

5

Solos Residuais e descrição/localização dos ensaios

5.1.

Solos residuais, formação e classificação

5.1.1.

Gênese

A gênese do solo é condicionada a quatro fatores principais: clima, relevo, tempo geológico e rocha de origem. Os solos residuais são os que apresentam caráter de intemperismo autóctone (“in situ”), ou seja, sofreram influência desses fatores sem sofrer processos erosivos.

Os solos tropicais sofrem maior intemperismo químico (temperatura e precipitação) e isto favorece a transformação dos minerais primários da rocha de origem e também sua lixiviação. Se além disso, são condicionados ao relevo suave, a infiltração podem gerar espessos mantos de intemperismo.

No Rio de Janeiro, acredita-se que a predominância de rochas de Gnaiss dobradas de diversas resistências ao intemperismo não favoreceram a geração de grandes perfis de alteração (ex: 15 - 30 m), e sim perfis pouco espessos (utilizada média de 2 metros na simulação da seção 6.6).

5.1.2.

Classificação

A classificação dos solos cumpre a função de agregar características, de modo que índices e análises básicas forneçam parâmetros e faixas definidas de modelos ou comportamento. Muitos pesquisadores, sob a ótica geotécnica, objetivaram esta classificação e dentre estes se pode citar: Vargas (1953, 1974, 1985), Vaz (1969), Deere e Patton (1971), De Mello (1972) e outros. (*Apud* Moncada, 2008). De Mello (1972), no entanto, salienta a dificuldade de utilizar-se em grande escala, como um meio contínuo, de um modelo de perfil de

alteração. Segundo este, pelas variações métricas nos solos residuais que ocorrem tanto na vertical como na horizontal. (*Apud* Reis, 2004).

A semelhança entre os critérios de classificação se deve principalmente a gênese e ao comportamento, sendo a subdivisão mais comum a de solos residuais maduros e jovens. Uma das classificações para perfis de alteração, do menos alterado para o mais, é a da ISRM mostrado na Figura 23 (International Society of Rock Mechanics, 1981).

- I Rocha Sã
- II Rocha pouco alterada
- III Rocha moderadamente alterada
- IV Rocha altamente alterada
- V Rocha completamente alterada
- VI Solo Residual

Figura 23 - Classificação de alteração de rochas (ISRM, 1981)

O solo residual maduro está, em geral, próximo à superfície do terreno e têm caráter homogêneo, sofrendo influência acentuada dos processos pedogenéticos. Destes processos podem-se originar solos com propriedades variadas a depender do ambiente considerado, de agradação ou degradação. Esta complexidade foi observada em Moncada (2008) que explica a degradação do solo com o aumento do índice de vazios do solo pelo processo de lixiviação e conseqüentemente redução no peso específico. Não obstante Gidigas (1976) (*Apud* Brant, 2005) observa uma tendência oposta para ambientes de agradação concrecionárias em que o índice de vazios tendem a diminuir, o que de forma direta influi na textura e estrutura dos solos. Este fenômeno também foi observado por Blight (1997) na Figura 24 (1) onde o solo com laterização, curva cheia (b), tem menor porosidade que o solo sem laterização, curva pontilhada (a), (*Apud* Reis, 2004).

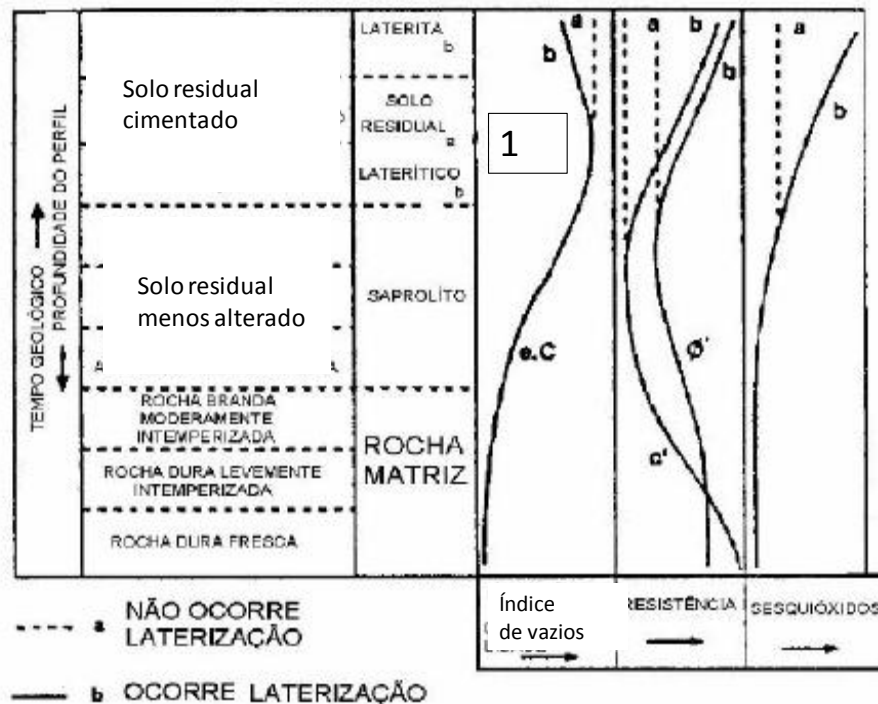


Figura 24 - Perfil de alteração de um solo tropical (Blight, 1997).

O solo residual jovem tem caráter heterogêneo e é o solo em que os processos pedogenéticos são incipientes e a estrutura da rocha de origem ainda é marcante.

Como análise para determinação do grau de intemperismo, é usual a realização de estudos de análise de química total, perda ao fogo, ataque sulfídrico, análise termogravimétrica e análise termodiferencial.



Figura 25 - Veios na estrutura do solo de Rio Bonito

5.2.

Descrição de Campo, Geologia, Clima e precipitação

5.2.1.

Introdução

“A análise de campo é de extrema importância, sendo o ato inicial em um estudo geotécnico e tendo as análises posteriores como consequência.” (adaptado Antunes).

Segundo Antunes, o processo intempérico é progressivo e portanto a amostra coletada ou o ensaio de campo deve ser coletada ou feito sobre solo decapeado (Figura 26), que também serve como parte do processo de análise das feições do perfil.



Figura 26 - Solo decapeado e estruturas do solo residual

No caso de solos residuais, cuja existência relaciona-se às estruturas da rocha de origem (Figura 26), deve-se com os devidos cuidados estabelecer a amostra ou local representativo para análise, tomando em conta então o detalhamento das feições geológicas, que conferem ao solo caráter heterogêneo.

5.2.2.

Escolha dos Locais relacionados a geologia do Rio de Janeiro

A metodologia empregada na identificação da litologia/geotecnia partiu de uma pesquisa bibliográfica, onde buscou-se encontrar mapas geológicos, geológicos-geotécnicos ou simplesmente estudos prévios em áreas de substrato diversificado, concentrando esforços na cidade do Rio de Janeiro. No entanto, também se utilizou do conhecimento de profissionais experientes que puderam

indicar alguns locais convenientes. Maiores informações sobre o acesso aos pontos são descritas no apêndice 4. A Tabela 9 sintetiza a classificação geotécnica dada aos solos das correspondentes rochas de origem referentes à litologia do Rio de Janeiro e também indica a nomenclatura usada no presente trabalho.

Tabela 9 Litologia correspondente aos solos residuais estudados

Local	Litologia Correspondente	Nomenclatura	Classificação Geotécnica	
Campo Grande	Biotita Gnaiss	CG1	Residual	Jovem
		CG2	Transportado	Colúvio
		CG3	Residual	Transição
Costa Brava	Gnaiss Facoidal	CB1	Residual	Transição
		CB21	Residual	Saprolítico
		CB22	Residual	Saprolítico
Duque de Caxias	Migmatito (Melanocrático/Leucocrático)	M1	Residual	Jovem
		M2	Residual	Jovem
		L	Transportado	Colúvio
Nova Friburgo	Granitóide	CO1	Residual	Saprolítico
		CO3*	Residual	Saprolítico
		P23	Residual	Jovem
		P21*	Transportado	Colúvio
		CM1	Residual	Jovem
		CM2	Residual	Jovem
		CM3	Residual	Maduro
Rio Bonito	Alcalina	RB	Residual	Jovem
		RT	Residual	Transição
PUC	Colúvio/Kinzigito	PM	Transportado	Colúvio
		PT	Transportado	Colúvio

*Solos de classificação duvidosa

Outro aspecto relacionado aos perfis de intemperismo se deve a escassa ocorrência destes em seu formato típico, em que pudessem refletir todos os níveis de alteração dos solos residuais. Tanto assim que Marques (1998) salienta esse fato para todos os gnaisses da série Superior definida por Hembolt (1965 – leptinitos, gnaisses facoidais, biotita-gnaisses e kinzigito). Marques (1998) também diz que esses perfis se apresentam em zonas de alteração controladas pela presença de estruturas geológicas como falhas, fraturas, veios (Figura 28) e juntas de alívio e com pouca influência da foliação (ex: intemperismo diferencial e individualização de blocos na Figura 27). Estes pontos aparentemente contribuem para uma heterogeneidade em macro-escala e não na escala de ensaio.



Figura 27 - Bloco individualizado em solo residual jovem de Leptinito - UPP Dona Marta

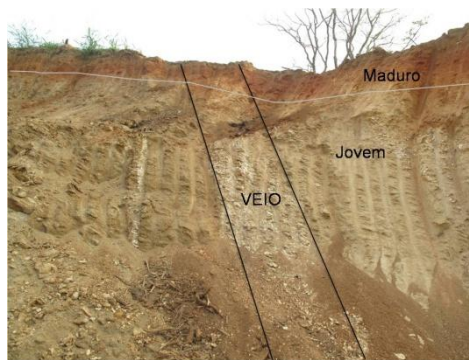


Figura 28 - Feições do perfil de Campo Grande

Diversos estudos tiveram como objetivo caracterizar a geologia carioca, dentre estes podemos citar Branner (1869), Paes Leme (1912, 1930), Laboriau (1917), Lamego (1938), Hembold et al (1965) (*Apud Marques, 1998*). Segundo Marques, (1998) o município do Rio de Janeiro está situado em área de ocorrência de rochas gnáissicas, graníticas, intrusivas metamorfasadas, de idade pré cambriana, cortadas por granitos plutônicos e rochas básicas e alcalinas²⁶ mais recentes. Este contexto geológico é marcado pela elevada complexidade estrutural e de relações estratigráficas. Uma definição mais detalhada foi apresentada por “Leonardos Jr. (1973) em que se subdivide a sequência de paragneisses da Série Superior de Hembold e outros (1965) em duas unidades estratigráficas correspondentes a dois ciclos diferentes de sedimentação: uma mais antiga oriunda de uma sequência molássica agora representada por leptinitos, gnaisses facoidais e K-feldspatos-biotita-gnaisses (Grupo Pão de Açúcar), seguida por uma sequência de sedimentos pelíticos maduros e bem selecionados, sedimentos calcáreos e arenitos quartzosos, agora metamorfizados respectivamente em silimanita-cordierita gnaisses, rochas calcossilicáticas e quartizitos (Grupo Sepetiba). (*Apud Lima, 1994*)”

Quanto a caracterização e mapeamento geológica/geotécnica da cidade do Rio de Janeiro pode-se citar os esforços de Barroso (1994), Sobreira (1993) e Pimentel (1995) em solos residuais de Leptinito, Lima (1994) em solo residual de Biotita Gnaiss, Marques (1998) em solo residual de Kinzigito, sendo que

²⁶ em Valença, 1980; Martins *et al.* 1982; Almeida, 1983 e Carta topográfica CPRM, 1976 (*Apud Carvalho, 2013*)

Moncada (2008) faz um bom apanhado destes estudos sobre o estágio de intemperismo destes perfis, analisando-os através de índices químicos.

Para contemplar parte da complexa estrutura geológica do Rio de Janeiro, optou-se pelas estruturas do cretáceo, no maciço alcalino de Rio Bonito (Rio Bonito), da Série Superior, estando entre elas, leptinitos (Dona Marta, não estudado pelo baixo valor de sucção o ano todo), gnaisses facoidais (Costa Brava), biotita-gnaisses (Campo Grande) referente a “biotita-granitóide” 5-Macijo da Pedra Branca, e kinzigito/colúvio (PUC) referentes a suíte Rio de Janeiro(Ny2r), além de um representante de migmatito (Duque de Caxias) e granitóide (Nova Friburgo) referente a suíte Serra dos Órgãos(Ny2s) . (Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro 1:500000 (Figura 30))

5.2.3.

Descrição de campo, clima e precipitação.

As descrições qualitativas dos solos presentes no trabalho são dadas a seguir na seção 5.2.3.1 e estão classificadas por local. A distribuição dos pontos estudados pode ser vista em imagem de satélite na Figura 29, e estão contidos em uma elipse de 130 km em seu maior eixo. A correspondência com a litologia assim como a classificação geotécnica pode ser vista na Tabela 9 e Figura 30.

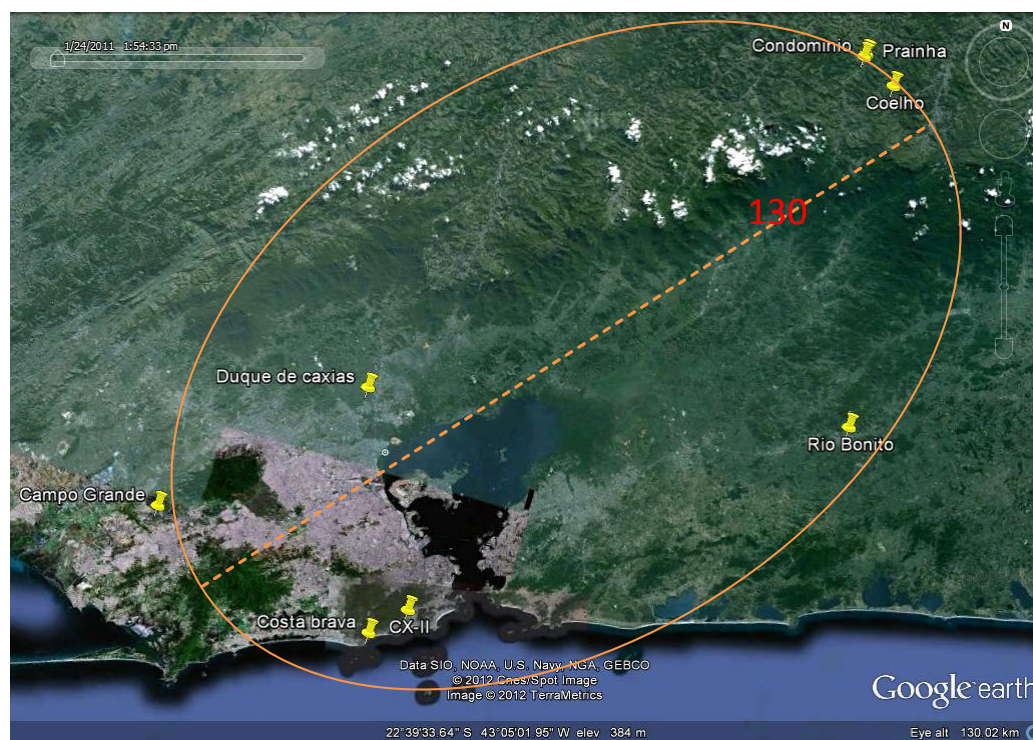


Figura 29 - Localização dos pontos de ensaio, visão de satélite

Quanto ao clima, a cidade do Rio de Janeiro se enquadra no tipo Aw da classificação de Koppen com temperatura média de 23° e a precipitação anual pode chegar a 1500 mm, já a cidade de Nova Friburgo possui clima Cwb com temperatura média de 16° e precipitação anual de 1200 mm. Como informação adicional os histogramas pluviométricos do ano de 2012 serão apresentados no apêndice 1 junto aos valores de sucção observados durante este período em diversos pontos amostrados.

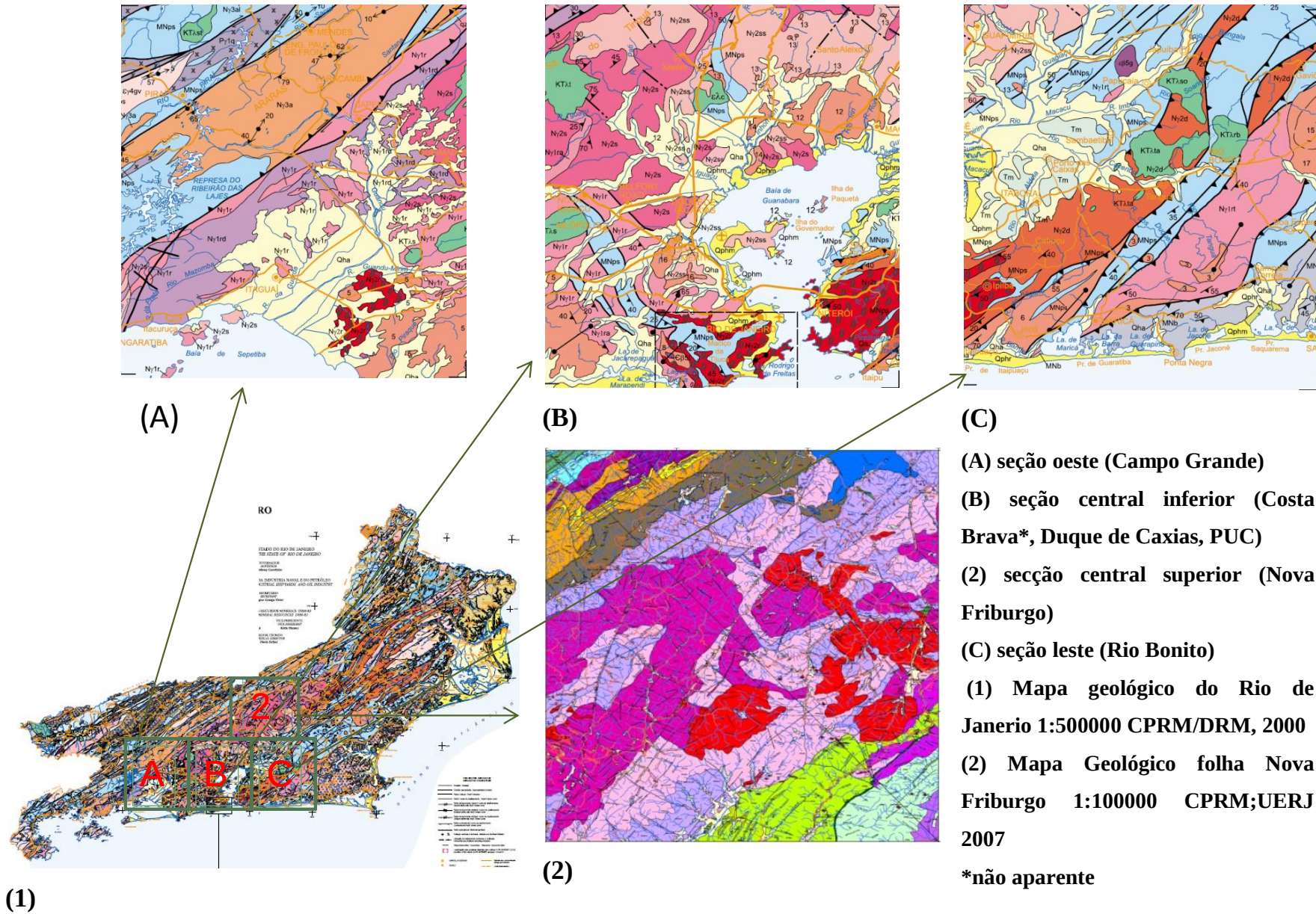


Figura 30 - Mapas geológicos

5.2.3.1.

Comentários gerais sobre o trabalho de campo

Os locais de estudo foram escolhidos segundo a descrições abaixo:

Campo Grande	Recomendação do professor Antunes, F em conversa informal
Costa Brava	Revisão em Maciel, 1991
Duque de Caxias	Revisão em Carvalho, 2012
Nova Friburgo	Revisão em Escobar et al., 2012 e Oliverira, 2013
Rio Bonito	Revisão em Buback, 2008*
PUC	Revisão de diversos trabalhos (ex: Sertã, 1986; Campos, 1984; Diniz, 1998)

*Em outra localidade escolhida por problemas de campo

Campo Grande – Biotita Gnaiss

Descrição do local	Região de extração de material terroso e brita-
Afastamento	Distancia entre os ensaios (CG1) e (CG2 e CG3) de ~10 metros. Entre (CG2) e (CG3) 1 metro
Feições	Aparente orientação do solo mergulhando para dentro do talude (Sudoeste). Rocha alterada no local com aparência fosca e hidratada, sem xistosidade, provavelmente corpos xenólitos
Descrição geral	Solo esbranquiçado para cinza, com veios de quartzo de até 90 cm (Figura 28), ocorrência dos mesmos com certa frequência em tamanhos menores.
Base do Talude (CG1)	Residual jovem. Solo esbranquiçado com minerais brilhantes de biotita, com fração predominantemente arenosa, na fração média a grossa
Meio do Talude (CG3) – Transição	Solo cinza com minerais pouco brilhantes. Solo areno-siltoso, na fração média, fina e silte, com espessura de até 50 cm.
Topo do Talude (CGM)	Residual maduro. Solo avermelhado, argilo-siltoso com espessura de até 1,5 m. (solo não ensaiado, somente caracterizado)

[Figura 31 e Figura 32]

Costa Brava – Gnaiss facoidal

Descrição do local	Região do estacionamento do Clube Costa Brava
Afastamento	Distancia de ~20 metros entre os ensaio (CB1) e (CB21/CB22). Distancia de ~1 metro entre os ensaio (CB21) e (CB22).
Feições	Em ambos os casos havia presença de grandes grãos de feldspato fortemente desagregáveis nos planos de clivagem. Solo próximo a rocha aflorante.
Descrição geral	A mudança da geomorfologia do local impediu o reconhecimento do perfil estabelecido por Maciel (1991)- Solo residual de transição e saprolítico pouco espessos sob rocha alterada, no caso de CB1, encontrava-se sob uma camada de colúvio
Transição (CB1)	A região aparentava grãos maiores de feldspato, tipo Augen, estando a matriz bem mais alterada, argilosa /areia fina com cor amarronzada escura.
Saprolítico (CB21/CB22)	Solo de matriz acinzentada e arenosa/ média a fina pouco alterada.

[Figura 33 e Figura 34].

Duque de Caxias - Migmatito

Descrição do local	Talude de 40 metros de altura e 300 metros de extensão. A região foi dividida por Carvalho (2012) em Melanocrática(M) e Leucocrática(L).
Afastamento	Distância entre os ensaios (M1) e (M2) de ~8 metros
Feições	O afloramento de rocha alterada mostrava uma estrutura caótica, com muitos dobramentos.
Descrição geral	O ponto de amostragem DC02 feito por Carvalho (2012) é o mesmo local do ensaio de Guelph feito na região. Uma constatação interessante foi a formação de uma fina camada de biofilme na face oeste do talude.
Meio do Talude (M1) e (M2)	Residual jovem/Melanocrática. Solo arroxado. Areno-siltoso, oriundo provavelmente de uma zona de falha dúctil. O solo ao redor desta zona não foi ensaiado porém era de textura mais grosseira e esbranquiçada.

[Figura 35 e Figura 36]

Nova Friburgo – Condomínio

Descrição do local	Talude escorregado sob o solo residual jovem, cuja extensão apresentou ~400 metros de perímetro. (Face Sudoeste)
Afastamento	Distância entre os ensaios (CM1) e (CM2) de ~ 3 metros. Entre (CM1) e (CM3) de ~3metros.
Feições	Veios sub-horizontais de material arenoso grosseiro de ~5 a 10 cm de largura, sem percepção do indicado em escala maior.
Descrição geral	Local muito próximo a Prainha
Condomínio (CM1/CM2)	Solo residual jovem rosado com a identificação de veios de material esbranquiçado (feldspatos) de até 5 cm de espessura.
Condomínio (CM3)	Solo residual maduro marrom claro, com transição abrupta.

[Figura 37 e Figura 38]

Nova Friburgo – Prainha

Descrição do local	Talude escorregado sob o solo residual jovem, cuja extensão apresentou ~400 metros de perímetro. (Face oposta ao local Condomínio, Sul-Sudeste)
Afastamento	Distância entre os ensaios (P2.1) e (P2.3) de centenas de metros ~200. Entre (P2.3) ~1 metro.
Feições	Não identificadas
Descrição geral	Apresentam saprólito esbranquiçado subjacente(saibro). Solo areno-siltoso friável. (ver seção 6.1.2 para outras referências)
Prainha (P21/P23)	Solo residual jovem rosado sem a presença de estruturas geológicas marcantes (homogêneo)

[Figura 37 e Figura 39]

Nova Friburgo – Coelho

Descrição do local	Talude rompido em solo residual jovem e observa-se a exposição de blocos autóctones no local-
Afastamento	Distância entre os ensaio (CO1) e (CO3) de ~20 metros.
Feições	Não identificada
Coelho (CO1/CO3)	Solo residual jovem esbranquiçado areno-siltoso, tendendo a uma areia mais grossa.

[Figura 40]

Rio bonito- Rocha Alcalina

Descrição do local	Talude de corte de aproximadamente 30 metros de altura e 150 metros de largura. Região de extração de material terroso.
Afastamento	Distancia de ~40 metros entre os ensaio (RB) e (BT).
Feições	Foram observadas descontinuidades com até 90 cm de espessura em que se observava veios escuros com textura de até 5 mm na fração areia fina a silte e brancos no tamanho de pedregulho fino de até 1 cm. . (ver seção 6.1.5 para outras referências)
Descrição geral	O solo presente tem coloração acinzentada e arroxeada com intrusões pouco frequentes de solo arenoso rosado.
Base do Talude (RB)	Residual jovem. Solo acinzentado a roxo com grãos predominantemente na fração areia e alguns acessórios no tamanho pedregulho.
Topo do Talude (RT)	Residual maduro. Solo avermelhado a roxo, areno-siltoso, com a fração areia predominante no tamanho médio a fino.

[Figura 41 e Figura 42]

PUC –Campo experimental – Kinzigito/colúvio

Descrição do local	Talude anexo ao túnel acústico
Afastamento	Distância entre os ensaios (PT1) e (PT2) de ~2 metros. Entre (PT2) e (PM) ~15 metros.
Feições	Não identificada.
Descrição geral	Bruno amarelado, com presença de pedregulhos pequenos, com raízes. Predominantemente argiloso (ver seção 6.1.6 para outras referências).
Topo do talude – 1º horizonte	Heterogêneo com nódulos de solo marrom escuro entre solo bruno amarelado, com presença de raízes grossas. (Solo de provável interferência humana recente)
Topo do talude – 2º horizonte (PT2)	Colúvio homogêneo bruno amarelado com raízes finas
Meio da ecosta (PM)	Colúvio escuro, com matéria orgânica, com raízes finas.

[Figura 43 e Figura 44]



Figura 31 - Imagem de satélite - Campo Grande



Figura 32 - Local dos ensaios - Campo Grande



Figura 33 - Imagem de satélite - Costa Brava



Figura 34 - Local dos ensaios - Costa Brava

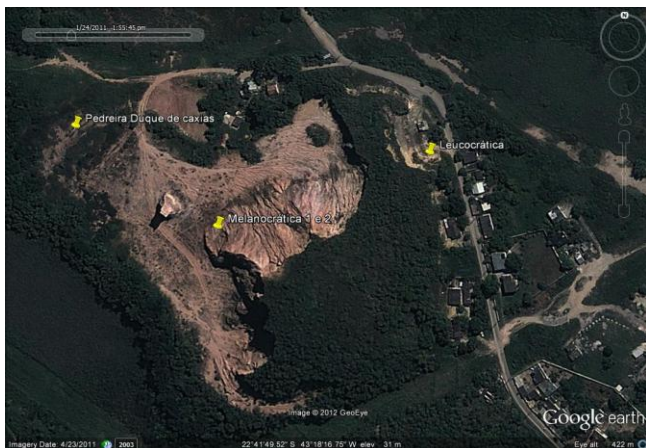


Figura 35 -, Imagem de satélite - Duque de Caxias



Figura 36 - Local dos Ensaio - Melanocrático

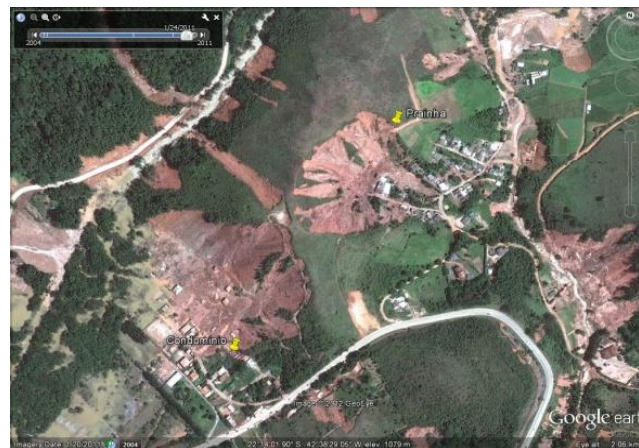


Figura 37- Imagem de satélite - Prainha/Condomínio



Figura 38 - Local dos Ensaio - Condomínio



Figura 39 - Local dos Ensaios - Prainha



Figura 40 - Imagem aérea - Coelho



Figura 41 - Imagem de satélite Rio Bonito

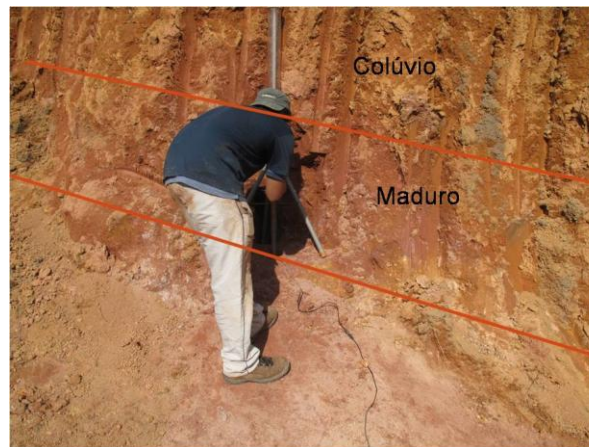


Figura 42 - Locais de Ensaio - Rio Bonito



Figura 43 - Imagem de satélite - PUC



Figura 44 - Local dos Ensaio - PUC - Topo do Talude