

GEOSUL/2002 - III Simpósio de Engenharia Geotécnica da
Região Sul- ABMS Núcleo Regional de Santa Catarina

**PROJETO DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES - CASO DO
CONJUNTO HABITACIONAL SÃO VICENTE H**

**Eng° CARLOS WILLIAMS CARRION, Ms, Gerente de Projetos CDHU,
carloscarrion@uol.com.br**

RESUMO

A Construção de edificações sobre solos moles, de baixa resistência e elevada compressibilidade deve ser evitado sempre que possível, pois é um problema de solução onerosa, e nem sempre totalmente eficaz.

Muitas dificuldades costumam ocorrer na execução de aterros sobre solos moles , tanto no que diz respeito a problemas de ruptura de base , como a problemas de recalques excessivos e inesperados. Em especial, porque a espessura da camada de solo mole, geralmente varia muito dentro da área do empreendimento em construção.

Este trabalho tem por objetivo descrever as soluções atuais mais recomendáveis e apresentar as dificuldades ocorridas no desenvolvimento do Projeto Geotécnico de Aterros sobre solos moles para a Construção do Conjunto Habitacional São Vicente H, sob responsabilidade da CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Estado de São Paulo.

A Construção de edificações sobre solos moles é problema bastante comum no Litoral Paulista devendo a escolha de solução geotécnica adequada ser orientada por estudo geotécnico de análise de estabilidade de taludes e pelo orçamento estimado do aterro a executar. Entre os principais fatores que afetam a solução a ser escolhida destacam-se: as dimensões do aterro, as características do material de fundação, os materiais de construção, o programa de Construção do empreendimento e a localização da Obra.

PALAVRAS CHAVES: Aterros, Solos moles, alta compressibilidade, estabilidade de taludes, ruptura de base, recalques

Joinville/SC, 2003

1. INTRODUÇÃO

A Construção de edificações sobre solos moles, de baixa resistência e elevada compressibilidade, deve ser evitada sempre que possível, pois é um problema geotécnico ambiental de solução onerosa e nem sempre totalmente eficaz.

Muitas dificuldades costumam ocorrer na execução de aterros sobre solos moles, tanto no que diz respeito a problemas de ruptura de base, como a recalques excessivos e inesperados. Em especial, porque a espessura da camada de solo mole, geralmente, varia muito dentro da área do empreendimento habitacional em construção.

Este trabalho tem por objetivo descrever as soluções atuais mais recomendáveis e apresentar as dificuldades ocorridas no desenvolvimento do Projeto Geotécnico de Aterros sobre solos moles para a construção do Conjunto Habitacional São Vicente H em São Vicente /SP, sob responsabilidade da CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Estado de São Paulo.

2 - DESCRIÇÃO DO CASO

Com ocasião de vistoria técnica realizada em 10/02/2004, o local da obra apresentava topografia ligeiramente acidentada, constatando-se ainda que o relevo topográfico sofreu algumas modificações, estando a área de 23.858,78 m² totalmente desocupada.

Trata-se de terreno com formato irregular e com frente para Rua José Benedito Henrique, Av. Dorival Moreira do Amaral (antiga Rua 17), por onde passa um canal de drenagem e por outro lado a Rua Travessa do Parque e a Rua Dante Cecchi, que localizam-se no perímetro urbano em zona Residencial mista.

3.1 RUPTURA DE BASE E RECALQUES EXCESSIVOS

A construção de edificações sobre solos moles é bastante comum, devendo ser analisados dois aspectos fundamentais, o problema de ruptura de base e a ocorrência de recalques excessivos. A escolha de solução geotécnica adequada é

orientada por estudo de análise de estabilidade de taludes e pelo orçamento estimado do aterro.(Almeida,1996)

3.2 FATORES QUE AFETAM A SOLUÇÃO A SER ESCOLHIDA

Entre os principais fatores que afetam a solução a ser escolhida destacam-se:

- Dimensões do aterro
- Característica do material de fundação
- Materiais de Construção
- Programa de construção
- Localização da Obra

3.2.1 DIMENSÕES DO ATERRO

As dimensões do aterro são determinada pelas características geotécnicas do perfil do subsolo.Quanto mais altos forem os aterros , maiores serão as tensões e deslocamentos.Quanto mais largos forem os aterros, maiores serão os bulbos de pressão e conseqüentemente, maiores serão os recalques.

3.2.2- CARACTERÍSTICA DO MATERIAL DE FUNDAÇÃO

Deverá ser realizado Programa de Investigações geotécnicas visando :

- Determinar o Perfil das camadas, dimensões, resistências e compressibilidade verificados por sondagens até profundidades suficientes
- Retiradas de amostras indeformadas, ensaios (muitas vezes in loco) para a determinação das características acima.(Silveira,1989)

3.2.3 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Quanto melhor o material, menor será a espessura do aterro a ser projetado, conseqüentemente menor será o custo do material de empréstimo para o aterro. É de vital importância pesquisar quais são os materiais disponíveis na região e avaliar principalmente:

- Volumes e características típicas de cada material disponível.
- Peso específico previsto após a compactação
- Características de resistência do maciço a ser construído
- Coeficiente de empolamento e redução
- Distâncias de transportes dos materiais
- Custo de cada material

3.2.4 – PROGRAMA DE CONSTRUÇÃO

As vezes alguns métodos de execução de aterros não podem ser implementados porque exigem execução lenta não permitida pelo prazo de construção do empreendimento.

O tempo disponível para o termino da construção do aterro e da edificação acaba restringindo o tipo de solução geotécnica a ser adotada, tanto do ponto de vista do aumento de resistência como do controle de recalques. Por exemplo, a disponibilidade de equipamentos especial de drenagem torna-se indispensável para adotar determinada solução.(Caputo,1988)

3.2.5 – LOCALIZAÇÃO DA OBRA

A localização da Obra também influi no tipo de solução geotécnica a ser adotada no projeto. Sob este aspecto, podemos destacar :

- Topografia local – condições de drenagem natural
- Construções vizinhas que podem não permitir:
 - Uso de métodos como deslocamento do material mole
 - Possibilidade de operação de certos equipamentos.

4 – SOLUÇÕES TÍPICAS

Basicamente, tem-se dois tipos de soluções geotécnicas, a seguir :

a) Remoção ou deslocamento do material mole e substituição por material bom

- Escavação e deslocamento pelo peso

- escavação mecânica
- deslocamento pelo peso próprio do aterro
- assentamento por jato
- Remoção por bomba de sucção
- Deslocamento com o uso de explosivos

b) Lançamento do atêrro sobre o material mole

- uso de material leve
- ritmo lento de construção
- utilização de sobrecarga
- bermas de equilíbrio
- drenos verticais de areia ou de papelão

4.1 - REMOÇÃO DO MATERIAL MOLE

A remoção do solo mole e sua substituição por material com características de resistência e compressibilidade compatíveis com a edificação em estudo, exige de grande quantidade de material de empréstimo.

Este processo é exeqüível quando a camada a ser escavada tiver pouca profundidade, abaixo do nível d'água (N.A.).

O custo deste serviço deve ser somado ao custo do material para reposição.

Temos três tipos de remoção, a seguir: (Silveira,1989)

- a) escavação e deslocamento mecânico (total ou parcial)
- b) remoção por meio de bombas de sucção
- c) deslocamento por explosão

Estas soluções exigem:

- Disponibilidade de grande quantidade de material de empréstimo de baixo custo
- Locais para depósito do material mole com pequena distância de transporte

- Condições de trabalho com processos econômicos.

4.1.1 ESCAVAÇÃO E DESLOCAMENTO :

- Escavação mecânica
- Deslocamento pelo peso do aterro
- Assentamento por jato

➤ **Escavação mecânica (total ou parcial)**

Adotada quando a profundidade do material mole é grande (até $\pm 3m$) abaixo do N.A, quando existe material econômico p/ substituição ou quando há necessidade de rapidez de execução do aterro.

- Geralmente a escavação é feita com escavadeiras (dragline) em aterros de ponta com descarga do material nos taludes laterais ou transporte do material para locais pré-estabelecidos.
- Existem casos onde a substituição de parte da camada resolve os problemas de estabilidade e recalques excessivos.

Pode-se usar a escavação parcial combinada com outros métodos.

5 - METODOLOGIA DE PROJETO GEOTÉCNICO

O Conjunto Habitacional São Vicente H será construído em terreno com formato irregular com frente para Rua José Benedito Henrique , Av. Dorival Moreira do Amaral (antiga Rua 17), por onde passa um canal de drenagem e de outro lado a Travessa do Parque é a Rua Dante Cecchi , e localiza-se no perímetro urbano em zona Residencial mista de São Vicente/SP.

Para a realização do Projeto Geotécnico foi previsto o desenvolvimento das seguintes atividades:

5.1 -PROGRAMAÇÃO COMPLEMENTAR DE INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS DO SUB-SOLO

Foram previstas a realização de no mínimo :

- 03 (três) Sondagens a Percussão com torque SPT-T; perfuração com diâmetro 2 1/2" , até 25m de profundidade estimada.

5.2 – ENSAIOS GEOTÉCNICOS ESPECIAIS

Foram programados os seguintes ensaios:

- 06(seis) Ensaio de adensamento edométrico contínuo
- Ensaio de palheta in situ tipo vane-test (perfuração de 2 1/2") a cada metro de profundidade , até 12m de profundidade estimada.
- Extração de 06 (seis) amostras indeformadas tipo Shelby diâmetro 100mm para ensaios de adensamento, até 15m de profundidade estimada.

5.3- ESCOPO DE SERVIÇOS GEOTÉCNICOS

No programa de atividades foram programados os seguintes serviços:

- a) Programação , acompanhamento e execução de 03 (três) sondagens a percussão SPT-T e Interpretação dos Resultados das sondagens SPT-T e dos Ensaio Especiais
- b) Estabelecimento da solução geotécnica mais adequada ao caso em estudo, independente do tempo de recalque necessário para o adensamento da argila marinha presente no subsolo da área da obra,
- c) Projeto Geotécnico de aterro de estabilização de recalques abrangendo:
 - Detalhamento técnico da solução geotécnica selecionada .
 - Projeto e Planejamento de Instrumentação do aterro sobre solos moles a ser executado visando o monitoramento dos recalques previamente avaliados com os Ensaio Especiais.

5.4 – ESTUDOS GEOTÉCNICOS PRELIMINARES

Conforme resultados de investigação geotécnica foram realizados 08 (oito) Sondagens a percussão com Ensaio SPT a cada metro de profundidade.

As Sondagens de simples reconhecimento foram realizada com revestimento \varnothing 21/ 2" e amostrador padrão tipo Terzaghi-Peck de \varnothing 2". O perfil do Subsolo apresentou as seguintes camadas :

- Camada de aterro constituída de argila siltosa mole, com espessura variando de 0,20 a 2,70m e baixa capacidade de suporte.
- Abaixo deste aterro identifica-se camada de argila marinha siltosa, cor cinza escura, muito mole, com índice SPT variando de 0 a 2. Profundidade: 0,20 a 8,5, da cota da boca de furo
- Abaixo da argila marinha encontrou-se camada de areia fina siltosa fofa cinza e/ou areia fina argilosa marrom fofa e pouco compacta, com índice SPT variando de 0 a 10,0. Profundidade: 5,5 a 13,0 cm da cota da boca do furo.
- Abaixo da areia fina argilosa detectamos nova camada de argila marinha cinza, muito mole com índice SPT variando de 0 a 4. Profundidade: 10,0 a 17,0 cm da cota de boca de furo.
- Prosseguem as intercalações do solo sedimentar terciário, representado por areia fina siltosa ou argilosa, com espessuras camadas de argila marinha até a profundidade de 55,0m.
- Detectou-se presença de lençol freático (NA) com profundidade variando de 0,0 a 1,20m da cota da boca do furo.

6 – DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Face ao acima exposto e dadas as condições atuais da área da Obra, considerou-se que é de vital importância que o PROJETO DE TERRAPLENAGEM obedeça as seguintes orientações e/ou diretrizes, a seguir :

- Que as 05 (cinco) sondagens iniciais da GEOSONDA mostraram solos subaflorantes com baixa capacidade de suporte o que implicava em condições desfavoráveis para as Obras de Terraplenagem.
- A Segunda bateria de 03 (três) sondagens apresentou lençol freático aflorante e subsolo com espessas camadas de argila orgânica altamente compressível resultando em condições críticas para terraplenagem.
- Em função da magnitude dos parâmetros de adensamento, a serem determinados, que poderão agravar as condições desfavoráveis geológico – geotécnica do subsolo do terreno, foram analisadas várias soluções geotécnicas, tais como:

- Execução de aterro com pré – carregamento
- Processo de Drenagem, através da execução de drenos verticais de areia prévia remoção parcial do solo mole.
 - A alternativa de drenagem através da execução de drenos verticais de areia, consiste basicamente das seguintes fases :
 - Remoção parcial do solo turfoso por escavação e deslocamento cujos fundos de cava apresentam desnível entre montante e jusante superior à 1,0 m.
 - A profundidade média de remoção foi de aproximadamente 1,5 m.

O material selecionado para o aterro deverá ser granular e de preferência rachão nas primeiras camadas, para viabilizar a compactação abaixo do nível d'água.

A escavação parcial visa reduzir a espessura da camada compressível e conseqüentemente o recalque diferencial e o correspondente tempo de adensamento. Acima do material granular deverá ser lançada camada de areia de 1,0m de espessura aproximadamente com porcentagem de finos passando pela peneira 200 \leq 5%.

O deslocamento do material mole sob a ação do peso do aterro pode ser feito frontalmente ou lateralmente.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABMS - Associação Brasileira de Mecânica dos Solos - Solos do Interior de São Paulo, São Paulo, 1998
- ALMEIDA, Marcio de Souza - Aterros sobre solos moles, Editora UFRJ. Rio de Janeiro, 1996.
- BOWLES.E.J - Foundation Analysis and Design , Ed. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo / SP, 1990
- CAPUTO, Homero P - Mecânica dos Solos e suas aplicações, Vol 1, 6ª edição, Livros Técnicos e Científicos , Rio de Janeiro, 1988
- LAMBE, R.W. - Soil Testing for Engineers, John Wiley and Sons, USA, 1.960
- MELLO, Victor F.B - Mecânica dos Solos, 2ª edição, São Carlos / SP , EESC/USP, 1.980
- NOGUEIRA, J.B - Ensaio de Laboratório em Mecânica dos Solos, 2ª edição São Carlos /SP, EESC - USP, 1.980.
- SILVEIRA, Evelyn - Aterros sobre solos Moles, 4ª edição, EESC -USP, São Carlos/SP, EESC - USP 1989
- TSCHEBOTARIOFF G.P - Fundações, Estruturas de Arrimo e Obras de Terra, Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1978
- VARGAS, Milton - Introdução á Mecânica dos Solos, Mc Graw Hill do Brasil, São Paulo / SP, 1980

Eng Carlos Williams Carrion , Ms