

ESTABILIDADE DE TALUDES NATURAIS. EXEMPLOS BRASILEIROS DE OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO- RIO DE JANEIRO

Bogossian, Francis – *Professor Titular da Universidade Veiga de Almeida*
Rio de Janeiro

1. INTRODUÇÃO

O Convite que recebi da Comissão Organizadora do 6º Congresso Nacional de Geotecnia e o assunto estabelecido para a presente conferência me mostraram que uma idéia interessante seria a de relatar o trabalho que vem sendo desenvolvido na cidade do Rio de Janeiro envolvendo os nossos problemas de estabilidades de taludes de encostas, traçados pela natureza ou pelo homem.

Esta cidade, que se expandiu de uma faixa estreita entre o mar e a montanha, onde moro desde que nasci, pela gama de problemas que vem desafiando as técnicas da engenharia na estabilidade de taludes de encostas, pareceu-me um exemplo que caberia relatar, mesmo parcialmente, em um evento técnico desta importância, realizado por um país tão vivido e tão querido.

A cidade do Rio de Janeiro dispõe, além das excelentes universidades, de um núcleo regional da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos. Há empresas lá sediadas especialistas em investigações geotécnicas, geologia de engenharia, estudos, projetos e execução de obras de estabilização.

Como ex-presidente, por dois mandatos, da ABMS e atual presidente da Associação de Empreiteiros do Rio de Janeiro, estou totalmente familiarizado com o excelente programa de atividades da Fundação Geo Rio, importante órgão da Secretaria Municipal de Obras da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Face ao exposto, resolvi, na tentativa de enriquecer a minha participação neste congresso, relatar parte do rico campo de atividades que vêm sendo lideradas, com sucesso, pela Fundação Geo Rio, ao longo de mais de 30 anos.

Aproveito para agradecer, pelas informações e dados técnicos complementares ao meu acervo pessoal, à Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro - GEO RIO, através de seus diretores, equipes de estudos e projetos, pesquisa, acompanhamento e fiscalização de obras.

2. A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

O Rio de Janeiro é uma cidade que, para crescer, não teve alternativa que não fosse de galgar as montanhas. Os problemas geotécnicos da cidade estão associados à ocupação pelo homem de suas encostas.

A ação antrópica começou pelo litoral, no século XVI, e se expandiu ao longo dos vales e pela baía de Guanabara com a execução de aterros pelo mar e por áreas de mangue. Para se ter uma idéia de como eram poucas as áreas ocupáveis da cidade, vale lembrar que grande parte da área do centro da cidade é constituída de aterros, como o Parque do Flamengo, a avenida Beira-Mar, a Praia de Botafogo, a expansão da avenida Atlântica, todos hoje bairros entre o mar e a montanha, a área do Jockey Club Brasileiro - este entre lagoa e a montanha, etc, etc, etc.

A lagoa mencionada é a chamada Rodrigo de Freitas que tem hoje apenas 1/3 do espelho d'água original.

Após o aterro, urbanização e habitação dessas áreas, o homem começou a ocupar as montanhas e aí começaram os problemas com as encostas. Existem registros de deslizamentos ocorridos em 1759 e 1811 no morro do Castelo e, alguns anos depois, no morro de Santo Antônio.

No século XIX o uso das encostas foi acelerado e, na segunda metade do século XX um explosivo crescimento urbano deu início à sua ocupação desordenada, com um processo de favelização que levou a um número de acidentes geotécnicos sempre crescente. Desde então, mais de 500 pessoas morreram nesses acidentes. (Anexo I, Figuras I.1 a I.6)

3. A CRIAÇÃO DO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA (Atual GEO RIO)

As chuvas de 1966 na cidade do Rio de Janeiro causaram uma grande tragédia, seus índices pluviométricos atingiram a marca de 245mm/dia com uma recorrência superior a 100 anos.

O governo decidiu reunir um grupo de engenheiros geotécnicos, estruturais e geólogos para enfrentar a situação. Nascia assim o Instituto de Geotécnica o qual, após várias mudanças transformou-se em 1992 na atual Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, a GEO RIO.

A Geo Rio tem quatro diretorias, com ações bem definidas: Administração e Finanças, Estudos e Projetos, Obras e Conservação e Fiscalização e Licenciamento.

A Diretoria de Estudos e Projetos tem a seu encargo os projetos de todas as obras públicas executadas pela Geo Rio. Comporta também uma gerência de geologia, que efetua todos os estudos referentes a mapeamento, laudos detalhados de áreas de risco e levantamentos geológico-geotécnicos, não só para a Geo Rio como também para outros órgãos do poder municipal que necessitam desses serviços para desenvolvimento de seus projetos.

A Diretoria de Obras e Conservação contrata e fiscaliza todas as obras públicas executadas pela Fundação, assim como as medidas emergenciais dos acidentes na cidade. Observa também as obras de contenção antigas e a execução de programas de conservação e recuperação dessas obras (cerca de 2.000).

A Diretoria de Fiscalização e Licenciamento examina e licencia os projetos de todas as obras de contenção particulares executadas na cidade, além de fiscalizar as atividades de exploração mineral, tais como extração de saibro, areia, granito e etc. Qualquer obra em encosta na cidade passa pelo crivo desta diretoria.

4. A PREVENÇÃO DE ACIDENTES

4.1.Mapeamentos/Geociências

É um dos trabalhos mais importantes entre os executados pela Geo Rio. Trata-se do mapeamento geológico-geotécnico de toda a cidade, o qual permite o conhecimento do meio físico em que atuamos. Inicialmente foi feito um macro mapeamento geral, com base em informações fornecidas por satélites, em escala 1:25.000, que apontou aproximadamente 400 áreas com risco potencial de deslizamento. Posteriormente, partiu-se para o mapeamento detalhado dessas áreas, priorizando-se aquelas com maior densidade de ocupação e portanto sujeitas a maior risco de atingimento de pessoas e bens.

Atualmente a Geo Rio está terceirizando o mapeamento detalhado dessas áreas tendo recentemente contratado 30 áreas com empresas privadas, classificadas conforme o grau de risco que apresenta.

A geologia aplicada às questões é a prática das geociências fundada no conceito de que ações baseadas nas informações das Ciências da Terra podem reduzir os custos do desenvolvimento urbano e os riscos da perda de investimentos e produtividade causados por mortes e destruição material.

O sistema de produção de instrumentos cartográficos, em detalhamento progressivo, aplicado aos acidentes associados aos escorregamentos nas encostas do Rio de Janeiro, parte da visualização global dos problemas numa escala de 1:25.000, no qual unidades do terreno são hierarquizadas de acordo com a sua susceptividade a sofrerem movimentos de massa (terra e rocha). Este estágio de conhecimento é ampliado para um nível, em um mapa específico na escala 1:10.000, onde são incorporadas as propriedades dos solos e rochas e as características dos escorregamentos, bem como dados relativos à distribuição de unidades de comportamento homogêneas perante o potencial de ocorrência de escorregamentos. Um nível ainda mais avançado corresponde à cartografia do risco de acidentes para moradores, moradias e vias públicas junto às grandes concentrações urbanas. As Cartas de Risco na escala 1:2.000 retratam o potencial de ocorrência de escorregamentos e a quantidade de elementos urbanos passíveis de serem atingidos. Num último estágio, alcança-se a fase de projeto de intervenção, com indicação de soluções para setores específicos de cada encosta, agrupando-se, nesta etapa, fotografias aéreas oblíquas indicativas das casas situadas diretamente sob risco.

Produtos cartográficos em diversas escalas, com suas limitações e perspectivas de aproveitamento, podem ser preparados, na seqüência metodológica exposta, continuamente e a baixo custo pelas administrações municipais de grandes cidades como o Rio de Janeiro.

Atualmente a Geo Rio presta consultoria técnica a outras prefeituras e órgãos governamentais pelo país afora, realizando levantamentos geológico-geotécnicos, diagnósticos, projetos e acompanhamento de obras.

Penso que seria notável, para atender a eventuais interesses dos países vizinhos, fomentar o intercâmbio entre a Geo Rio através de seus profissionais bem como os técnicos especialistas e empreiteiras experimentadas do Rio de Janeiro, com os parceiros da América do Sul detentores de problemas similares.

Projetos urbanísticos e planejamento do uso do solo urbano, que hoje têm mais aceitação do que no passado, quando as experiências eram raras e pontuais, podem e devem aproveitar todo o potencial dos instrumentos técnico-científicos aplicados, garantindo assim maior eficiência própria e maior segurança para moradias e moradores.

4.2. Obras

A aplicação dos recursos da Geo Rio, destinados à execução de obras públicas de contenção de encostas, obedece a critérios pré-estabelecidos.

São viabilizadas as obras corretivas emergenciais (nos locais onde ocorreram acidentes). Para as obras preventivas são priorizados aqueles locais classificados como de maior risco (chamado risco III), mais habitados, procedendo-se ainda a uma análise da relação custo/ benefício para que os investimentos públicos beneficiem um maior número de pessoas.

Gostaríamos de mostrar, pelas fotografias que seguem, algumas das obras de maior expressão ou de interessantes características, não somente, para mostrá-las como também para comentar, sempre que necessário, os diversos tipos de solução adotados (Anexo II, Figuras II.1 a II.32).

4.3. Educação Ambiental

Conforme já mencionado, a principal ocupação das encostas, no Rio de Janeiro, é desordenada, através da chamada favelização, na qual os ocupantes são, na quase totalidade, pessoas praticamente sem instrução e de baixíssimo nível cultural. Provenientes quase sempre do êxodo rural, face às secas do nordeste, iniciam com construções leves, em geral de madeira, e à medida que vão se fixando no local, já empregados, eles começam a construir suas habitações de concreto e alvenaria. Nesta fase eles executam cortes e aterros inadequados, ocupam e barram talvegues e devastam a vegetação. Isto sem falar nas valas de esgotos lançadas morro abaixo, nas áreas onde vão depositando lixo, totalizando um conjunto de ações detrimentais à estabilidade das encostas e taludes que acabam por gerar os acidentes. É o chamado Rio "ilegal", já que legislação de construção não se consegue fazer cumprir e é restritiva em diversas áreas, como será abordado mais adiante.

A Fundação Geo Rio vem se aprofundando há muitos anos nessa problemática sócio-cultural e, paralelamente às obras estabilizantes, corretivas e preventivas, vem dando ênfase especial à educação ambiental nessas comunidades carentes que habitam as encostas da cidade do Rio de Janeiro. São realizadas palestras nas associações de moradores, exposições itinerantes, distribuição de folhetos com orientações quanto aos procedimentos corretos que devem ser adotados, que contribuirão para a diminuição dos acidentes.

Os líderes comunitários são, via de regra, pessoas com melhor nível intelectual e são treinados para tarefas de conscientização e fiscalização das ações instabilizantes (Anexo III, Figuras III.1 a III.6).

4.4. Sistema Alerta Rio

Em dezembro de 1996, após três anos de estudos, elaboração de projeto e licitações públicas, a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - através de sua Fundação GEO RIO -, implantou o Sistema Alerta Rio visando, principalmente, auxiliar o Poder Público e a Sociedade Civil a tomar medidas preventivas no sentido de minimizar as conseqüências negativas decorrentes de acidentes em encostas (movimentos de massa em geral) deflagrados por intensas precipitações pluviométricas.

O sistema é composto por uma rede telemétrica de 30 pluviômetros automáticos, estrategicamente instalados no território municipal, que enviam os registros pluviométricos medidos a cada 15 minutos, ininterruptamente, 24 horas por dia, para uma estação central computadorizada situada na sede da GEO RIO. Ali, aqueles registros são armazenados e automaticamente analisados por software especificamente desenvolvido para estas funções, com capacidade para emitir relatórios e gráficos referentes à pluviometria registrada na Cidade. A partir da análise contínua dos índices de chuva, o programa computacional pode detectar a aproximação de índices críticos (capazes de deflagrar os escorregamentos) e, automaticamente, acionar um alarme sonoro e/ou emissão de fax para locais pré-definidos, apresentando um relatório atualizado dos índices registrados nas 30 estações pluviométricas. Sempre que o alarme for acionado, a previsão meteorológica de curto prazo será então consultada (a GEO RIO possui um contrato com a INFRAERO, empresa estatal que comanda a estrutura aeroportuária em todo o Brasil, para emissão de boletins meteorológicos a cada 6 horas) e se decidirá sobre a necessidade ou não de se emitir um Boletim de Alerta à população através das emissoras de rádio e televisão. Esta decisão, regulamentada por Decreto Municipal, será tomada em concordância mútua entre o Presidente da GEO RIO e o Coordenador da Coordenação do Sistema de Defesa Civil do Município.

O Boletim de Alerta avisa à população que devido ao registro de intensas chuvas e à previsão de continuidade destas condições climáticas, é alta a probabilidade de ocorrência de deslizamentos nas encostas do Rio de Janeiro e portanto a população deve permanecer em locais seguros, deixar as áreas de risco e evitar trafegar por vias que cortam os maciços montanhosos, até que seja emitido o Boletim de Cancelamento do Alerta (Anexo IV, Figuras IV.1 a IV.3)

4.5. Pesquisas

A Geo Rio também se preocupa com a pesquisa, a introdução de novas tecnologias de contenção de encostas e de novos procedimentos, visando a mitigação dos efeitos das chuvas de verão que constantemente castigam a cidade.

Para tal é mantida uma relação constante de cooperação técnica com a PUC - Pontificia Universidade do Rio de Janeiro, a UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro e com o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

Os serviços são licitados e as empreiteiras - consultoras do Rio de Janeiro participam, visando na execução, cooperar, participar das transferências mútuas de cooperação técnica e etc.

Presentemente, estão em andamento pesquisas para aplicação das técnicas de "Solo Grampeado" e Solo Reforçado com Geotêxtil para contenção de encostas, juntamente com a PUC-RJ e a UFRJ, respectivamente. Com o Instituto de Desenvolvimento de Pesquisas do Canadá e a PUC-RJ, estão se desenvolvendo estudos para reaproveitamento de pneus usados em obras de contenção, um método barato que tem a vantagem adicional de dar destino a pneus usados, um lixo altamente poluente.

A minha empresa - Geomecânica S.A. é a entidade privada que venceu a maioria dessas licitações e participa, desde o início destes serviços, em todas as suas fases e principalmente da execução (Anexo V, Figuras V.1 a V.17 e Anexo VI, Figuras VI.1 a VI.16).

5. CONCLUSÕES

Na saúde das encostas, como no caso dos seres humanos, é sempre melhor prevenir do que remediar.
A experiência em áreas de encostas, no próprio Rio de Janeiro, que receberam urbanização prévia, mostraram que, em geral, as construções constituem ações não instabilizantes. Preservando-se parte da vegetação nativa e os talvegues naturais, implantando-se uma drenagem superficial e profunda adequadas, e protegendo-se contra ações erosivas, contendo os eventuais cortes e aterros convenientemente, pode-se habitar as encostas com segurança. Para que tudo possa funcionar dessa maneira, é preciso que o plano diretor e a legislação de construção, nas cidades que possuem encostas urbanas, sejam especialmente elaborados para evitar a ocupação desordenada.

Hoje, no Rio de Janeiro, ainda não se conseguiu erradicar a invasão das encostas. Parte deste problema consiste na legislação, em vias de sofrer mudanças. Até hoje, terrenos em encostas com áreas superiores a 10.000m^2 só podem receber residências uni-familiares, pela legislação vigente. As mudanças previstas permitirão que sob certas condições de urbanização e preservação de áreas verdes, se possa edificar de 4 a 12 residências, em condomínios do tipo que no início do século se denominavam "vilas'. Os proprietários de terrenos desse tipo vivem hoje, antes da mudança da legislação, problemas do tipo:

- Invasões e favelização no próprio terreno, ou proximidade de favelas;
- Baixo valor dos terrenos no mercado face às restrições obrigando a construções uni-familiares. Não se consegue vender e a construção é inviável;
- Abandono das áreas sem a mínima manutenção de uma drenagem superficial e proteção contra erosões;
- A proibição legal de se construir acima de uma determinada cota faz com que os "ilegais" ocupem essas áreas desordenadamente, causando instabilidade de taludes.

Apesar de não ter ainda todos os problemas de estabilidade de seus taludes e encostas resolvidos, a cidade Rio de Janeiro, que é conhecida no Brasil, como "Cidade Maravilhosa", tem nas suas encostas, debruçadas sobre o litoral, a geografia de intensa beleza que lhe confere tanta fama e aptidões turísticas.

Os trágicos acidentes de 1966 e 1967, se tantos prejuízos e vidas custaram, serviram para que fosse criada a atual GEO RIO, que em mais de 30 anos de atividade, conseguiu formar uma equipe de reconhecida eficiência, talvez das melhores do país em geotecnia urbana. - Prof. Antonio José da Costa Nunes.

ANEXO I

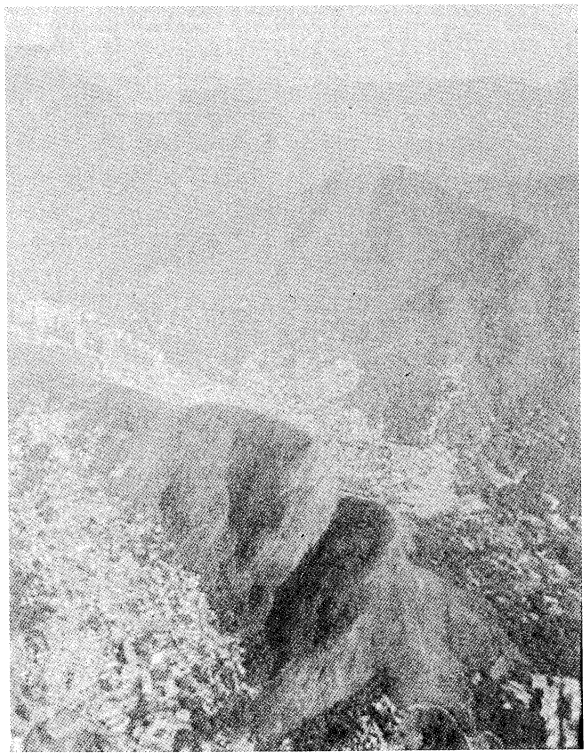


Figura I.1 - Ocupação desordenada e intensa das encostas-Favelização-Alta densidade populacional. À esquerda, a Favela do Vidigal, junto ao mar. Acima, à direita, a Favela da Rocinha. Ver prédios do bairro São Conrado (classe alta).



Figura I.2 - Ocupação desordenada e intensa das encostas.



Figura I.3 – Idem. Favela do Vidigal, na parte inferior direita. Em seguida o Hotel sheraton e o Leblon.



Figura I.4 - Cidade entre o mar e a montanha. Vê-se a lagoa Rodrigo de Freitas em 1º plano. Ao fundo, à esquerda, a Baía de Guanabara e à direita o Oceano Atlântico.

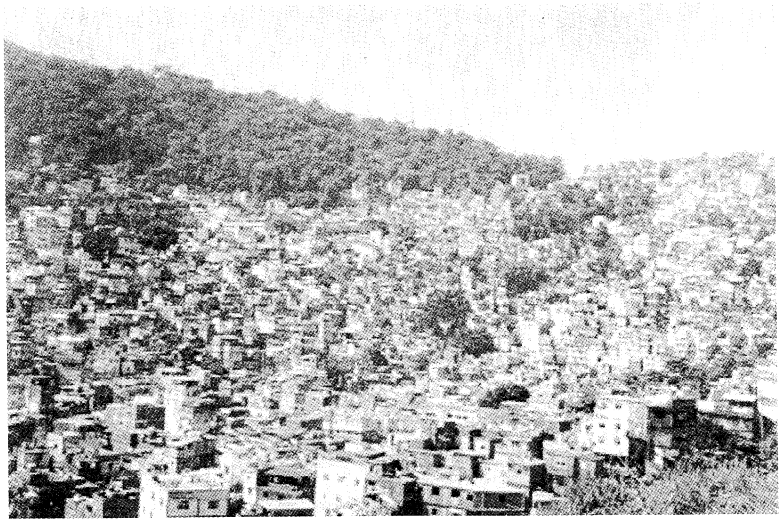


Figura I.5 - Rocinha. Favela que começou com barracos de madeira e zinco e passou ao concreto armado ("Rio Ilegal").

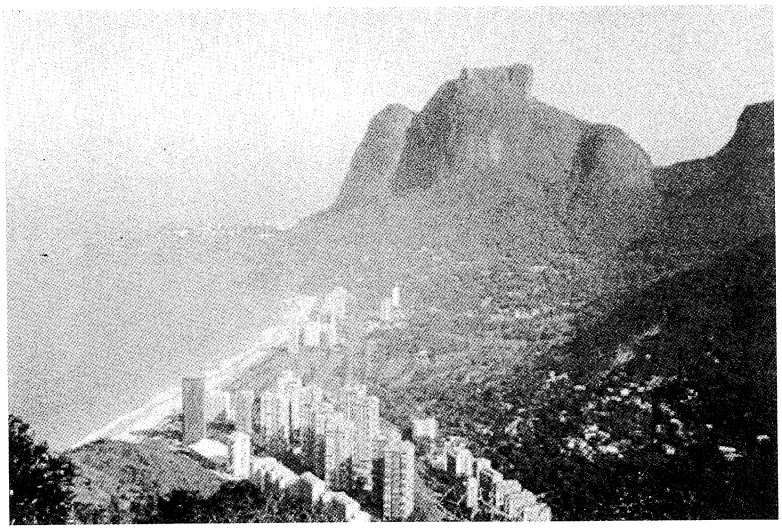


Figura I.6 - Vista geral - Mais uma visão da cidade espremida entre o mar e a montanha. É agora a classe alta, contígua às favelas do Vidigal e da Rocinha, que já vimos.

ANEXO II

Antecedentes: Se trata de um dique de diabásio, alta- mente fragmentado, situado em Copacabana. Vejam as ameaças sobre os prédios vizinhos junto a esta elevação.

Soluções: Face à altura e ao difícil acesso, foi necessária a construção de dois planos inclinados e duas torres (≅ 70m de altura a mais alta). Para a contenção foram construídas grelhas de concreto armado, ancoradas, contrafortes ancorados, ancoragem de diversas lascas e blocos e desmonte dos blocos e lascas que possibilitaram tal procedimento.

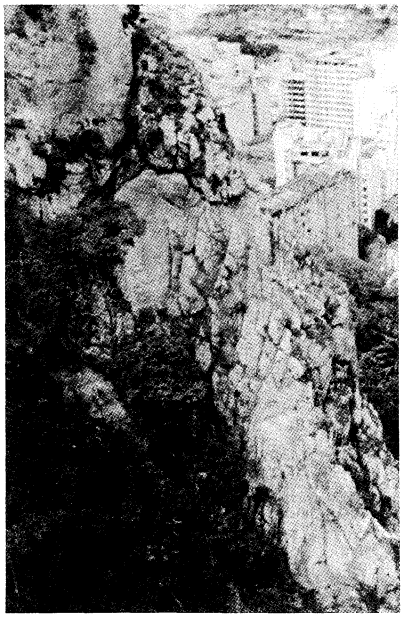


Figura II.1

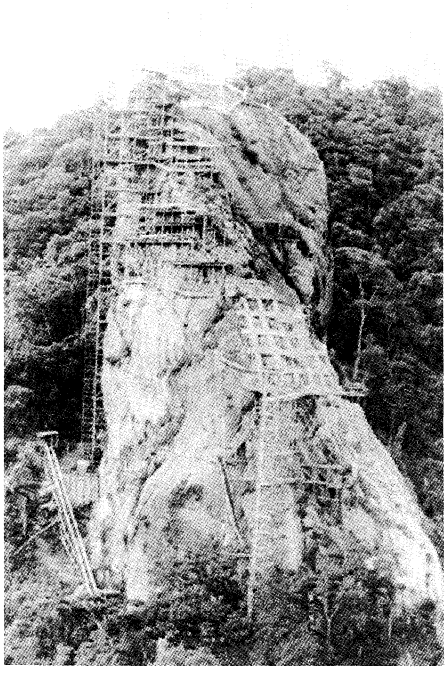


Figura II.2

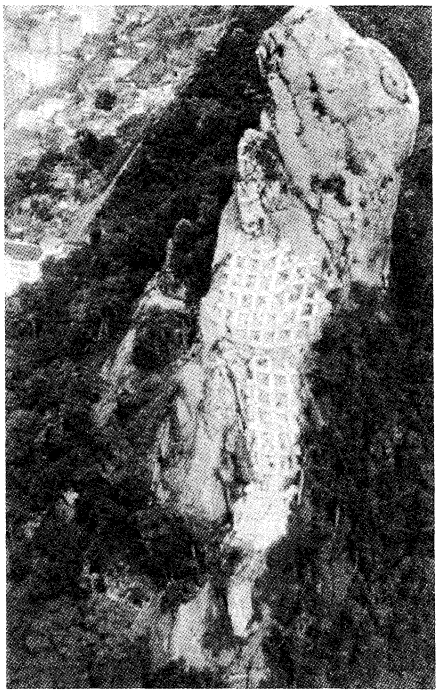


Figura II.3

MORRO DO CORCOVADO

Antecedentes: (Figura II.4) O maciço rochoso do Corcovado apresentava, em sua parte mais elevada, grande quantidade de blocos e lascas rochosas em precárias condições de equilíbrio, sendo necessária a execução de obras estabilizantes.

Soluções: (Figuras II.5, II.6 e II.7) Desmonte e fixação de blocos e lascas, cortinas ancoradas e estruturas de apoio.

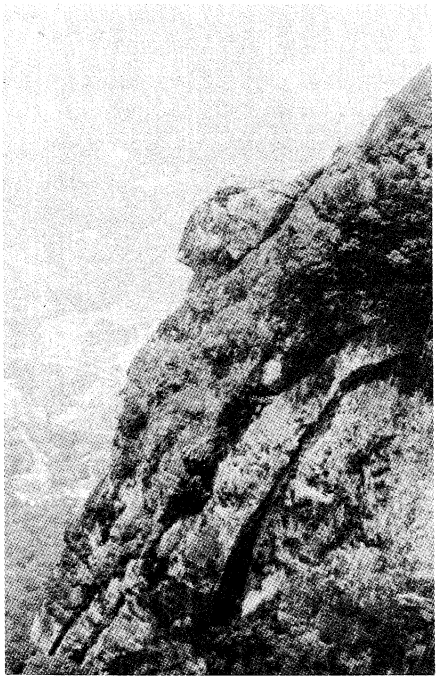


Figura II.4

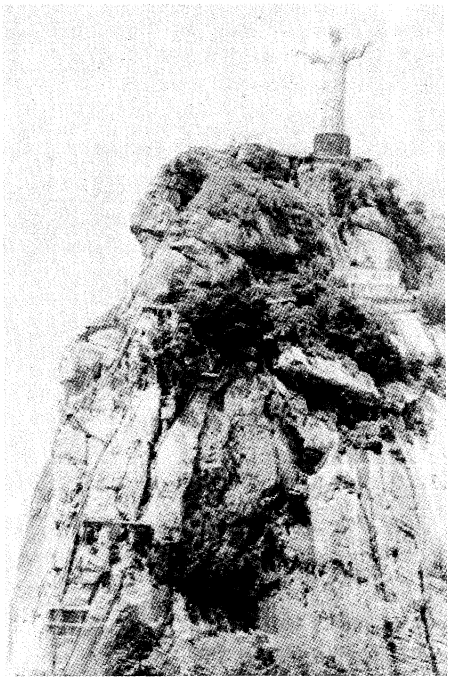


Figura II.5

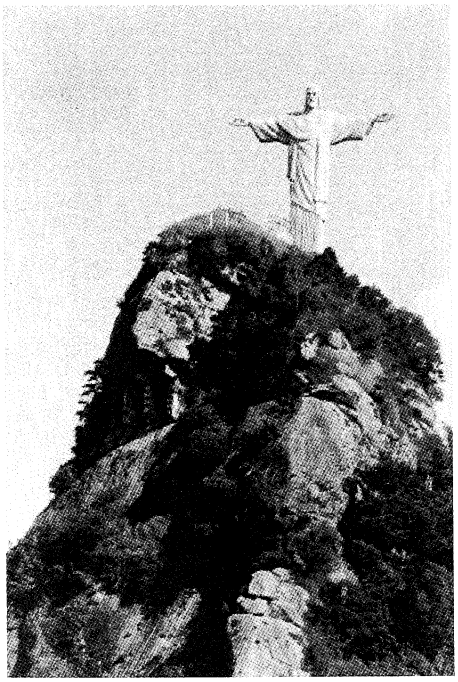


Figura II.6

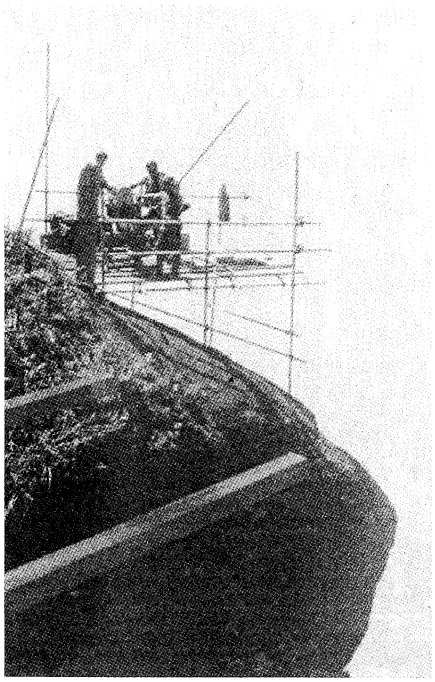


Figura II.7

MORRO DO CANTAGALO

Antecedentes: Blocos de rocha em equilíbrio instável e lascas rochosas desprendidas do maciço que constituíam grave ameaça aos edifícios situados nas ruas a jusante.

Soluções: Desmonte e contenção de inumeráveis blocos rochosos além de uma drenagem superficial e profunda nas ruas de jusante.

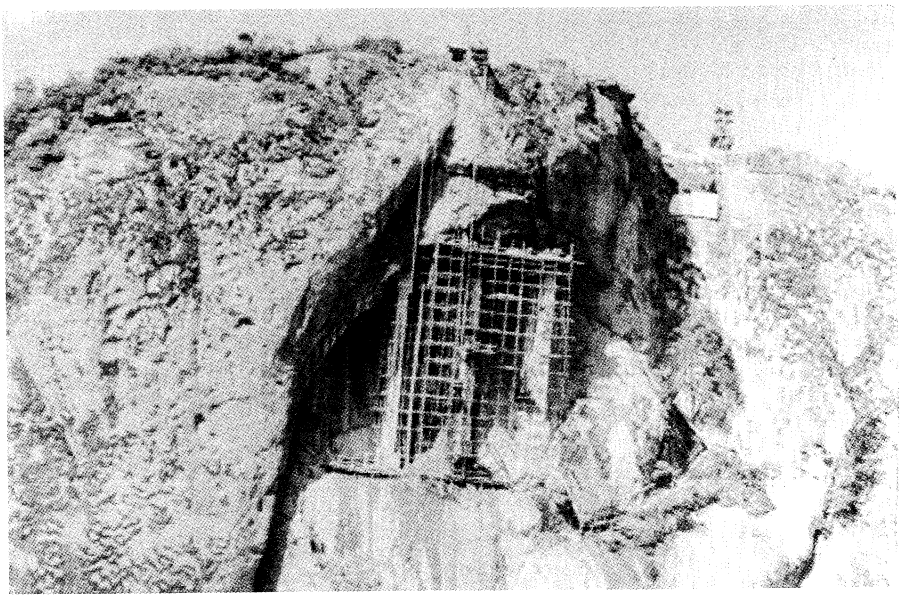


Figura II.8 - Vista das obras em execução com os teleféricos no topo, gigantes de concreto ancorados.

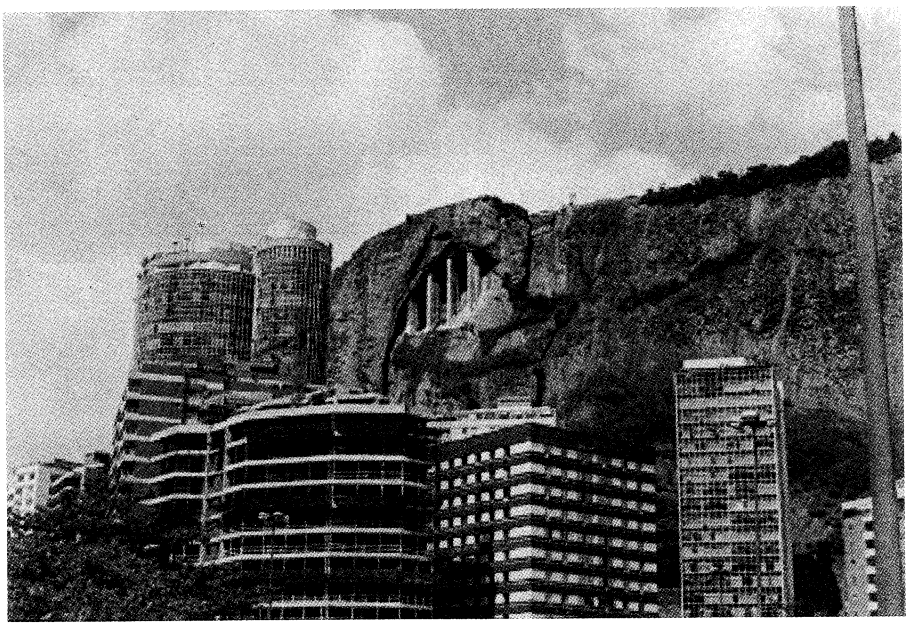


Figura II.9 - Obra pronta mostrando as edificações a jusante.
O grande bloco que se deslocou no passado foi identificado nos estudos de fundação dos prédios redondos (7 a 8m de rocha).

AV. EPITÁCIO PESSOA nº 2560 (Lagoa formosa)

Antecedentes: (Figura II.10)

No local, ao lado da antiga pedreira, ocorreu o deslizamento de uma massa de solo coluvionar, silto arenoso, que alcançou o edifício Lagoa Formosa, destruindo um pilar de sustentação e alcançando o estacionamento com a destruição de diversos veículos.As águas da canaleta a montante da antiga pedreira vizinha, a esquerda, causaram o deslizamento.



Figura II.10



Figura II.11 - Obra pronta vista aérea

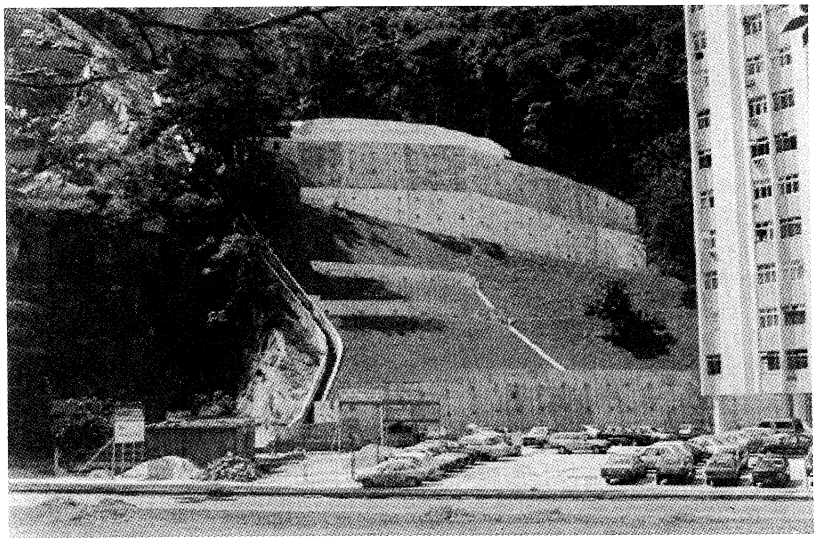


Figura II.12 - Obra pronta vista de frente.

LARANJEIRAS - RUA GAL. GLICÉRIO

Antecedentes: Durante fortes chuvas em fevereiro de 1967, ocorreu um grande deslizamento de uma massa de solo, destruindo totalmente 2 edifícios, 1 casa, causando 114 vítimas fatais.

Soluções: Remoção do material deslizado, cortinas ancoradas, suavização de taludes, estabilização de talude rochoso e drenagem superficial.

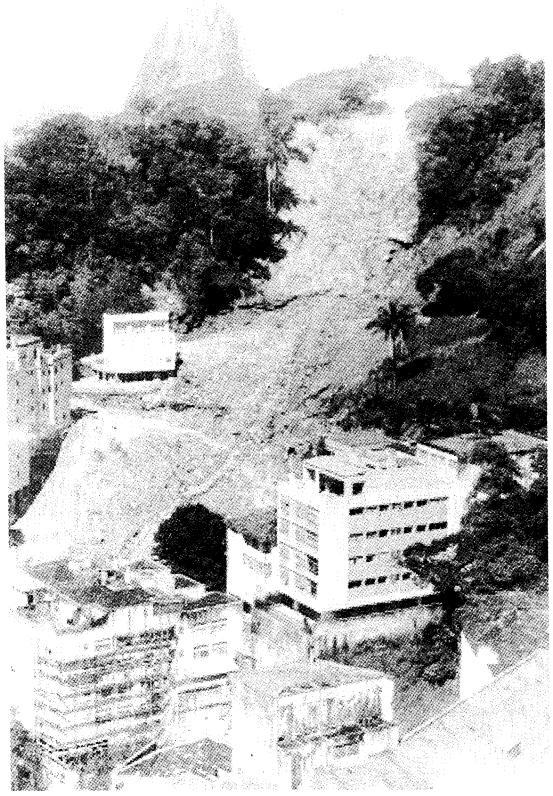


Figura II.13 - Área deslizada sem os edifícios sinistrados.

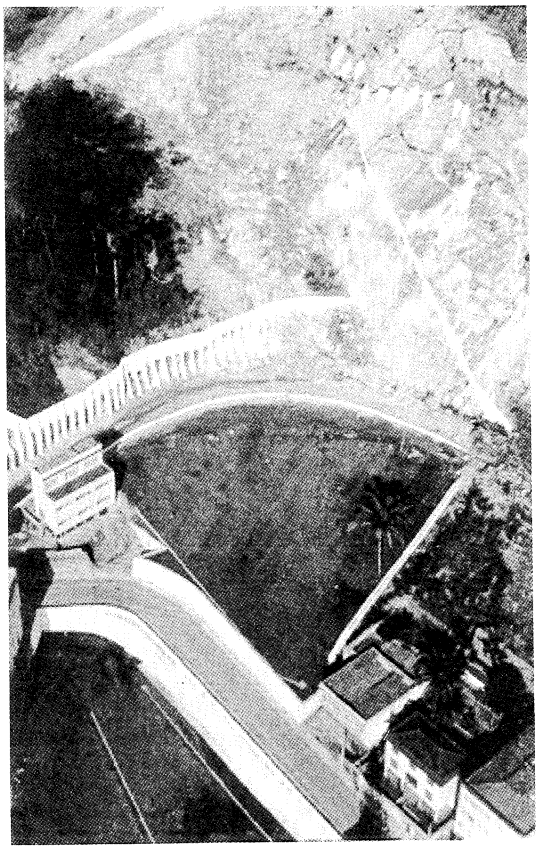


Figura II.14 - Muro de contrafortes ancorados e, à direita, chumbadores e canaletas na rocha.

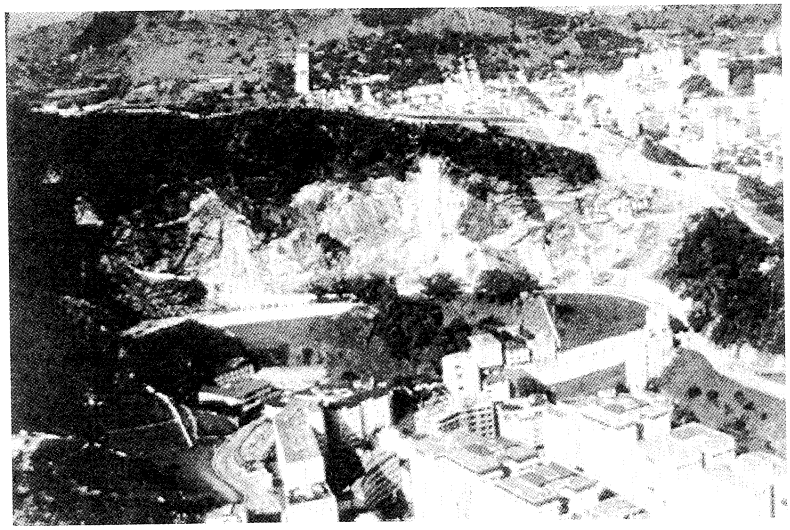


Figura II.15 - Obra pronta.

AV. NIEMEYER

Antecedentes: A Av. Niemeyer se caracteriza por um grande talude rochoso ao longo de sua extensão, sobre o qual está assentada, com capa de solo residual pouco espessa, inumeráveis blocos e lascas disseminados por toda a massa. As chuvas mais prolongadas causavam sempre a sua interrupção devido a deslizamentos da capa de solo, desprendimento de blocos e lascas.

Soluções: Muro de impacto, remoção de material, fixação de blocos e lascas, drenagem superficial, muro de arrimo e cortinas atirantadas, etc..



Figura II.16

AV. EDSON PASSOS

Antecedentes: Uma lasca rochosa de aproximadamente 10.000 toneladas, situada no alto do talude ameaçava desprender-se e cair sobre um conjunto de residências do bairro.

Soluções: Obras de fixação da lasca rochosa através de contrafortes injetados e ancorados no maciço rochoso.

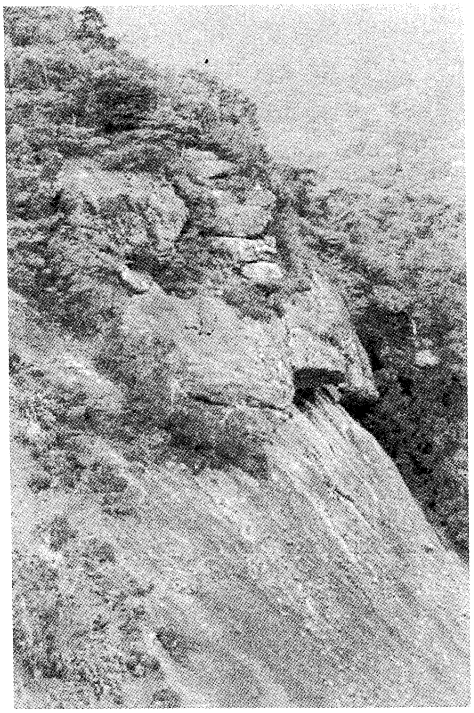


Figura II.17 - Lasca

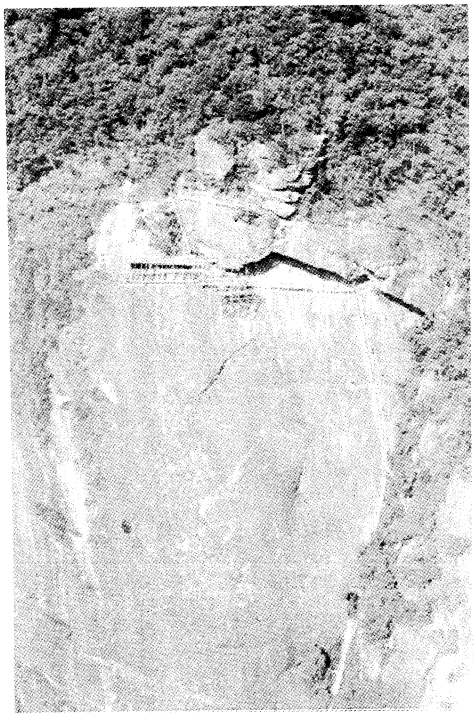


Figura II.18 – A solução geral em construção

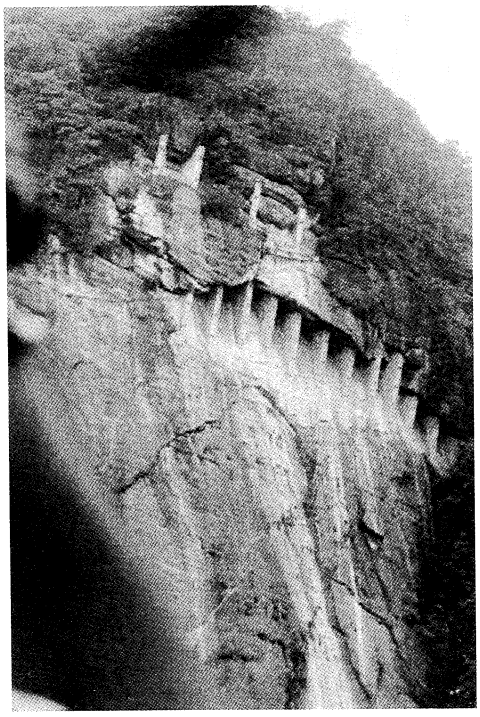


Figura II.19 - A obra pronta.

RUA RIACHUELO

Antecedentes: (Fig. II.20) Em 1995, ocorreu o rompimento de uma tubulação de água, causando a queda parcial de um muro de concreto armado, deixando o remanescente em precárias condições de estabilidade

Soluções: (Fig. II.21) Cortina atirantada no trecho onde o muro foi destruído e reforço com grelha atirantada no trecho remanescente do muro.

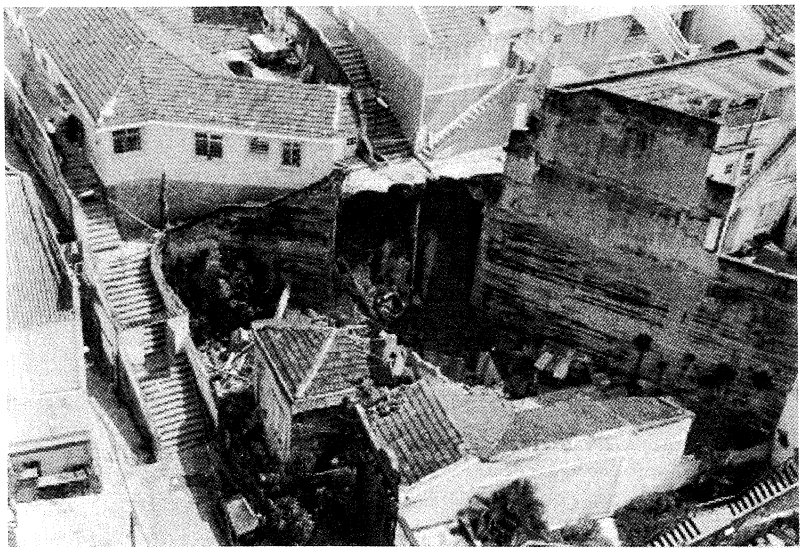


Figura II.20

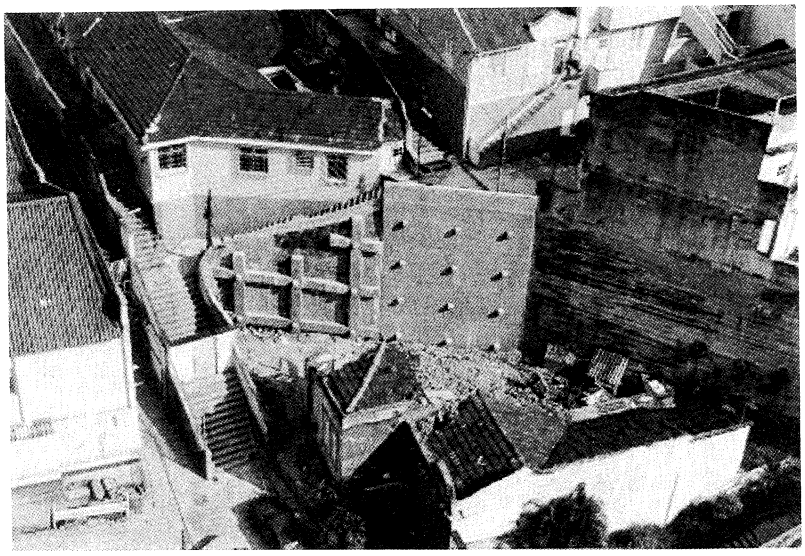


Figura II.21

MORRO DOIS IRMÃOS (ROCINHA)

Antecedentes: (Figura II.22)

Lasca rochosa situada no alto do morro Dois Irmãos sobre a comunidade da Rocinha. A lasca se encontrava em precárias condições de estabilidade, estando individualizada do maciço rochoso. O lugar, por ser de difícil acesso, contribuiu para aumentar os riscos de execução.

Soluções: (Figuras II.23 e II.24)

Obra de fixação de lasca rochosa através de contrafortes chumbados e ancorados no maciço rochoso. Chumbadores isolados e estrutura de concreto armado chumbados na rocha.

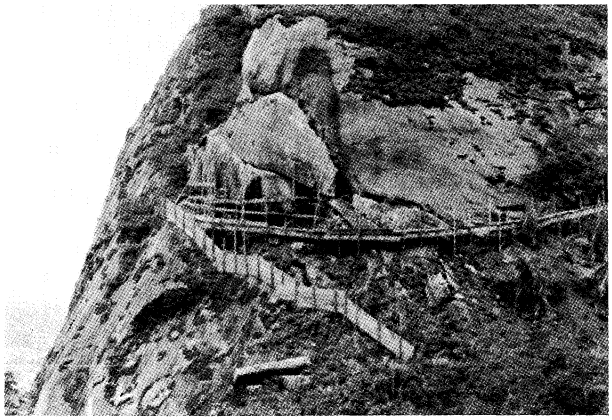


Figura II.22

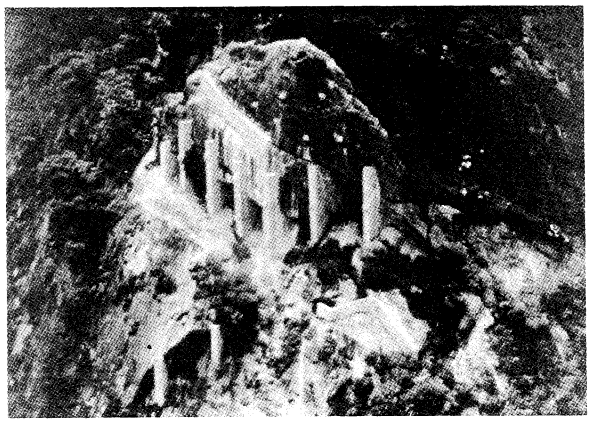


Figura II.23



Figura II.24

Figura II.24
MORRO DONA MARTA

Antecedentes: (Fig. II.25) Em fevereiro de 1988 ocorreu um grande deslizamento da capa de solo destruindo diversas habitações e causando nove vítimas fatais.

Soluções: (Fig. II.26) A estabilização foi realizada pela execução de cortinas atirantadas em reaterros, drenagem superficial e melhorias de acesso de áreas limítrofes.



Figura II.25

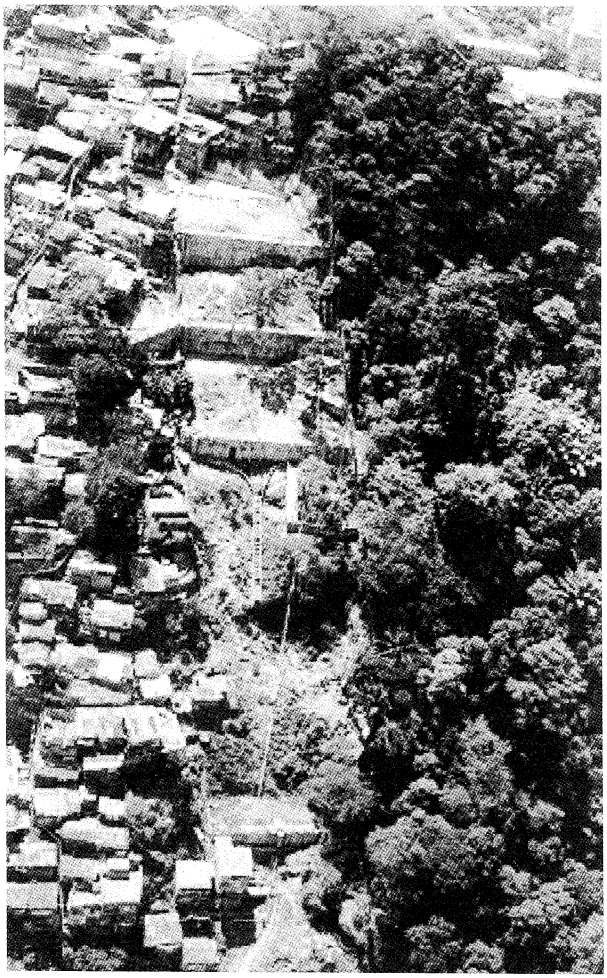


Figura II.26

RUAS SANTO AMARO, FRANCISCA DE ANDRADE E PEDRO AMÉRICO

Antecedentes: Foi dos lugares do Rio de Janeiro o mais duramente atacado pelas chuvas de 1966 e 1967, quando ocorreram diversos deslizamentos destruindo ruas, edificações, vegetação e causando a perda de dezenas de vidas humanas.

Soluções: Foi executado um grande conjunto de obras dando tratamento global a todo o vale da rua Santo Amaro, uma das maiores e mais completas obras realizadas. Estas obras constaram de terraplenagem para formação de taludes estáveis, recobrimento vegetal, drenagem superficial, revestimento de taludes com solo-cimento, represas de regularização de saída de água, cortinas ancoradas, muros de peso e de concreto armado.

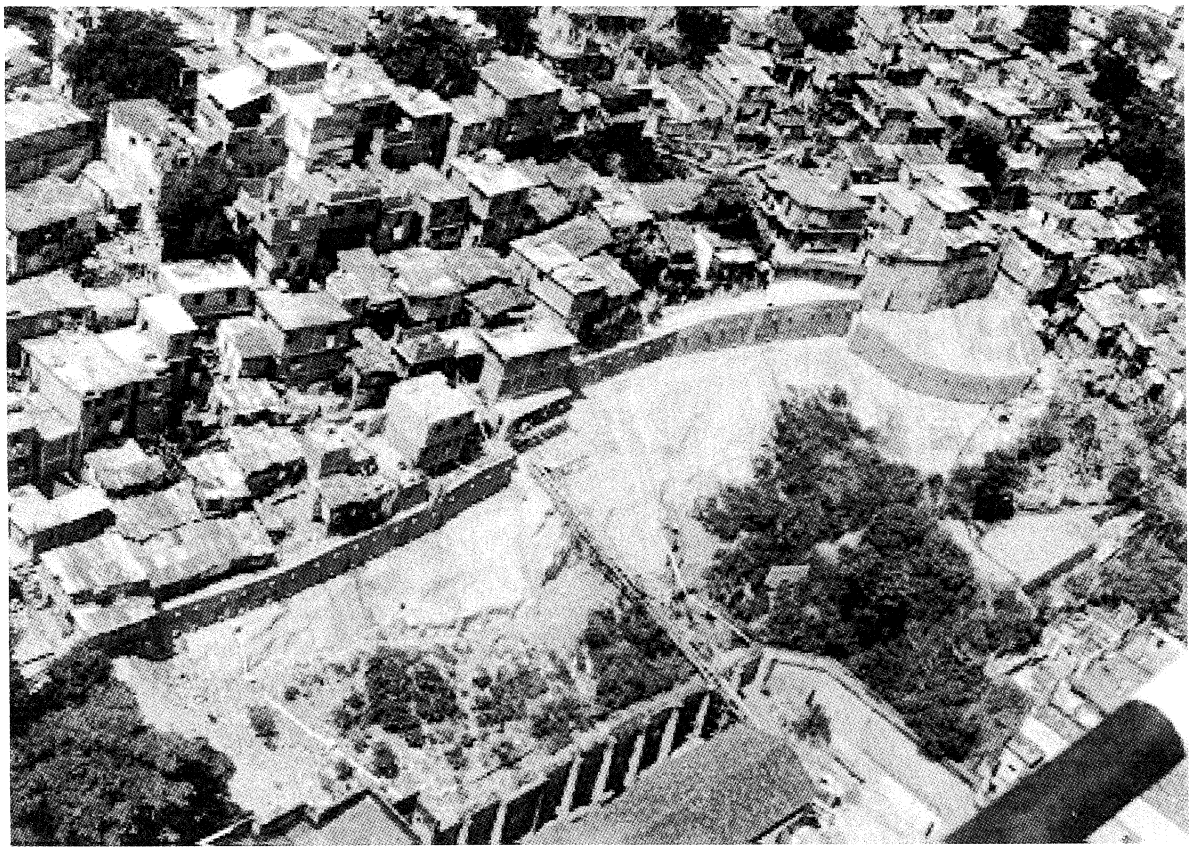


Figura II.27

MORRO DO VIDIGAL

Antecedentes: Grande bloco de rocha situado no alto do Vidigal em local de difícil acesso, causava grande insegurança aos vizinhos, principalmente durante os períodos chuvosos.

Soluções: Obra de fixação do bloco de rocha através de contrafortes chumbados e ancorados no maciço rochoso.

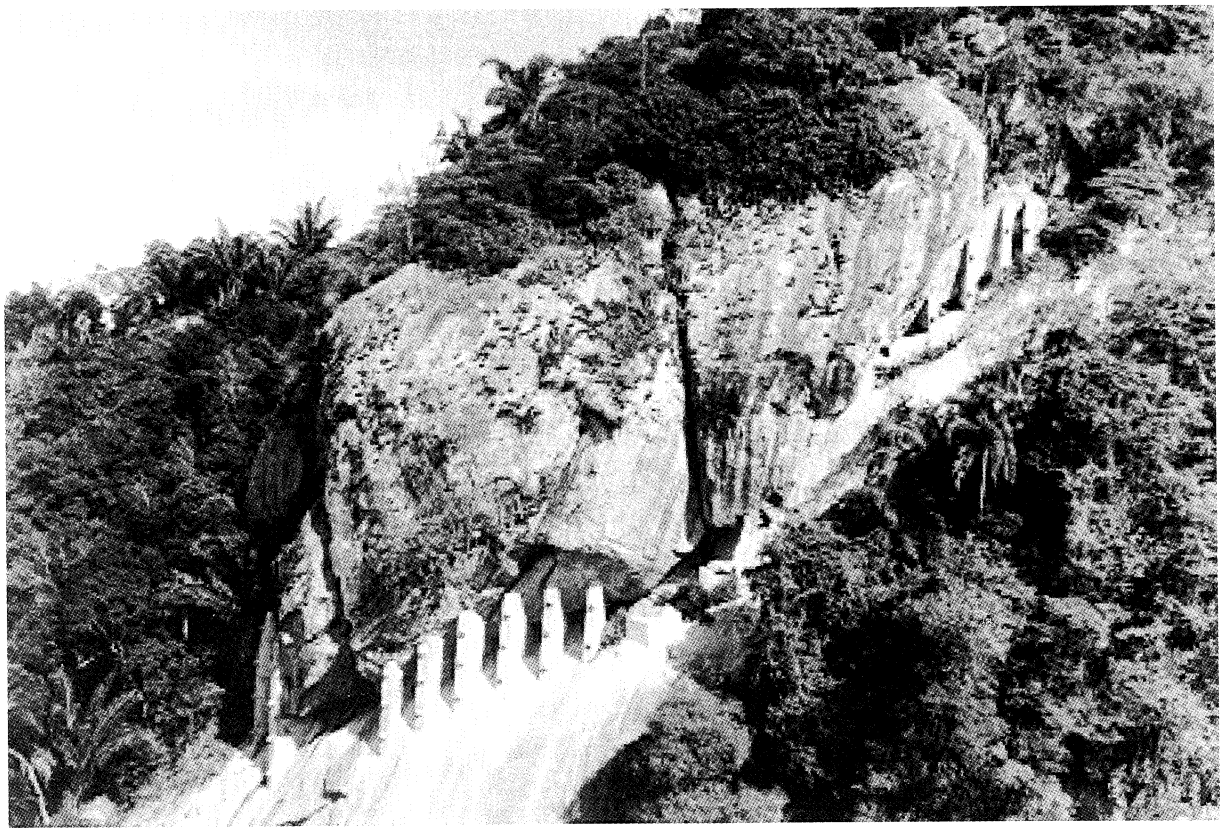


Figura II.28

RUA PEDRO AMÉRICO

Antecedentes: Talude rochoso bastante fraturado situado em zona densamente habitada, tanto a montante quanto a jusante.

Solução: Revestimento do talude com concreto projetado, muro de arrimo de concreto armado com contrafortes, ancoragens isoladas e grelha atirantada.



Figura II.29

AV. NIEMEYER, 318

Antecedentes: Em junho de 1993 ocorreu o deslizamen-to de massa heterogênea de solos e blocos de rocha provenientes da parte superior do talude sobre a avenida (Figura II.30). A massa deslizada destruiu parcialmente um imóvel, causando três vítimas fatais e obstruindo totalmente um trecho da via. (Figuras II.31 e II.32)

Soluções: Remoção do material, fixação de blocos e lascas, drenagem superficial chum-bada na rocha, contrafortes ancorados e chumbados na rocha.



Figura II.30

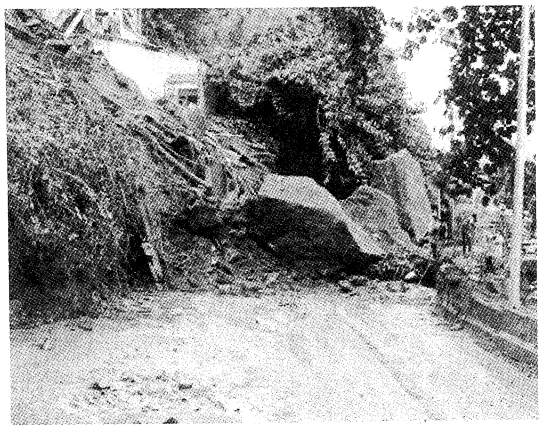


Figura II.31



Figura II.32

ANEXO III



Figura III.1 - Proteção de talude rochoso com tela metálica.

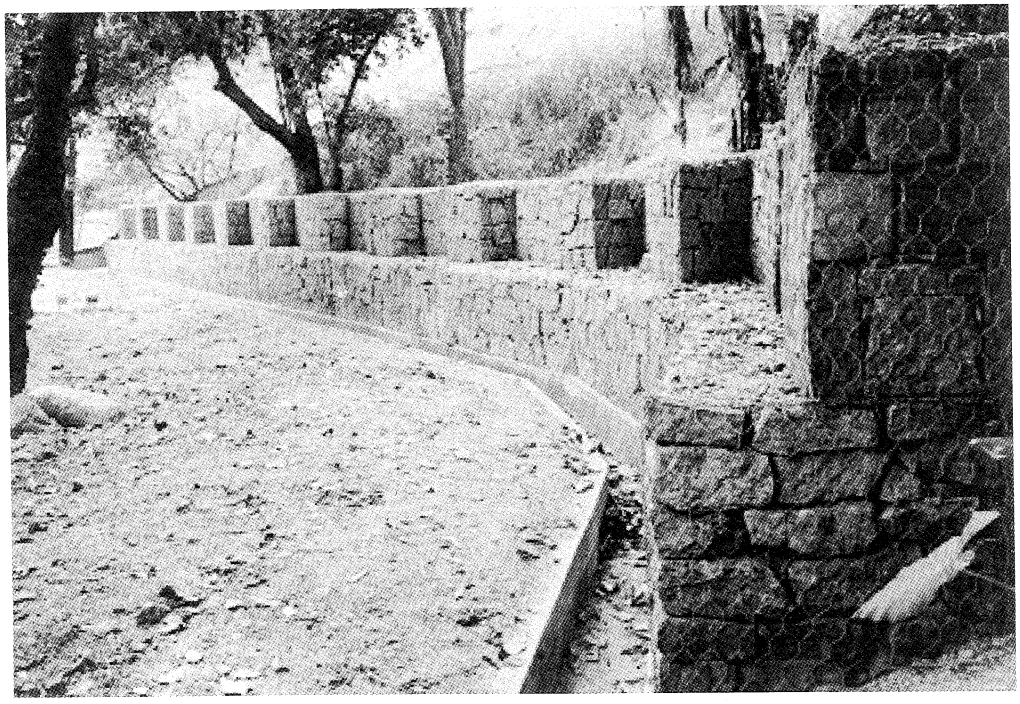


Figura III.2 - Muro de gabião.

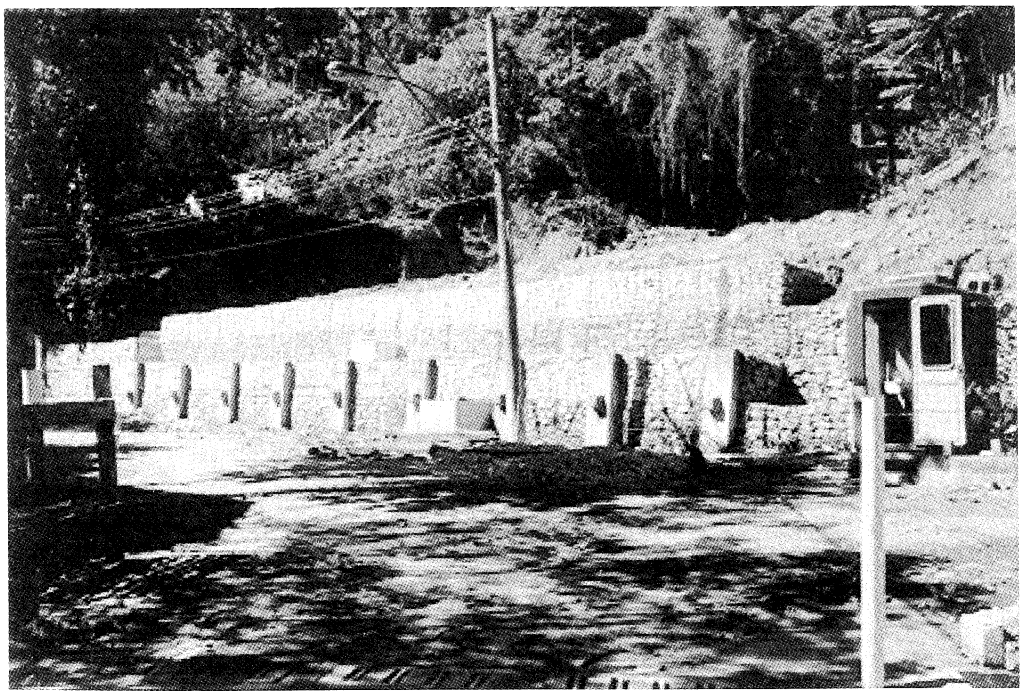


Figura III.3 - Muro de gabião atirantado.

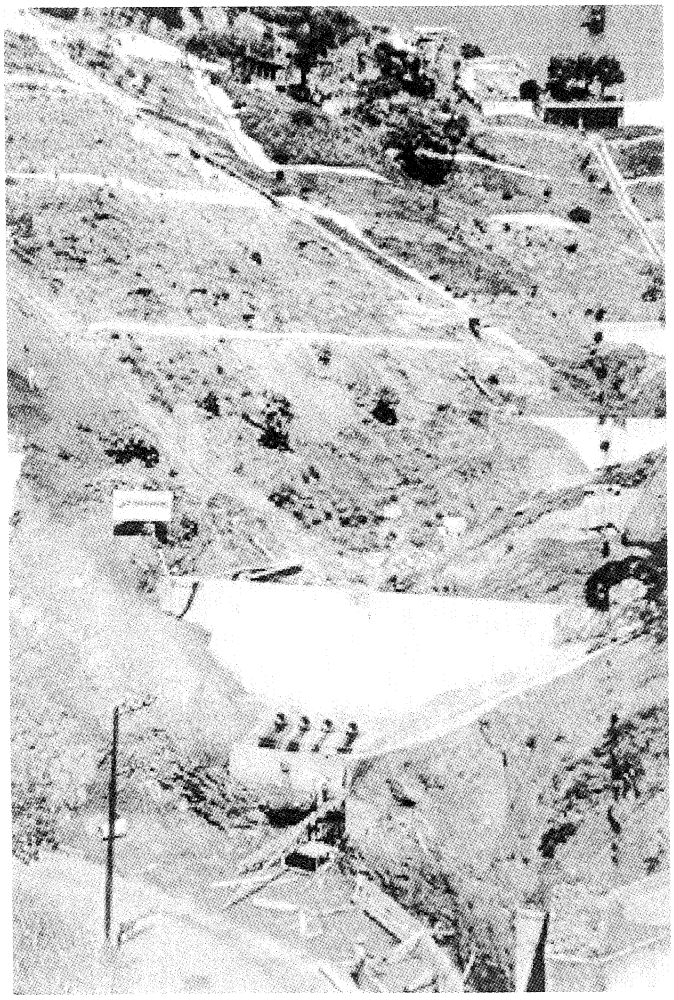


Figura III.4 - Sistema de drenagem superficial com barragens de acumulação para dissipação de energia ao longo do talvegue.



Figura III.5 - Canaleta de grande dimensão para proteção das casas a jusante.

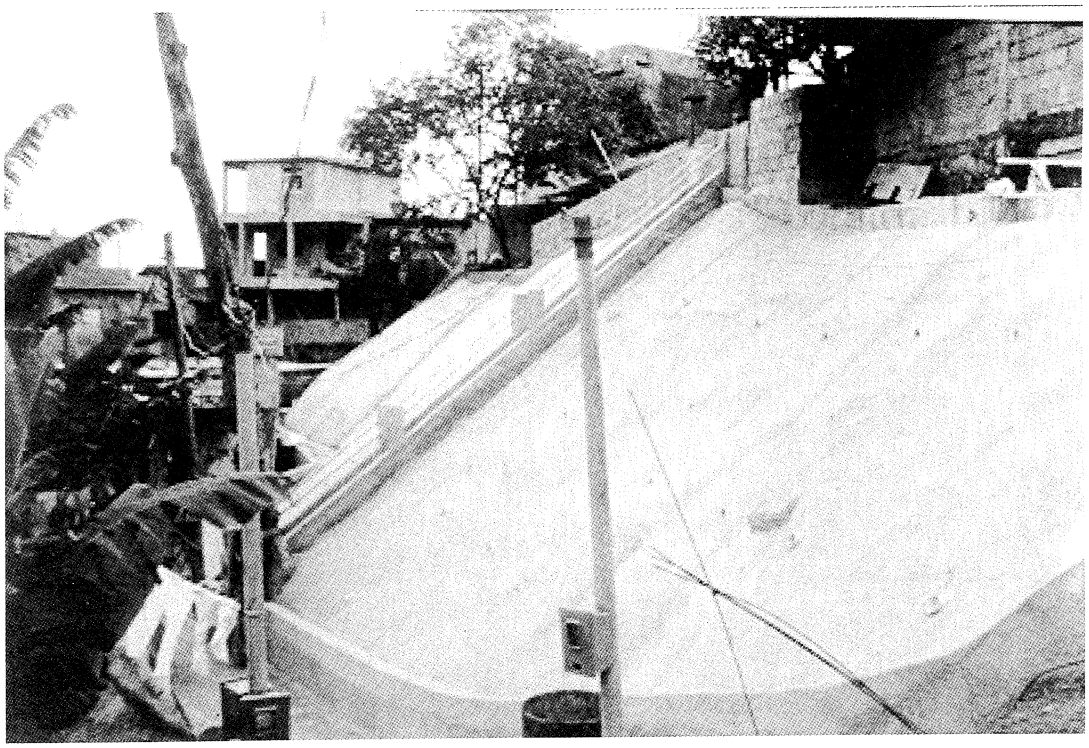


Figura III.6 - Concreto projetado. Ver viga superior para fixação da tela metálica e canaleta inferior para condução das águas superficiais e dos barbacãs.

ANEXO IV

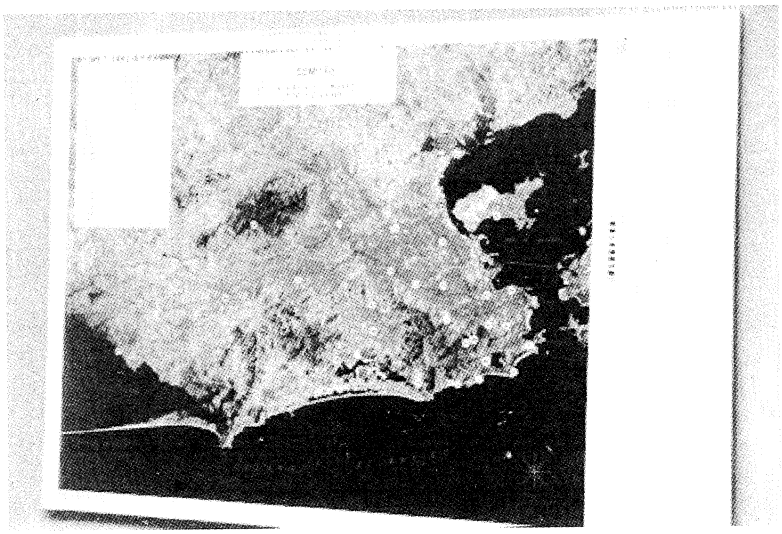


Figura IV.1 - 30 estações localizadas em pontos estratégicos no Rio de Janeiro.

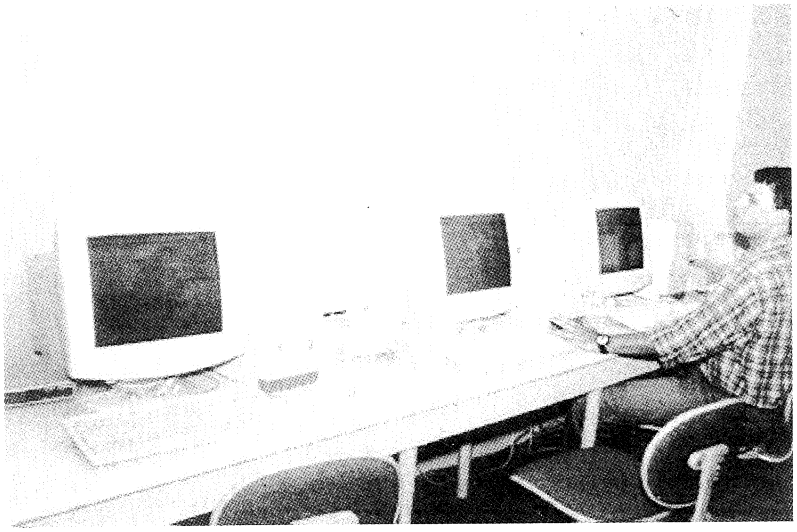


Figura IV.2 - Análise de dados.

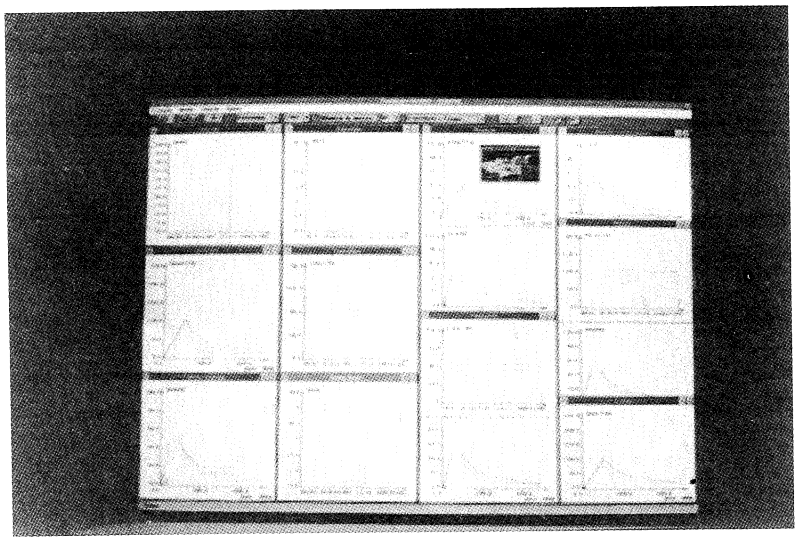


Figura IV.3 - Gráficos referentes à pluviometria.

ANEXO V

PESQUISA - MURO DE PNEUS

MÉTODO EXECUTIVO

Estrutura : Muro de pneus com 60m de comprimento, 4m de altura, 3m de largura média.

Perfil Geotécnico: Aterro a montante - solo silto-arenoso compactado.
Aterro no interior do pneu - solo silto-arenoso compactado.
Fundações - areia medianamente compacta.

Características: 3 seções de 15m com pneus cortados.
1 seção de 15m com pneus inteiros.
Amarração manual com corda de polipropileno com 6mm de diâmetro.

1. Limpeza e nivelamento da superfície do terreno.
2. Colocação manual dos pneus de acordo com arranjo de projeto.
3. Amarração dos pneus.
4. Preenchimento dos pneus com o solo selecionado.
5. Compactação do solo de preenchimento dos pneus com placa vibratória.
6. Lançamento, espalhamento e compactação do aterro a montante do muro.
7. Repetição das operações anteriores até a altura final de projeto.

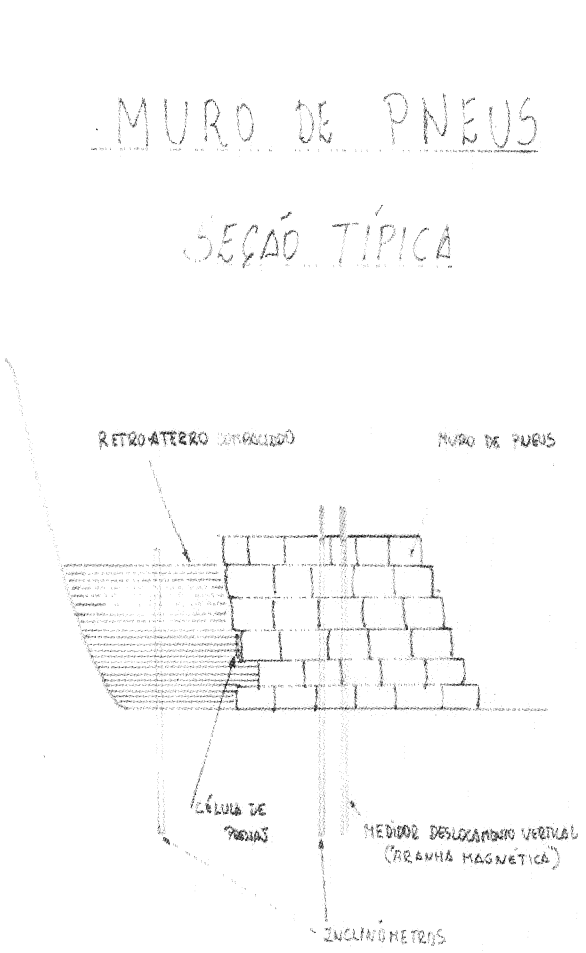


Figura V.1 – Seção típica de um muro de pneus.



Figura V.2 -Visão do canteiro de obra.

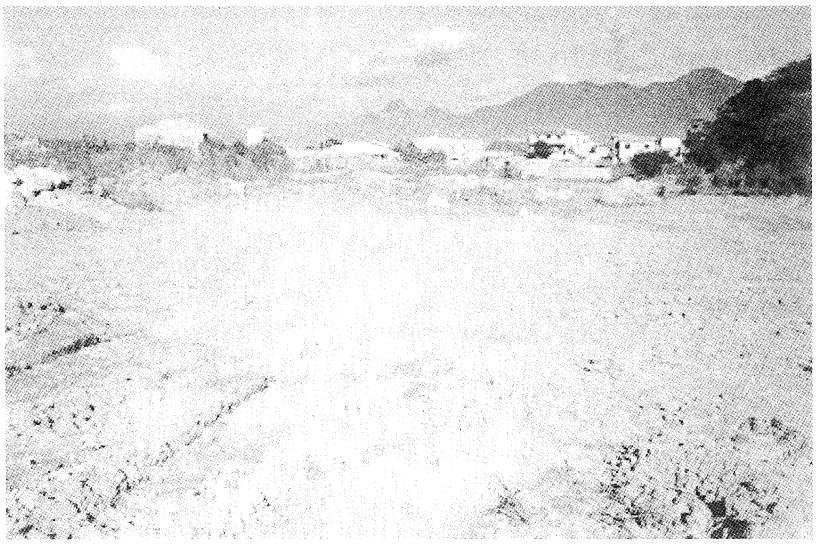


Figura V.3 - Visão geral.



Figura V.4 - Local da construção do muro.



Figura V.5 - Compactação do solo com placa vibratória (camada base).

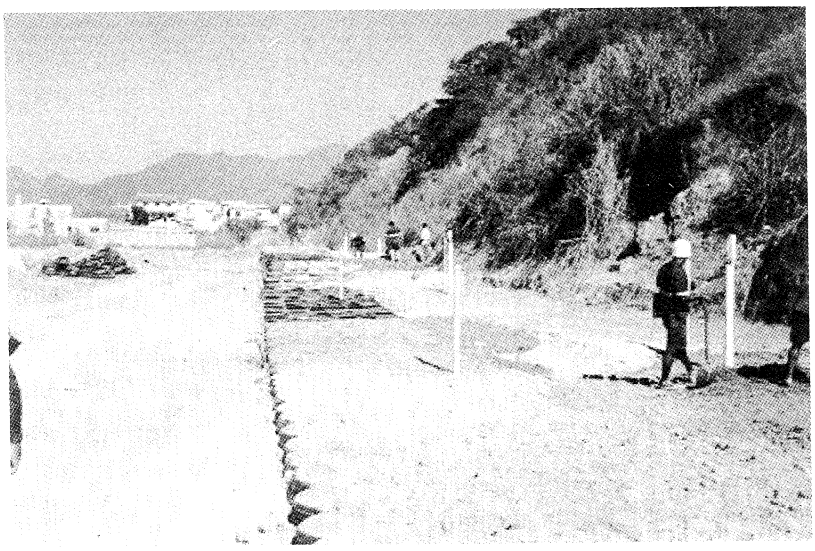


Figura V.6 - Visão geral da praça de lançamento e instrumentação geotécnica instalada. (Inclinômetros e medidores de deslocamento vertical).



Figura V.7 – Máquina para corte de pneus.



Figura V.8 – Pneus dispostos na configuração de projeto já amarrados. (Cabos de polipropileno ϕ 66m)



Figura V.9 - Ensaios para determinação de peso específico e umidade "in situ".

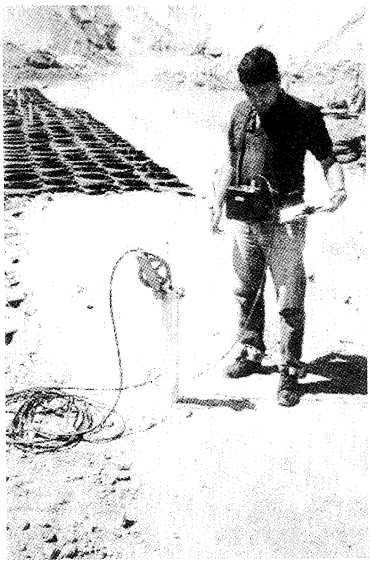


Figura V.10 – Leituras de inclinômetro.

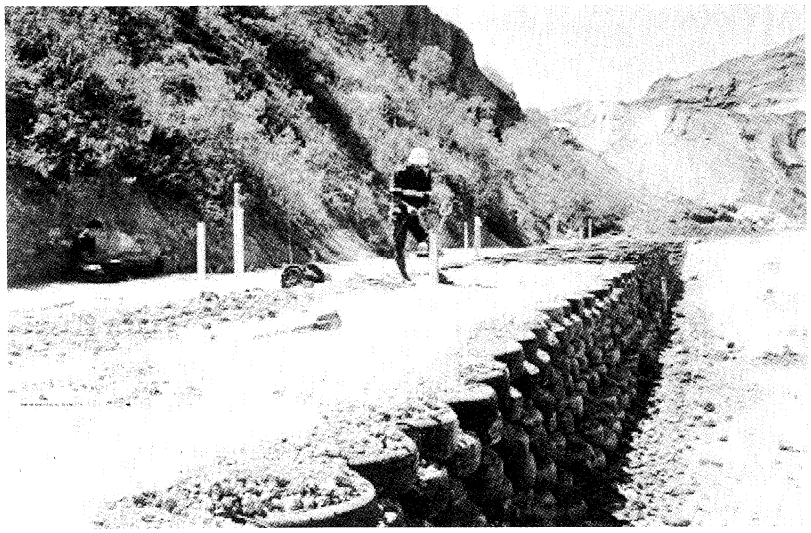


Figura V.11 - Visão geral do muro de pneus

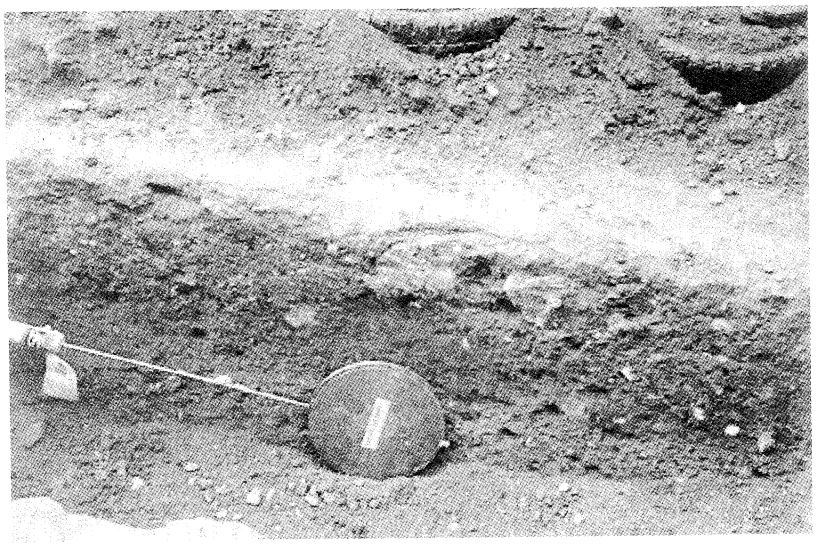


Figura V.12 - Instalação da célula de pressão (no aterro a montante - 4 seções).

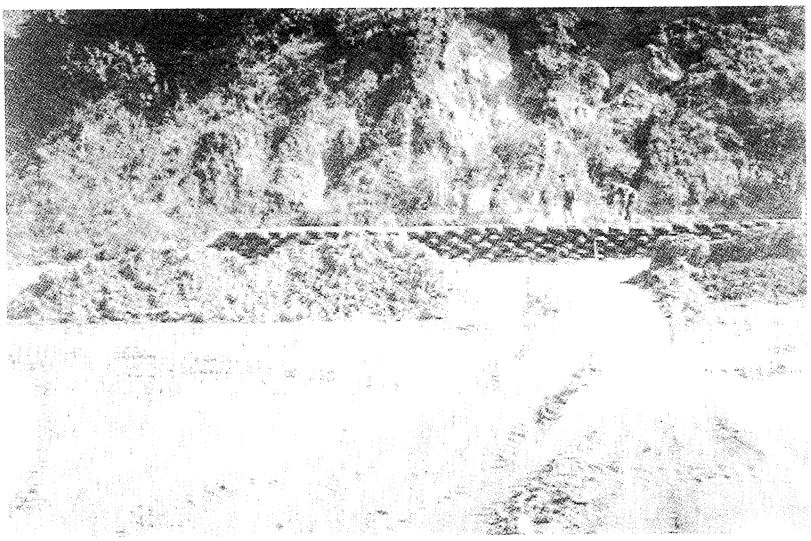


Figura V.13 - Visão geral da obra (início).

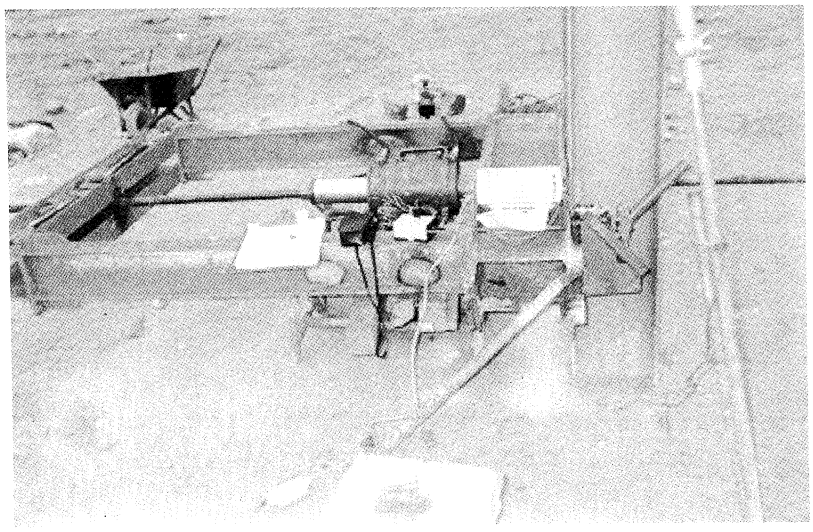


Figura V.14 - Ensaio de arrancamento de pneus.

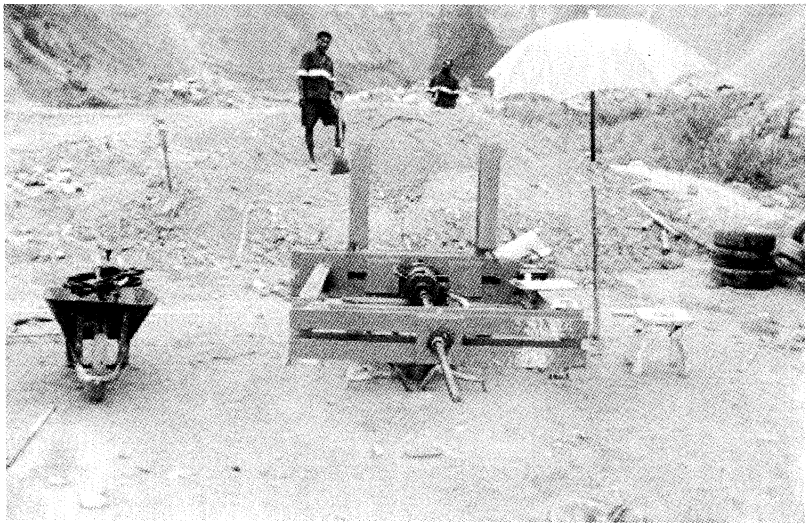


Figura V.15 - Ensaio de arrancamento de pneus.

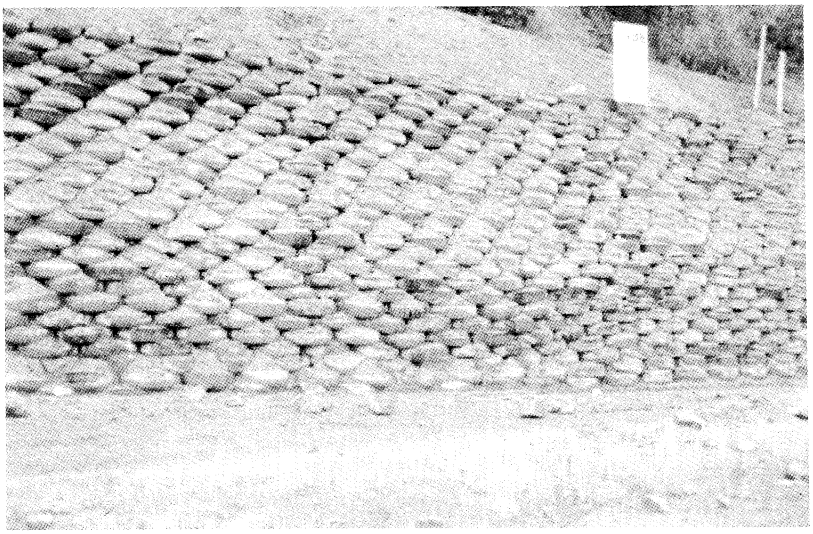


Figura V.16 - Visão geral da obra concluída.



Figura V.17 - Visão geral do muro de pneu concluído.

ANEXO VI

PESQUISA - SOLO GRAMPEADO

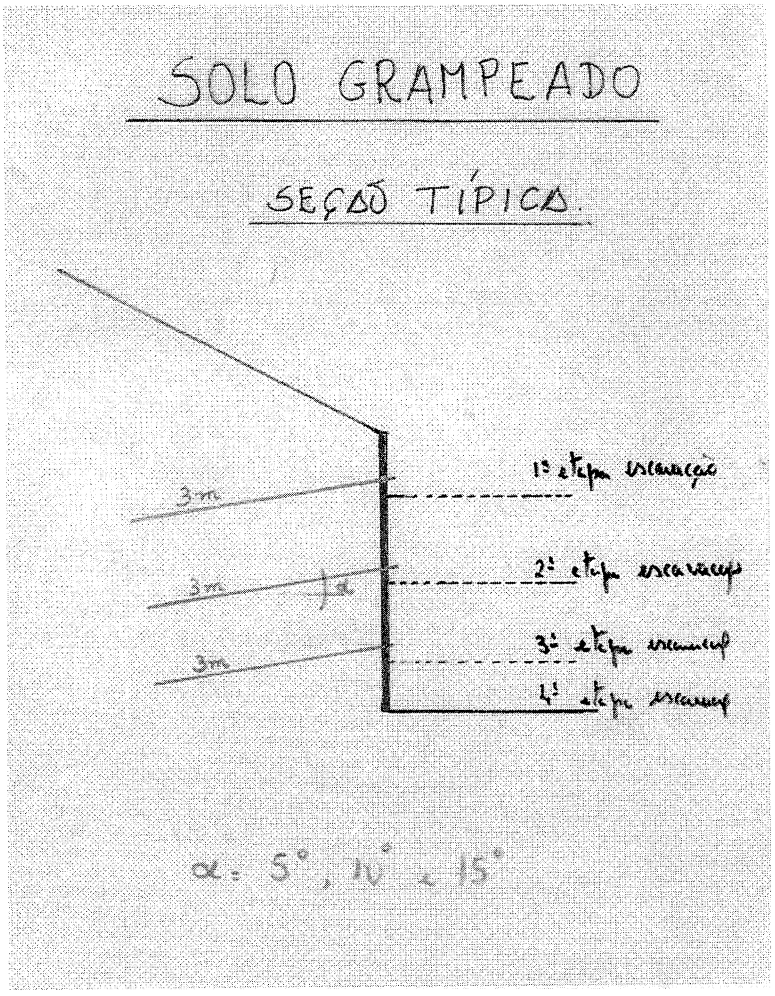
MÉTODO EXECUTIVO

Estrutura: 36m de comprimento, 6m de altura, 0,10m de espessura, face vertical

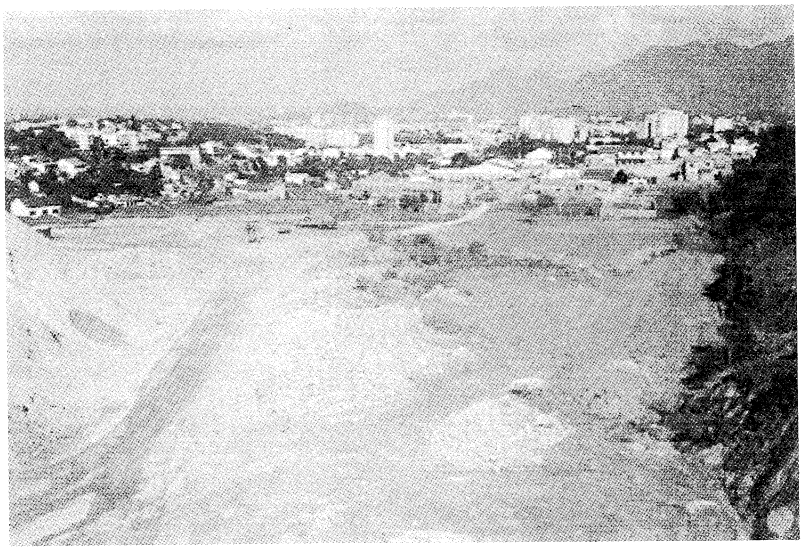
Perfil Geotécnico: 3m de colúvio, 3m solo residual

Grampos: Barra de aço CA-50, ϕ 25mm, 3m de comprimento, com proteção anti-corrosiva.

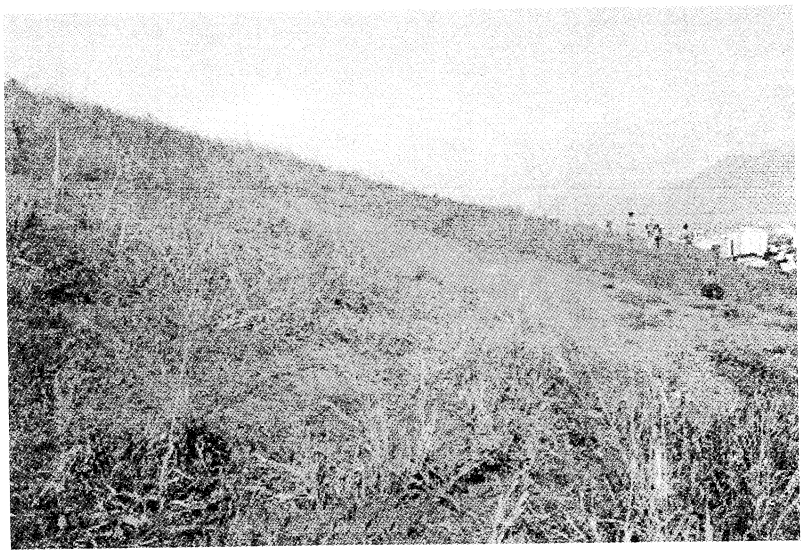
1. Escavação do terreno em 4 etapas.
2. Instalação dos grampos por perfuração rotativa com 75mm de diâmetro.
3. Injeção de calda de cimento, sem pressão.
4. Chapisco.
5. Colocação de tela metálica soldada.
6. Aplicação do concreto projetado.
7. Acabamento da superfície.
8. Colocação das placas, cunhas e porcas na cabeça do tirante, sem protensão.
9. Colocação da proteção de concreto das cabeças dos tirantes.



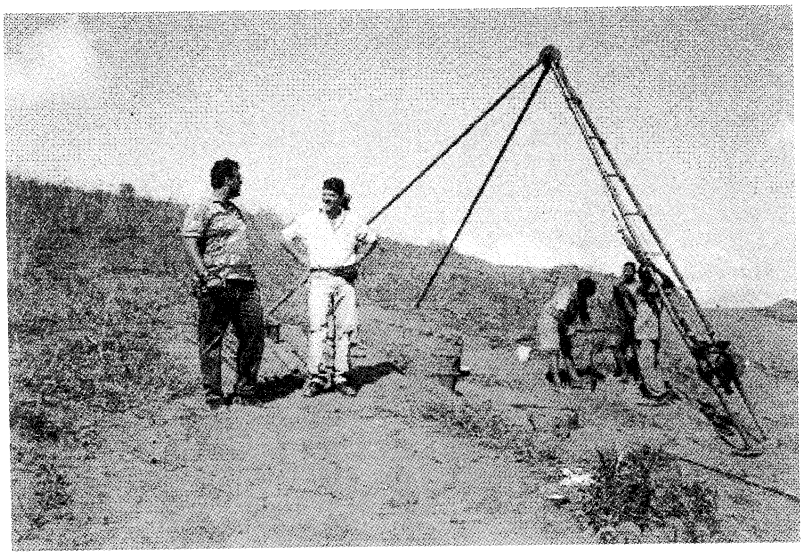
Anexo VI.1 – Seção típica de solo grampeado



Anexo VI.2 - Visão geral.



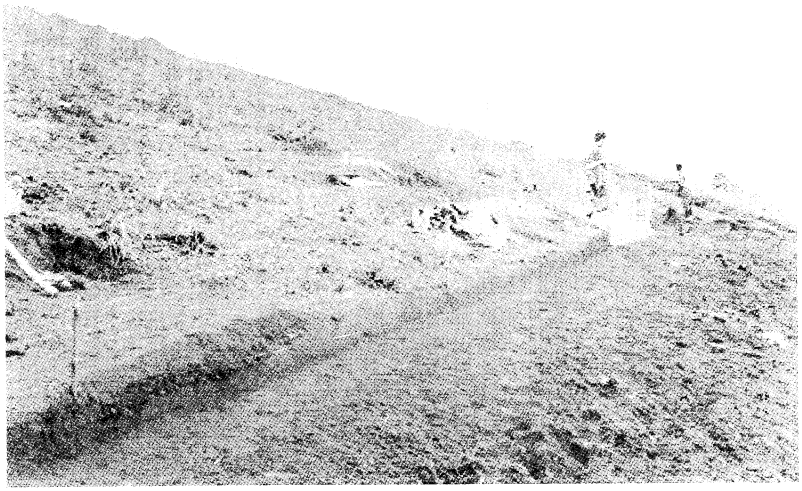
Anexo VI.3 - Local da pesquisa.



Anexo VI.4 - Início das sondagens.



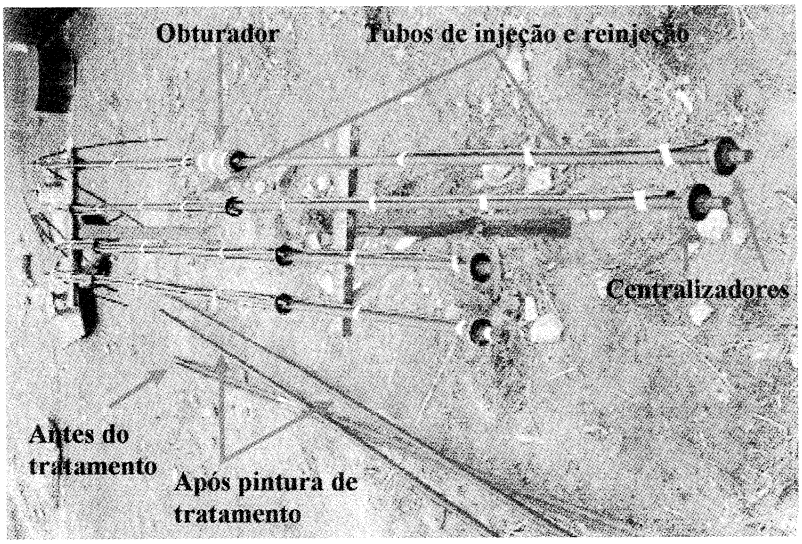
Anexo VI.5 - Execução das sondagens e instalação de instrumentação.



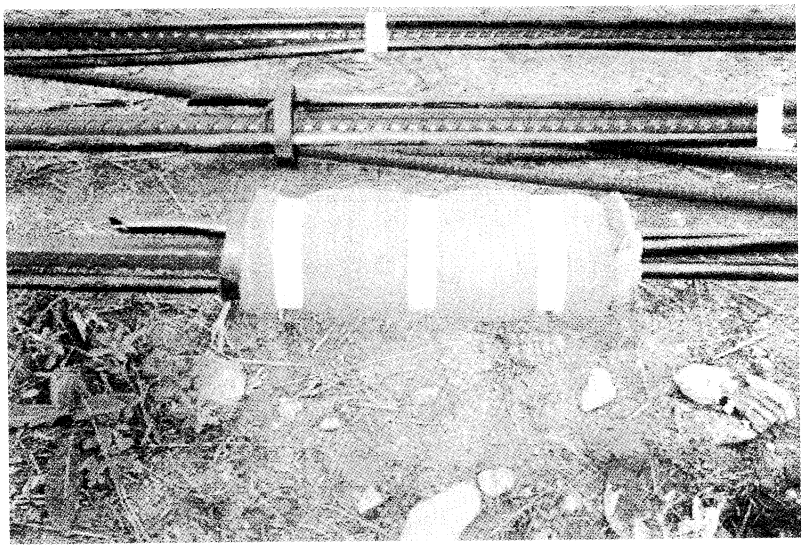
Anexo VI.6 - Início das escavações.



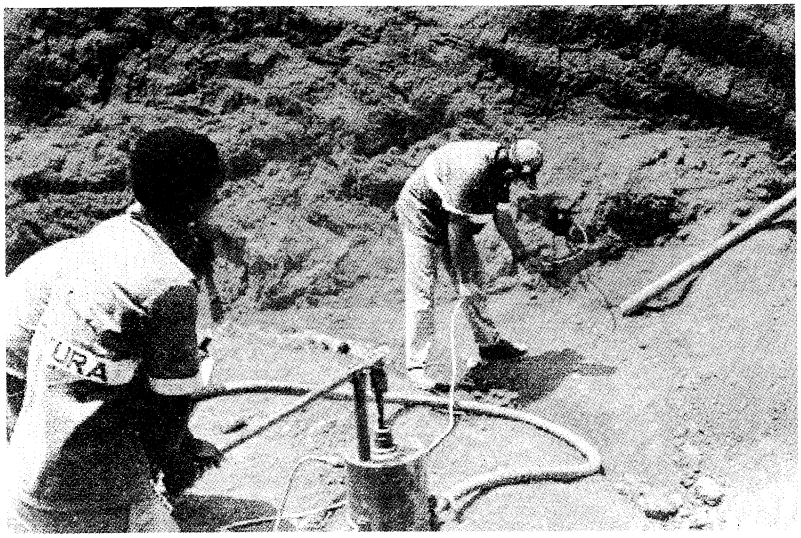
Anexo VI. 7 - Perfuração para instalação dos grampos.



Anexo VI.8 - Detalhe das barras.



Anexo VI.9 - Detalhe do obturador instalado nas barras.



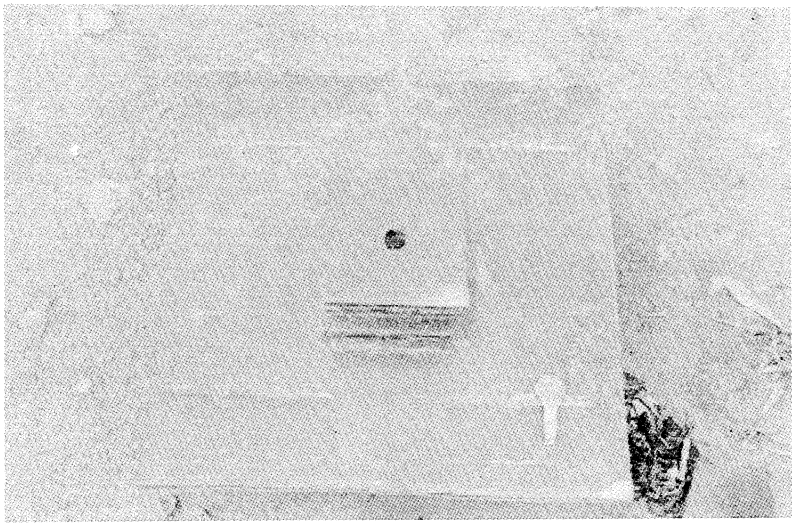
Anexo VI.10 - Chumbamento dos grampos.



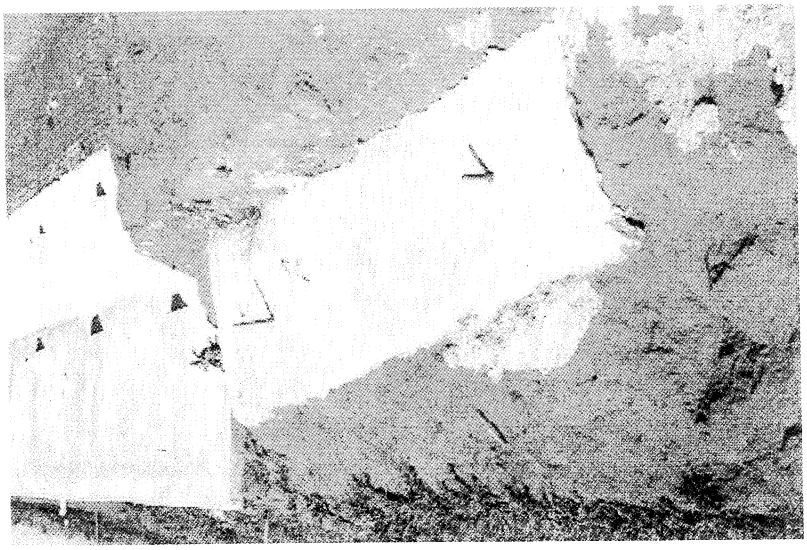
Anexo VI.11 - Instalação da tela.



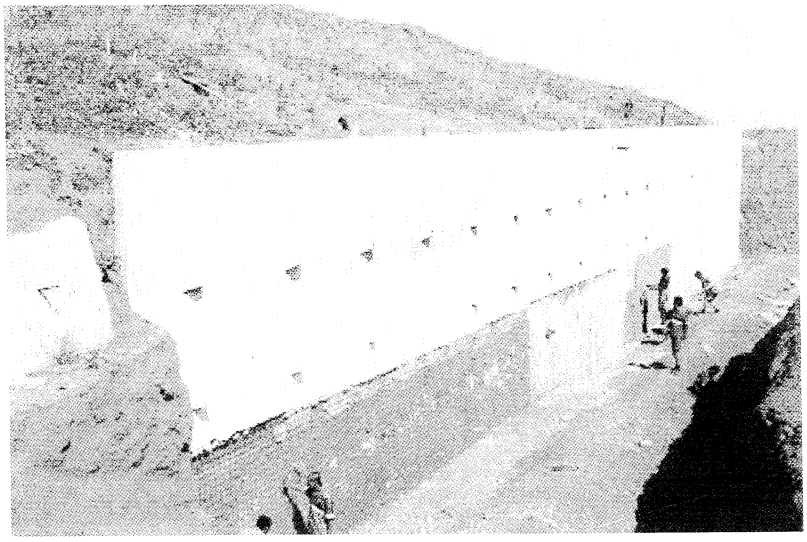
Anexo VI.12 - Visão parcial da parede com solo grampeado. (Previamente chapiscada)



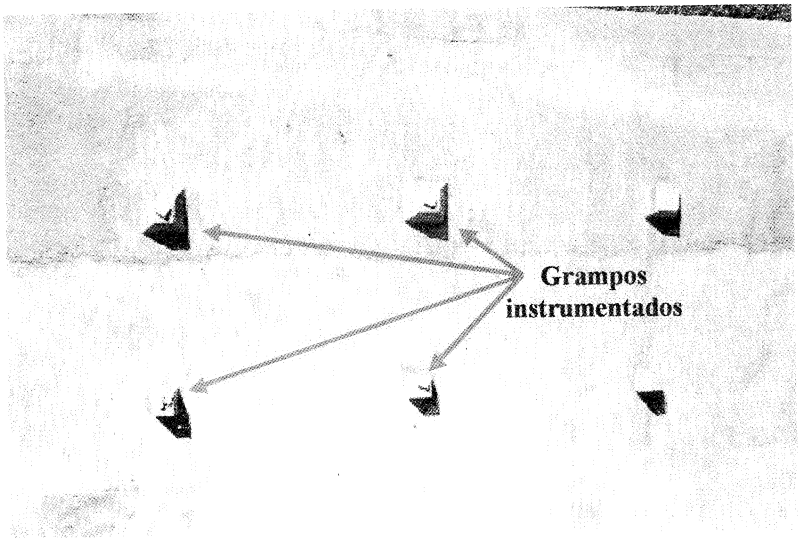
Anexo VI.13 - Placa para ensaio de arrancamento.



Anexo VI.14 - Tirantes injetados para ensaios de arrancamento.



Anexo VI.15 - Visão da parede de solo grampeado em fase de conclusão.



Anexo VI.16 - Visão da parede do solo grampeado concluída.