro e drenagens encaixadas em fraturas e falhamentos secundários de direção NW-SE, oblíqua ao eixo. Próximo ao emboque norte, a beira da pista sentido Curitiba, tem-se grande exposição de gnaiss são, muito fraturado, com porções graníticas de cor cinza claro indicando que o maciço é sustentado por rochas referentes ao embasamento pré-cambriano. Tem-se faixas cisalhadas com formação de foliação milonítica subvertical, oblíqua ao eixo, além de famílias de fraturas oblíquas a ortogonais.

O eixo do Túnel 4 está localizado entre as estacas 17415+10,00 e 17435+10,00, possui cerca de 400 m de extensão e eixo aproximadamente NE-SW. Atravessa a borda de uma serra alongada segundo mesma direção, em área de relevo montanhoso de alta declividade e com densa cobertura vegetal. O maciço é sustentado por rochas gnáissico-migmatíticas bandadas, fraturadas e foliadas, referentes ao embasamento pré-cambriano. Em superfície tem-se solo de alteração silto-arenoso com caulim nas porções mais graníticas e mica nas bandas mais xistosas. Os planos de foliação apresentam direção NE-SW, oblíqua ao eixo, e mergulho alto para SE. Já as fraturas ocorrem oblíquas a subparalelas ao Túnel, com mergulhos acima de 50°.

Para todos os túneis, a escavação deverá ser em rocha, utilizando-se explosivos, com exceção na região dos emboques. A rocha escavada poderá ser posteriormente reaproveitada na obra como agregado, desde que devidamente britada, ou em núcleos de aterros.

Considerando-se a qualidade prevista dos maciços rochosos a serem escavados, tratamentos para estabilização, como pregagens e chumbadores deverão ser utilizados.

8. ÁREAS DE DEPÓSITO DE MATERIAIS EXCEDENTES

Foram vistoriadas em campo áreas potenciais pré-selecionadas para utilização como depósito de materiais excedentes (DME) para as obras de duplicação.

As áreas de depósitos de materiais excedentes são necessárias para o depósito de solos moles removidos de fundos de vale e talvegues, além de materiais de 1ª e 2ª categorias excedentes da compensação volumétrica ao longo do traçado, assim como de materiais provenientes da limpeza do terreno natural a ser executada em toda área de implantação da rodovia.

As áreas vistoriadas ao longo do trecho são descritas na tabela a seguir.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	21 de 33

ÁREA	COORDENADAS DE REFERÊNCIA		LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO DA ÁREA	GEOLOGIA	VOLUME ESTIMADO (m³)	ÁREA (m²)
	UTM N	UTM E					
DME-1	7.338.208,00	275.598,00	km 349 da BR-116, lado esquerdo sentido Curitiba	Antigo bota-fora da rodovia. Presença de vegetação rasteira e árvores baixas esparsas	Argila siltosa pouco arenosa, micácea com entulho, blocos de rocha, marrom a roxa	35.439,00	8.860,00
DME-2	7.338.316,00	275.321,00	km 350 da BR-116, lado esquerdo sentido Curitiba	Antigo área de aterro da rodovia com três platôs entre taludes de 30°. Presença de vegetação rasteira e árvores baixas esparsas	Aterro de argila plástica pouco arenosa a silte argilo-arenoso, micácea, com entulhos e blocos de rocha, marrom a roxo	144.226,00	28.845,00
DME - 1 - km 353	7.336.241,51	271.900,00	km 353 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Terreno plano em área rebaixada em relação à rodovia, em propriedade particular com edificações e postes de energia. Circundada por curso d'água, porções alagadas, presença de matacões, plantação, cobertura vegetal rasteira e árvores médias	Planície aluvial com porções de solo mole argiloso. Presença de blocos e matacões de gnaiss/migmatito e solo de alteração (silte arenoso, micácea, cinza)	15.300,00	2.619,00
DME - 2 - km 353	7.336.259,85	271.800,00	km 353 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Terreno ondulado à beira de morro em área rebaixada em relação rodovia, em propriedade particular. Circundada por curso d'água, possui porções alagadas, blocos e cobertura vegetal densa com árvores de médio a grande porte	Planície aluvial com porções de solo mole argiloso sobre solo de alteração de migmatitos e gnaisses (silte arenoso, micácea, cinza)	21.000,00	4.645,00
DME - 3 - km 353	7.335.702,62	271.167,19	km 353 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Terreno plano à beira de morros com presença de porções alagadas, cursos d'água, edificações, cobertura vegetal rasteira e árvores médias. Propriedade particular com acesso por estrada de terra	Planície aluvial com porções de solo mole argiloso e areias quaternárias. Presença de blocos de gnaiss/migmatito e solo de alteração (silte arenoso, micácea, cinza)	37.100,00	6.504,00
DME - 4 - km 353	7.335.650,03	271.108,78	km 353 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Terreno plano em área rebaixada em relação à rodovia, em propriedade particular com edificação. Circundada por curso d'água, presença plantação e cobertura vegetal rasteira e árvores de médio a grande porte	Planície aluvial com porções de solo vegetal sobre solo de alteração de migmatito/gnaiss (silte arenoso, micácea, cinza)	15.300,00	2.619,00
DME - 5 - km 353	7.335.583,00	271.026,00	km 354 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Propriedade particular com linhas de drenagem que escoam do morro a oeste até a planície aluvial do Ribeirão do Braço Grande que bordejia a área na porção sudeste. Presença de moradia, plantações, vegetação densa variando de rasteira até árvores altas, porções alagadas	Planície aluvial com porções de solo mole argiloso. Solo residual argiloso marrom sobre solo de alteração de gnaiss/migmatito (silte arenoso, micácea, cinza)	198.400,00	23.591,00
DME - 2 - km 354	7.335.130,28	270.986,64	km 354 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Terreno cercado em propriedade particular. Área plana utilizada para cultivo com vegetação rasteira e árvores de pequeno porte, situada à beira de curso d'água no vale do Ribeirão do Braço Grande	Solo vegetal argilo-siltoso marrom sobre solo de alteração de gnaiss/migmatito (silte arenoso, micácea, cinza). Próximo ao canal tem-se areias e cascalhos aluvionares, além de seixos e blocos	8.200,00	1.466,00
DME - km 355	7.334.444,96	270.767,65	km 355 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Área plana sem uso aparente com vegetação rasteira e árvores de pequeno a médio porte. Presença de curso d'água e porções de brejo com solo mole, além de galeria a norte.	Cobertura de solo vegetal argilo-siltoso, marrom sobre solo de alteração de gnaiss/migmatito (silte arenoso, micácea, cinza). Porções de solo mole argiloso próximo aos cursos d'água.	132.400,00	12.491,00
DME - km 356	7.333.420,90	270.611,46	km 356 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Terreno cercado em propriedade particular. Vale encaixado entre morros de alta declividade com presença de curso d'água na porção sul e áreas alagadas na porção central. Presença de vegetação rasteira até grande porte, edificações e cultivo.	Solo vegetal argilo-siltoso marrom sobre solo de alteração de gnaiss/migmatito (silte arenoso, micácea, cinza) com blocos de rocha expostos. Solo mole argiloso próximo ao curso d'água e áreas brejosas, além de areias e cascalhos.	167.200,00	18.149,00
DME - km 360	7.331.325,98	269.342,19	km 360 da BR-116, lado esquerdo sentido Curitiba	Plataforma de aterro à beira da pista com declive em direção ao vale do Ribeirão do Braço Grande. Cobertura vegetal nativa de árvores média a altas, três nascentes e drenagens. Presença de entulho no vale.	Aterro de argila silto-arenosa marrom com entulho sobre solo vegetal e solo de alteração de migmatito (silte arenoso, micácea, cinza)	387.400,00	33.621,00
DME - 1 - km 361	7.330.585,35	269.428,95	km 361 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Plataforma de aterro à beira da pista com declive em direção ao vale do Ribeirão do Braço Grande. Cobertura vegetal de árvores média a altas.	Aterro de argila silto-arenosa marrom, com entulho sobre solo vegetal e solo de alteração de migmatito (silte arenoso, micácea, cinza). Ao longo do curso d'água tem-se sedimentos arenosos inconsolidados e blocos de migmatito.	78.300,00	7.729,00
DME - 2 - km 361	7.330.429,54	269.363,48	km 361 da BR-116, lado esquerdo sentido Curitiba	Plataforma de aterro à beira da pista com declive em direção ao vale do Ribeirão do Braço Grande. Cobertura vegetal densa de árvores média a altas. Presença de entulho no vale.	Aterro de argila silto-arenosa, cor marrom sobre solo vegetal e solo de alteração de migmatito (silte arenoso, micácea, cinza)	51.100,00	9.311,00

Tabela 5 – Tabela resumo das áreas para depósito de materiais excedentes vistoriadas no trecho da Serra do Cafezal entre os km 3443+780 e km 362+900 da BR-116.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	22 de 33

9. ÁREAS DE EMPRÉSTIMO

Foram vistoriadas em campo as áreas potenciais pré-selecionadas para utilização como área de empréstimo de solos (AE) para as obras de duplicação.

As áreas de empréstimo de solo fornecerão materiais complementares necessários para as construções dos aterros projetados, reforço de subleito e para os reaterros das cavas de remoção de solos moles. As áreas consideradas potenciais para esta finalidade foram vistoriadas para o reconhecimento das características geológica-geotécnicas dos solos a serem utilizados, além das condições de acesso e exploração.

As áreas vistoriadas ao longo do trecho são descritas na tabela a seguir.

ÁREA	COORDENADAS DE REFERÊNCIA		LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO DA ÁREA	GEOLOGIA	VOLUME ESTIMADO (m³)	ÁREA (m²)
	UTM N	UTM E					
AE-1	7.338.154,00	274.943,00	km 349 da BR-116, lado direito sentido São Paulo	Morro de alta declividade com densa cobertura vegetal na porção nordeste e vegetação rasteira no talude de corte a noroeste	Cobertura de solo eluvial argilo-arenoso sobre solo de alteração de gnaíse (silte arenoso micáceo, com caulim). Exposição de rocha alterada mole a dura com foliação subvertical e fraturas oblíquas isolando blocos	225.278,00	45.056,00
AE - km 355	7.334.604,86	270.813,28	km 355 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Morro à beira da pista, em trecho com acostamento, onde se tem talude de corte de alta declividade. Caracterizado por cobertura vegetal rasteira até médio porte na porção superior do maciço	Solo vegetal argilo-siltoso marrom sobre solo de alteração de gnaíse/migmatito (silte arenoso, micáceo, cinza). No sopé do morro aflora rocha sã (gnaíse) de 3ª Categoria de escavação	53.600,00	8.264,00
AE - km 356	7.333.537,09	270.618,91	km 356 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Morro à beira da pista, em trecho com acostamento, onde se tem talude de corte de alta declividade. Caracterizado por cobertura vegetal rasteira na porção norte e árvores de médio a grande porte no restante da área	Solo vegetal argilo-siltoso marrom sobre solo de alteração de gnaíse/migmatito (silte arenoso, micáceo, cinza). No sopé do morro aflora rocha sã (gnaíse) de 3ª Categoria de escavação	119.500,00	11.332,00
AE - km 360	7.331.540,45	269.620,74	km 360 da BR-116, lado direito sentido Curitiba	Morro alongado segundo direção E-W, com alta declividade e cobertura vegetal de gramínea e mata	Solo vegetal silto-argiloso marrom sobre solo de alteração de migmatito (silte arenoso, micáceo, com caulim, cinza com porções micáceas mais argilosas, roxo)	356.800,00	26.146,00

Tabela 6 – Tabela resumo das áreas de empréstimo vistoriadas no trecho da Serra do Cafezal entre os km 343+780 e km 362+900 da BR-116.

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste relatório foram apresentados os estudos geológicos e geotécnicos iniciais realizados no trecho da Serra do Cafezal, entre o km 3443+510 e o km 362+900 da BR-116 - Rodovia Régis Bittencourt, entre os Municípios de Juitituba e Miracatu, no Estado de São Paulo. Foram estudados os aspectos geológicos e geomorfológicos regionais e locais que podem influenciar nas soluções geotécnicas para as obras da duplicação.

Na área de estudo, ocorrem sedimentos aluvionares quaternários inconsolidados, solos de alteração de micaxistos e gnaisses com blocos e matações esparsos, zonas com prováveis capeamentos de colúvios e tálus, principalmente nos sopés dos morros elevados e íngremes. Além disso, têm-se afloramentos de rocha alterada e sã.

Possíveis depósitos de tálus ocorrem nos sopés de encostas com presença de blocos angulosos e seixos em meio a matriz silto-arenosa, sob solo vegetal, ao longo de drenagens e talvegues. Em outros trechos, têm-se blocos e matações esparsos que podem estar associados ao perfil de alteração natural dos maciços rochosos com isolamento de blocos e geração do solo de alteração das rochas.

Código:	Revisão:	Emissão:	Folha:
RT-06-116/SP-344-0-G01/901	0	30/03/2012	23 de 33

Ao longo do traçado estão previstas plataformas de aterro e contenções de aterro, de pequenas alturas a grandes, sobre trechos já aterrados ou em encostas de alta declividade sobre drenagens que cruzam o eixo projetado. Faz-se necessária a avaliação da viabilidade técnica e ambiental de aterros previstos sobre cursos d'água e talvegues.

Os cortes e contenções de corte apresentam baixa a alta complexidade, podendo chegar a mais de 40 m de altura em bordas de morros associadas ao vale do Ribeirão do Engano. Além disso, podem envolver, além de capeamento de colúvio e solo residual, solo de alteração de gnaiss e micaxisto com estruturas reliquias e blocos e matacões inclusos. A partir dos estudos realizados, foi possível notar a ocorrência de planos de foliação e fraturas desfavoráveis isolando blocos ou formando rampas de deslizamento de blocos/solo.

As obras de arte projetadas devem transpor cursos d'água ortogonais ao eixo, além de vales de difícil acesso devido à presença de densa vegetação primária e alta declividade nas encostas.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L.; PONÇANO, W. L.; CAMPANHA, G.A. da C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P.; MELO, M.S. de; CREMONINI, O.A. 1981a. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, IPT/Pró-Minério, Monografias nº 6, v.2. (Escala 1: 500.000).
2. PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M. & PRANDINI, F. L. 1981b. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. IPT/Pró-Minério. (Monografias, 5), 94p. (Escala 1: 500.000).
3. HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R. & COIMBRA, A.M. 1975. *The Ribeira Folded Belt*. São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, **5**(4): 257-266.
4. MARTIN, M.A.B. 2000. **Geologia, petrografia e metamorfismo dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque a noroeste da cidade de São Paulo - SP**. São Paulo, 255p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
5. RICCOMINI C. 1989. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 256p.
6. HASUI, Y. & SADOWSKI G.R. 1976. **Evolução geológica do Pré-Cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geociências, **6**(3): 182-200.
7. DIPS Versão 5.103, 2004, RocScience Inc. <http://www.rocscience.com>.
8. UNWEDGE Versão 3.005, 2004, RocScience Inc. <http://www.rocscience.com>.