

Monografia

"ESTABILIDADE DE TALUDE E MURO DE ARRIMO"

Autor: Marlon Pereira Duarte

Orientador: Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo

Março/2013

MARLON PEREIRA DUARTE

"ESTABILIDADE DE TALUDE E MURO DE ARRIMO"

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Gestão e Tecnologia da Construção Civil

Orientador: Prof. Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

Março/2013

P436e

Duarte, Marlon Pereira.

Estabilidade de talude e muro de arrimo [manuscrito] /
Marlon Pereira Duarte.- 2013.

61 f., enc.: il.

Orientador: Dalmo Lúcio Mendes Figueiredo.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em
Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Bibliografia: f.60-61.

1. Construção civil. 2. Muros de arrimo. I. Figueiredo, Dalmo Lúcio
Mendes. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
Engenharia. III. Título.

CDU: 69

Neste e em todos os trabalhos deveríamos usar o
tratamento pessoal no plural, procurando respeitar a
advertência de Dante, em 'A Divina Comédia'.

... Ouvia- se 'eu' e 'meu'
Quando deveria ser 'nós' e 'nosso'....”

Homero Pinto Caputo

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e pelas oportunidades de criadas e aproveitadas.

A minha mãe, Marlene Thomaz Pereira Duarte, por ter sido minha incentivadora constante, pela sua cumplicidade, e pelo seu exemplo de mulher batalhadora.

Ao meu pai, José Elson Duarte, pela confiança depositada em mim e pelo seu notável exemplo de seriedade, competência e generosidade.

A Michelle Luana de Freitas Duarte, por ter me dado a oportunidade de ter o bem mais precioso de minha vida: meu filho José Ricardo.

Aos meus irmãos, Mirley Pereira Duarte e Marcley Pereira Duarte, por todo o companheirismo demonstrado em todos os momentos.

Aos amigos pelas conversas preciosas recheadas de importantes palavras de incentivo.

Ao Prof. Dalmo Lúcio M. Figueiredo, orientador deste trabalho, pela orientação.

Enfim, gostaria de agradecer a todos que pensaram e agiram de forma positiva para a realização desse trabalho. Obrigado!

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Problema | 13 |
| 1.2 Objetivo | 13 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 13 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 14 |
| 2 MOVIMENTAÇÃO DE TERRA | 15 |
| 2.1 Corte | 15 |
| 2.2 Aterro | 16 |
| 3 TALUDE | 17 |
| 3.1 Conceitos | 17 |
| 3.2 Mecanismos que levam a ruptura do talude | 18 |
| 3.2.1 Causas internas | 19 |
| 3.2.2 Causas externas | 19 |
| 4 ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO | 20 |
| 4.1 Muro de arrimo | 20 |
| 4.1.1 Tipos de muro de arrimo | 21 |
| 4.2 Cortinas | 26 |
| 4.3 Estabilidade de muro de arrimo | 27 |
| 5 ESTUDO DE CASO: O CONDOMÍNIO DO EDIFÍCIO ALBATROZ | 29 |
| 5.1 Localização | 29 |
| 5.2 Análise preliminar | 30 |
| 5.3 Início da obra | 32 |
| 5.4 Precipitação em Belo Horizonte no ano de 2010 | 34 |
| 5.5 Ruptura do talude e queda do muro de arrimo | 38 |

| | |
|---------------------------------------------------------|----|
| 5.6 Medidas emergenciais adotadas..... | 40 |
| 6 PARECER TÉCNICO | 44 |
| 6.1 Vistoria técnica..... | 44 |
| 6.2 Verificação da estabilidade do muro de arrimo | 49 |
| 6.3 Capacidade de carga do muro de arrimo | 50 |
| 6.4 Agravantes da drenagem existente..... | 51 |
| 6.5 Considerações finais..... | 52 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 54 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 60 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Talude | 17 |
| Figura 2 - Muro de gravidade em alvenaria..... | 21 |
| Figura 3 - Muro de gravidade em concreto ciclópico ou concreto gravidade ... | 22 |
| Figura 4 - Muro de flexão | 22 |
| Figura 5 - Muro atirantado | 23 |
| Figura 6 - Muro de gabião | 24 |
| Figura 7 - Muro de “Crib Wall” | 24 |
| Figura 8 - Muro de sacos de solo-cimento | 25 |
| Figura 9 - Muro de pneus | 25 |
| Figura 10 - Cortina atirantada..... | 27 |
| Figura 11 - Condições de estabilidade de muro de arrimo..... | 28 |
| Figura 12 - Localização da área estudada | 29 |
| Figura 13 - Trinca no muro de divisa | 30 |
| Figura 14 - Drenagem obstruída | 31 |
| Figura 15 - Drenagem mal executada | 31 |
| Figura 16 - Dilatação entre as estruturas existentes | 32 |
| Figura 17 - Escavação mecânica dos tubulões de contenção | 32 |
| Figura 18 - Tubulões escavados | 33 |
| Figura 19 - Tubulões concretados..... | 33 |
| Figura 20 - Escavação finalizada e proteção da contenção | 34 |
| Figura 21 - Alagamento Av. Cristiano Machado | 35 |
| Figura 22 - Gráfico Chuva Acumulada x Nº de dias com chuva..... | 36 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 23 - Gráfico “Chuva Acumulada mensal x Chuva (Normal Climatológica 61-90)” | 37 |
| Figura 24 - Gráfico “Chuva Acumulada 24h” | 37 |
| Figura 25 - Ruptura do talude e muro de contenção | 38 |
| Figura 26 - Área danificada | 39 |
| Figura 27 - Ruptura da estrutura de contenção | 39 |
| Figura 28 - Área externa da residência | 39 |
| Figura 29 - Vista superior da área afetada | 40 |
| Figura 30 - Execução do desvio da água pluvial | 40 |
| Figura 31 - Proteção da área permeável e talude | 41 |
| Figura 32 - Limpeza do local | 41 |
| Figura 33 - Berma para proteção do talude | 42 |
| Figura 34 - Demolição do restante do muro | 42 |
| Figura 35 - Correção da inclinação do talude | 43 |
| Figura 36 - Proteção do talude | 43 |
| Figura 37 - Delimitação da área de estudo | 44 |
| Figura 38 - Detalhamento armação do muro | 45 |
| Figura 39 - Detalhamento encontro dos muros | 46 |
| Figura 40 - Detalhe da inexistência de armadura na alvenaria do muro | 46 |
| Figura 41 - Detalhe do barbacã | 47 |
| Figura 42 - Detalhe do barbacã | 47 |
| Figura 43 - Detalhe do ralo junto ao muro e fissuras | 48 |
| Figura 44 - Detalhe da junta próxima à piscina | 48 |
| Figura 45 - Detalhe da fissura no pé do muro | 49 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 46 - Detalhe do aterro no fundo dos lotes 21 e 22, invadindo o terreno vizinho dos fundos, para nivelamento do terreno | 50 |
| Figura 47 - Detalhe da armação das vigas e pilares | 51 |
| Figura 48 - Nível do aterro..... | 52 |
| Figura 49 - Escavação dos tubulões para base do muro de arrimo | 54 |
| Figura 50 - Tubulões concretados..... | 55 |
| Figura 51 - Cintamento para travamento dos tubulões | 55 |
| Figura 52 - Armação do cintamento para travamento dos tubulões | 56 |
| Figura 53 - Muro de arrimo finalizado..... | 56 |
| Figura 54 - Laje área externa da edificação vizinha | 57 |
| Figura 55 - Muro de divisa finalizado..... | 57 |
| Figura 56 - Área e caixa de esgoto recuperada do condomínio da MRV | 58 |
| Figura 57 - Área externa da residência | 58 |
| Figura 58 - Área externa da residência | 59 |

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CEHOP – Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (Sergipe)

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

Mr – Momento resistente

Ms – Momento solicitante

NA – Nível de água

RESUMO

Este trabalho apresenta o conceito estabilidade de taludes por meio de revisão bibliográfica sobre as principais acepções relacionadas ao assunto. São discussões que cercam as investigações sobre a identificação das possíveis causas da ruptura de um talude.

Diante dos conceitos estudados e das causas que alteram as condições da estabilidade do talude e dos muros de arrimo, será apresentado um estudo de caso que exemplifica e mostra os sintomas e as condições que favoreceram e levaram a ruptura do talude e da estrutura de contenção de uma obra residencial no bairro Buritis.

Palavras-chave: talude, ruptura, estabilidade, contenção, muro de arrimo

1 INTRODUÇÃO

Os registros mais antigos de obras de contenção em engenharia foram encontrados na região sul da Mesopotâmia, atual Iraque, entre 3200 e 2800 a.C. Mas foi em 1776 que Coulomb desenvolveu e publicou as regras de máximo e mínimo aplicadas às estruturas de arrimo, marco importante neste campo de estudo (HACHICH *et al.*, 1998).

No Brasil, a estrutura 'muro de arrimo' foi introduzido no século XVIII. O século seguinte foi marcado pela utilização deste tipo de estrutura em obras portuárias e contenções urbanas (HACHICH *et al.*, 1998).

A função dos muros de arrimo é conter o solo e como consequência transmitir esforços ao terreno de sua fundação em sapata corrida ou bloco sobre estacas (MULTIPLUS SOFTWARES TÉCNICOS, 2010). Os muros de arrimo são paredes que servem para conter massas de terra. Eles podem ser de diversos tipos e funcionar de diferentes maneiras. Podem ser de gravidade (construídos de alvenaria, concreto, gabiões ou pneus), de flexão (com ou sem contraforte) e com ou sem tirantes (DYMINSKI, 2008). Para a Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP SERGIPE, 2008), diferentemente de DYMINSKI (2008) eles podem ser classificados em dois tipos: muros de gravidade e muros leves.

O estudo dos processos de estabilização de taludes e suas formas de contenção, como os muros de arrimo, tornam-se cada vez mais necessários na medida em que os desastres devidos a escorregamentos tem-se tornado cada vez mais freqüentes. Segundo DYMINSKI (2008) as projeções para tais desastres são preocupantes. O aumento da urbanização e do desenvolvimento de áreas sujeitas a escorregamentos, o desflorestamento contínuo das áreas e o aumento das taxas de precipitação causadas pelas mudanças de clima insinuam previsões de desastres relacionados a escorregamentos.

A execução dos serviços preliminares para implantação de um canteiro de obra e sua locação são, portanto, fundamentais para que o corte e/ou aterro da superfície seja bem sucedida. Dentre os serviços preliminares estão previstos a planta de levantamento topográfico, a sondagem para reconhecimento do solo, limites dos cortes e aterro e definição do tipo de contenção e fundação (YAZIGI, 2004).

O presente trabalho, apresenta um estudo de caso de obra residencial denominada Condomínio do Edifício Albatroz, localizada no bairro Burity, onde são apresentadas as patologias e as ocorrências físicas e técnicas que levaram à desestabilização do talude no limite do lote do referido condomínio.

O trabalho, além desta introdução, que é composta por dois subitens; problema, e objetivo (geral e específicos), é estruturado por mais sete seções. As seções dois e três discutem respectivamente os tipos de movimentação de terra e os mecanismos que influenciam a ruptura dos taludes. A seção quatro é destinada a apresentar uma pesquisa bibliográfica sobre contenção em concreto armado e outros materiais, apresentando as técnicas e limitações. O capítulo trata também sobre os muros de arrimo, discutindo os tipos mais comumente empregados. A quinta seção aborda o local em estudo – Condomínio Albatroz – esclarecendo e destacando alguns dados e informações importantes à execução do projeto. O sexto capítulo apresenta dados do parecer técnico emitido pelo perito Engenheiro Álvaro Sardinha Neto. Finalmente, o sétimo capítulo tece as conclusões e considerações finais da pesquisa. O trabalho encerra-se com a apresentação das referências bibliográficas utilizadas (Seção 8).

1.1. Problema

A situação problema desta pesquisa consiste em apresentar os fatores e possibilidades de intervenções de engenharia realizada no talude com a estabilidade comprometida, a partir do estudo de caso em destaque. A pergunta norteadora deste trabalho é ‘quais os fatores que contribuíram para a perda da estabilidade do talude e do muro de arrimo?’

1.2. Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo identificar os limites e possibilidades de intervenções de engenharia realizadas em taludes com estabilidade comprometida, apresentando estruturas usuais de contenção de talude. Apresenta também estudo de caso referente a estabilidade de um maciço de terra no bairro Burity, procurando identificar as possíveis causas da ruptura de talude, bem como as medidas adotadas para recuperação da área e estruturas danificadas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos delineados neste trabalho foram:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica abordando as principais características sobre o conceito movimentação de terra e todos os trabalhos inerentes a este tema, tais como conceituação de corte e aterro de terreno, estabilidade de taludes e mecanismos que levam a sua ruptura.
- Apresenta as principais estruturas de contenção de taludes, identificando os tipos mais usuais de muro de arrimo e a estrutura de contenção: cortina atirantada.
- Analisar as principais características da estabilidade dos muros de arrimos.
- Apresentar os resultados da perícia técnica, após a ruptura do talude e as principais causas e patologias que levaram a estrutura ao colapso.
- Elucidar quais foram as medidas de recuperação da área após a ruptura do talude, objeto do estudo de caso.

2 MOVIMENTAÇÃO DE TERRA

Segundo SHIMIZU (2002), o termo terraplanagem pode ser definido como sendo um conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executados em um terreno com o objetivo de alterar seu estado natural para uma nova conformação topográfica. Em caso de edifícios, os serviços mais comuns de movimentação de terras são o corte e aterro do terreno.

2.1 Corte

Cortes são movimentações que requerem a escavação do material que compõe o terreno natural no interior dos limites das seções projetadas (CEHOP, 2008). Segundo COSTA (2006) as operações de corte compreendem:

- a) escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a plataforma de terraplanagem definida pelo projeto;
- b) escavação nos terrenos de fundação de aterros com declividade excessiva;
- c) transporte dos materiais escavados para aterros ou bota-foras.

2.2 Aterro

Aterros constituem segmentos cuja implementação requer o depósito de materiais, para a composição do terreno segundo os gabaritos de projeto. Os materiais de aterro se originam dos cortes e dos empréstimos.

As operações de aterro compreendem a descarga, espalhamento e a compactação dos materiais escavados, para confecção do corpo e da camada final dos aterros propriamente ditos, bem como para substituição de volumes retirados nos rebaixamentos de plataforma em cortes ou nos terrenos de fundação dos próprios aterros (COSTA, 2006).

3 TALUDE

3.1 Conceitos

Talude pode ser definido como uma superfície inclinada que limita um maciço de terra ou rocha, podendo ser de origens naturais (encostas) ou artificiais (superfícies de corte e aterro) (DYMINSKI, 2008) (FIG. 1).

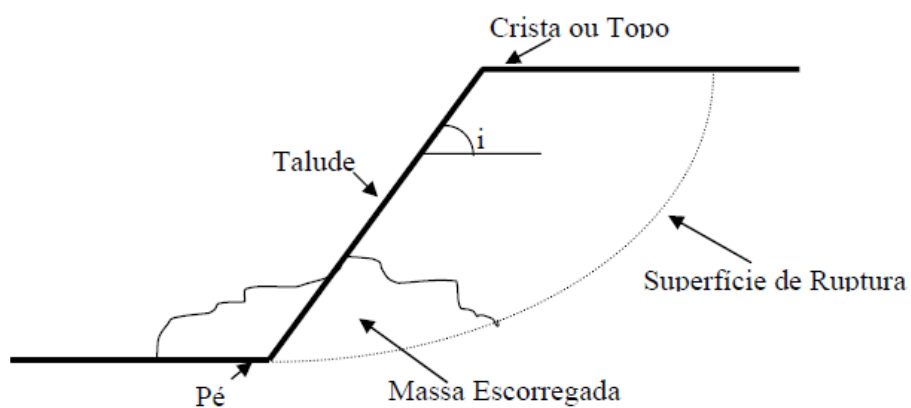


Figura 1: Talude

Fonte: <http://www.cesec.ufpr.br/docente/andrea/TC019/TC019/Taludes.pdf>

Segundo AFONSO (2003, apud, CAPUTO, 1988) as movimentações dos taludes podem ser classificadas em três grupos, sendo:

- a) quedas ou desprendimentos de terra ou rocha (*falls*): caracteriza-se pelo destacamento ou desprendimento de uma porção do maciço terroso ou rocha de um talude íngreme, acumulando-se no local onde estaciona;

- b) escorregamento (*slide*): movimento de descida ou deslocamento lateral de massa ou rocha com superfície de ruptura bem definida. Quando ocorre de forma lenta e contínua pode receber o nome de rastejo ou creep;
- c) espalhamento (*spread*): caracterizado pelo movimento rápido de argila estáveis durante muito tempo, que se deslocam à distâncias consideráveis.

3.2 Mecanismos que levam a ruptura do talude

O mecanismo de ruptura é definido como os processos que se dão em um material no decorrer do carregamento e que, eventualmente, o levam a ruptura. Sendo descrito como o processo físico que acontece em diferentes pontos do maciço de terra ou rocha que eventualmente conduz ao colapso (HUALLANCA, 2004, apud, SJÖBERG, 1999).

Em taludes de solos ou rocha, a superfície de ruptura não atua ao mesmo tempo em toda a sua extensão, se desenvolvendo progressivamente na superfície de ruptura, podendo eventualmente conduzir ao colapso (HUALLANCA, 2004, apud, BISHOP, 1967).

O material que compõe o talude é influenciado naturalmente pela força da gravidade, empuxo, e outras forças que são suportadas pela resistência ao cisalhamento do próprio material (DYMINSKI, 2008).

O aumento da tensão atuante (gravidade, empuxo), e diminuição da tensão de cisalhamento podem ser ocasionadas por causas internas e externas.

3.2.1 Causas internas

São causas internas:

- a) mudança da geometria do talude (inclinação e/ou altura), ocasionadas por cortes ou aterro no talude ou em terreno adjacente;
- b) aumento de carga atuante como por exemplo, sobrecargas na superfície.

3.2.2 Causas externas

São causas externas:

- a) variação do nível de água (NA), podendo gerar: aumento na massa específica do material, aumento na pressão neutra (pressão na água dos vazios do solo) o que gera a diminuição da pressão efetiva;
- b) diminuição da resistência do solo ou rocha com o tempo, por lixiviação ou por mudanças nos minerais secundários.

4 ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Segundo HACHICH *et al.* (1998), as estruturas de contenção são frequentes em obras de edifícios urbanos para criação de subsolo de estacionamentos, plataformas, instalação de dutos de utilidades em valas escoradas, etc.

A contenção é feita pela introdução de um elemento estrutural que apresenta resistência diferente aquela encontrada no solo. A execução da contenção e a limitação da escavação dos taludes está facultada à necessidade de aumentar a segurança da área escavada.

Um projeto de contenções está condicionado por cargas que dependem de deslocamentos que poderão ocorrer no maciço de solo ou rocha.

4.1 Muro de arrimo

Segundo MOLITERNO (1980), um muro de arrimo é um detalhe localizado, nas obras de estabilização das encostas, em regiões montanhosas, junto às edificações, estradas ou ruas.

Para elaboração de um projeto estrutural de um muro de arrimo, deve-se observar a repetição sucessiva de dois passos:

- a) determinação ou estimativa das dimensões, onde o projetista utiliza sua própria experiência e observação, podendo ainda ser orientado por fórmulas empíricas;

- b) verificação da estabilidade aos esforços atuantes, onde após a determinação das forças que atuam sobre a estrutura (peso próprio, empuxos causados pela pressão da terra, cargas aplicadas ao topo do muro e as reações do solo), pode-se ter a ideia da estabilidade da estrutura (MOLITERNO, 1980).

4.1.1 Tipos de Muros de arrimo

Segundo GERSCOVICH (2010), podem ser empregados o seguintes tipos de muro de arrimos:

- a) muros de gravidade: são empregados em contenções de desníveis inferiores a 5 m, sendo estruturas corridas e compactas, que tendem a combater empuxos horizontais através do seu peso próprio (FIG. 2 e 3).;

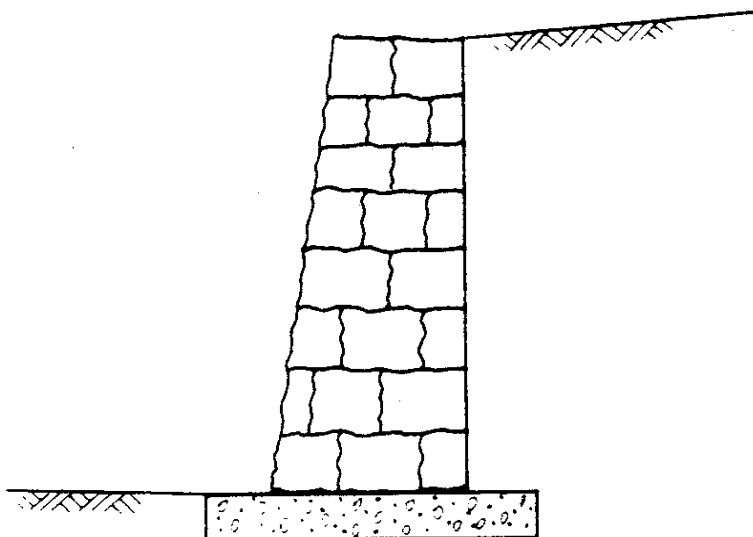


Figura 2: Muro de gravidade em alvenaria

Fonte: Estruturas de contenção – Muros de arrimo (<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>)



Figura 3: Muro de gravidade em concreto ciclópico ou concreto gravidade
 Fonte: Estruturas de contenção – Muros de arrimo (<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>)

- b) muros de flexão: são estruturas esbeltas com seção transversal em forma de “L”, que resistem aos empuxos por flexão, utilizando a base da estrutura em “L” para combater os empuxos por flexão e manter-se em equilíbrio. Em algumas situações são construídos em concreto armado, tornando-se inviáveis economicamente para alturas de 5 a 7m (FIG. 4).;

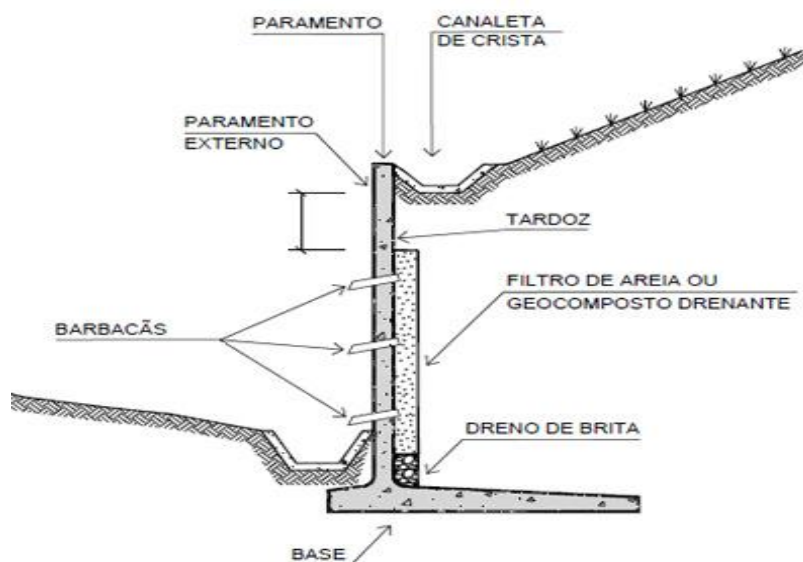


Figura 4: Muro de flexão
 Fonte: <http://blogdopetcivil.com/2010/12/23/dimensionamento-dinamico-de-muros-de-suporte/>

- c) muros atirantados: são estruturas em concreto, onde os tirantes estão contidos em planos perpendiculares ao paramento do muro, sendo amarrados internamente ao maciço através de um buldo de ancoragem (FIG. 5).

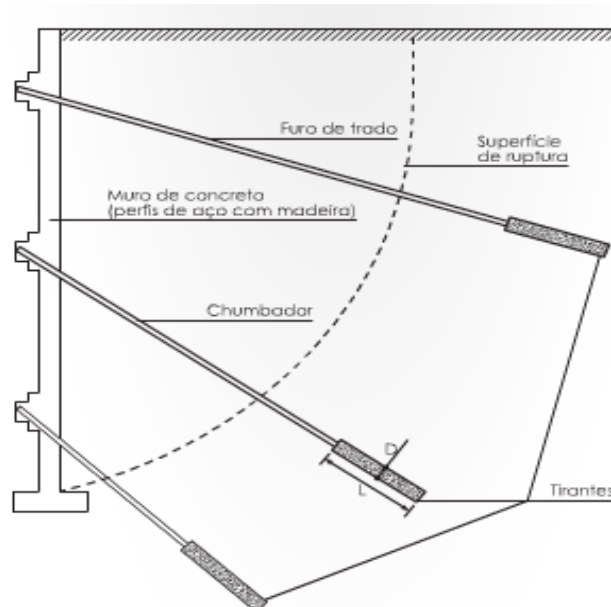


Figura 5: Muro atirantado
Fonte: Muros de arrimo – MARCHETTI (2008)

- d) muros de gabiões: são constituídos por gaiolas metálicas de fios de aço galvanizado em malha hexagonal preenchidas com pedras dispostas manualmente. Os gabiões mais usuais possuem comprimento de 2m e seção transversal quadrada com 1m de aresta.

Os muros de gabiões tem como principal característica a flexibilidade, que permite que a estrutura se acomode a recalques diferenciais e a permeabilidade (HACHICH *et al.*, 1998) (FIG. 6);



Figura 6: Muro de gabião

Fonte: Estruturas de contenção – Muros de arrimo (<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>)

- e) muros de “Crib Wall” (Parede de engradados): são estruturas justapostas e interligadas longitudinalmente, formadas por elementos pré-moldados de concreto armado, madeira ou aço. O espaço interno é preenchido com material granular graúdo e suas estruturas se acomodam diante dos recalques das fundações funcionando como muro de gravidade (FIG. 7).;



Figura 7: Muro de “Crib Wall”

Fonte: <http://www.infraestruturaurbana.com.br/solucoes-tecnicas/11/artigo245176-1.asp>

- f) muros de sacos de solo- cimento: segundo GERSCOVICH (2010), os muros de sacos de solo-cimento são formados por camadas de sacos de poliéster

ou similares, preenchidos por uma mistura de solo-cimento na proporção de 1:10 a 1:15 (em volume) (FIG. 8).;

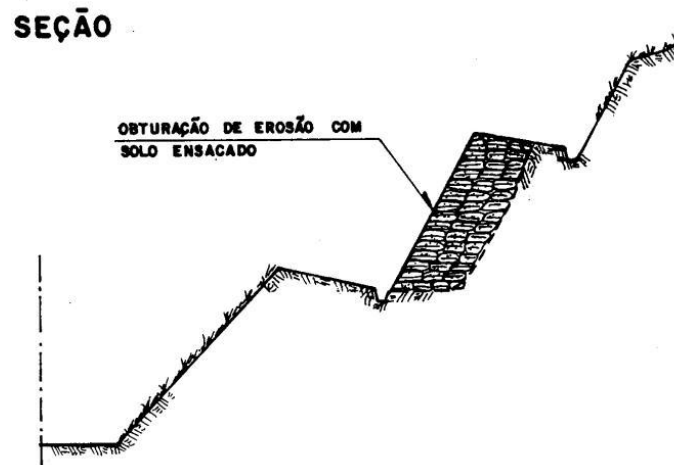


Figura 8: Muro de sacos de solo-cimento

Fonte: Estruturas de contenção – Muros de arrimo (<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>)

- g) muros de pneus: são constituídos de camadas dispostas horizontalmente, amarrados entre si com corda ou arame, preenchidos com solo sendo compactado posteriormente.

Este tipo de estrutura funciona como muro de gravidade e tem como principal vantagem a reutilização de pneus descartados (FIG. 9).



Figura 9: Muro de pneus

Fonte: Estruturas de contenção – Muros de arrimo (<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>)

4.2 Cortinas

Segundo HACHICH *et al.*(1998) as cortinas são contenções ancoradas ou acopladas em outras estruturas mais rígidas, caracterizadas pela pequena deslocabilidade o que pode levar o maciço a comporta-se em regime elastoplástico, dando origem a solicitações maiores do que as calculadas no equilíbrio limite. A “rigidez relativa” da cortina tem influência na distribuição e na intensidade dos empuxos sobre a cortina, os quais dependem dos deslocamentos e das deformações na interface “solo-cortina”. A seguir são apresentados os principais conceitos sobre os esforços e tensões a que as cortinas estarão sujeitas e os mecanismos de combate a estas solicitações:

- a) deslocamentos: os deslocamentos mais importantes a serem considerados são os esforços cortantes e de flexão;
- b) rigidez relativa: envolve a interação da parede da contenção e o maciço arrimado, onde os deslocamentos relativos influenciam fortemente a distribuição de tensões atuantes nessa interface;
- c) cortinas “rígidas” e “flexíveis”: a cortina ou parede são flexíveis quando seu deslocamento, por flexão, são suficientes para influenciar significativamente a distribuição das tensões aplicadas pelo maciço e as cortinas rígidas são caracterizadas quando suas deformações podem ser desprezadas. Entre as duas contenções (rígidas ou flexíveis) somente um cálculo de verificação estabelecerá se realmente os deslocamentos por flexão poderão ou não ser desprezados (HACHICH *et al.*, 1998).
- d) Ancoragens: são barras ou tirantes que serão embutidos em planos perpendiculares a uma cortina do maciço a ser arrimado, funcionando à tração, com um comprimento que lhe proporcione a capacidade para contrapor aos empuxos gerados pelo maciço, servindo na extremidade livre de apoio ao próprio arrimo (HACHICH *et al.*, 1998) (FIG. 10).



Figura 10: Cortina atirantada
Fonte: <http://www.solofort.com/cortina.html>

4.3 Estabilidade de muro de arrimo

Segundo GERSCOVICH (2010), para a verificação da estabilidade do muro de arrimo devem ser observadas, seja qual for a seção adotada para o muro, as seguintes condições:

- a) Deslizamento da base: é o equilíbrio das forças horizontais das forças atuantes.
- b) Tombamento: consiste na verificação dos momentos atuantes na estrutura em relação à aresta externa da base (pé do muro).
- c) Capacidade de carga da fundação: é a tensão limite que o terreno pode suportar sem escoar (sem romper).
- d) Ruptura global: ocorre com a formação de uma cunha, que tem movimento vertical para baixo, empurrando lateralmente duas outras cunhas tendendo a levantar o solo adjacente à fundação (FIG. 11).

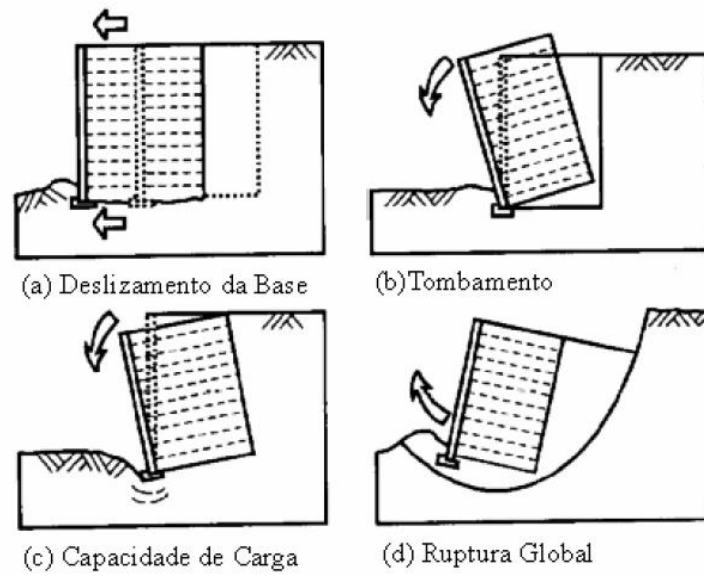


Figura 11: Condições de estabilidade de muro de arrimo
Fonte: Estruturas de contenção – Muros de arrimo (<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>)

5 ESTUDO DE CASO: O CONDOMÍNIO DO EDIFÍCIO ALBATROZ

O estudo de caso tem o intuito de apresentar o processo de ruptura do talude no terreno de divisa com o Condomínio do Edifício Albatroz, apresentando as etapas desde o início da terraplanagem até solução proposta para recuperação da área pelos especialistas.

5.1 Localização

O Condomínio do Edifício Albatroz está localizado à Avenida Aggeu Pio Sobrinho, nº 130, bairro Buritis, Belo Horizonte (MG) (FIG. 12).



Figura 12: Localização da área estudada
Fonte: Google Maps (<http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=ll>)

5.2 Análise preliminar

A vistoria técnica no imóvel lindeiro ao empreendimento estudado foi realizada antes do início da obra. Todavia, as patologias identificadas foram desconsideradas, sendo a construtora posteriormente notificada pelo proprietário do imóvel vizinho. A notificação constava de que tais patologias se agravavam devido às atividades de escavação e às chuvas características da época.

Dentre as patologias encontradas podem ser citadas as trincas no muro de divisa, sendo que este não apresentava estrutura de fundação compatível com o tipo de escavação executada na área lindeira a este muro (FIG. 13).



Figura 13: Trinca no muro de divisa
Fonte:O autor (2010).

Foram também identificados que as estruturas de drenagem (barbacãs) encontravam-se obstruídas e mal executadas (FIG. 14 e 15).



Figura 14: Drenagem obstruída
Fonte:O autor (2010).



Figura 15: Drenagem má executada
Fonte:O autor (2010).

Outra patologia identificada é a dilatação entre o muro de arrimo e o muro de divisa, o que permitiu a entrada de água entre as duas estruturas (FIG. 16).



Figura 16: Dilatação entre as estruturas existentes
Fonte:O autor (2010).

5.3 Início da obra

A obra em estudo, iniciou-se em agosto/2010 com os serviços de escavação mecânica de tubulões de contenção, na divisa com o lote vizinho (FIG. 17).



Figura 17: Escavação mecânica dos tubulões de contenção.
Fonte:O autor (2010)

Foram escavados um total de 35 tubulões com aproximadamente 10 m de profundidade (FIG. 18).



Figura 18: Tubulões escavados.
Fonte:O autor (2010)

Após a escavação dos tubulões e disposição das armaduras no local, procedeu-se com a concretagem (FIG. 19).



Figura 19: Tubulões concretados.
Fonte:O autor (2010)

A escavação do talude (corte) teve início aproximadamente um mês após a concretagem dos tubulões. Após a retirada do material, a contenção foi protegida com lona em função do início do período chuvoso (FIG. 20).



Figura 20: Escavação finalizada e proteção da contenção
Fonte:O autor (2010)

5.4 Precipitação em Belo Horizonte no ano de 2010

No ano de 2010, o município de Belo Horizonte, enfrentou um dos mais severos períodos chuvosos registrados. No mês de novembro/ 2010 foi registrado um volume pluviométrico 60% maior do que a média histórica, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Nos dias em que antecederam a ruptura do talude em estudo, principalmente o dia 23/11/2010, o nível de precipitação em Belo Horizonte apresentava dados alarmantes, quebrando toda e qualquer previsão que havia sido divulgada posteriormente.

A seguir, é apresentada uma nota do Blog “BH Tempo” de 23/11/2010, onde foram divulgadas informações sobre os estragos causados pela chuva em Belo Horizonte.

Um temporal atingiu Belo Horizonte durante essa madrugada de terça-feira (23) e deixou um rastro de destruição pela cidade. A chuva começou tímida ainda no final da noite de ontem, por volta das 22 h, mas entre 1 h e 2 h da madrugada a chuva passou a cair forte e não deu trégua praticamente até o início da manhã. Mais uma vez, a capital amanheceu com um cenário de caos: alagamentos, inundações, deslizamentos de terra, queda de muros e árvores e uma morte - a primeira dessa temporada de chuva em Minas Gerais. A Avenida Cristiano Machado, um dos principais corredores viários da capital, amanheceu completamente alagada na altura do Bairro 1º de Maio, devido ao transbordamento do Córrego do Onça (imagem abaixo - TV GLOBO MINAS).(FIG. 21)



Figura 21: Alagamento Av. Cristiano Machado
Fonte: BH Tempo (2010)

O volume de chuva que atingiu a capital durante a madrugada impressiona: 147,2 mm! Isso representa 147,2 litros de água para cada metro quadrado do solo da capital. A intensidade e o volume da chuva que caiu sobre Belo Horizonte provocaria problemas semelhantes em qualquer outra grande cidade do mundo. No entanto, a crescente impermeabilização do solo na capital e a supressão de áreas verdes tende a agravar a situação.

PREVISÃO: novembro de 2010 irá entrar para a história como um dos "novembros" mais chuvosos já registrados em Belo Horizonte. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na região da Pampulha, onde o órgão mantém uma estação meteorológica automática, o volume total de chuva nesse mês já atingiu a marca de 366,4 mm (até a manhã de hoje). Esse valor é mais que 60 % superior ao esperado para o mês (227,6 mm), segundo o próprio INMET. E a anomalia positiva de chuva deve aumentar ainda mais, já que a previsão é de novos temporais até o final dessa semana." Fonte: BH Tempo (2010).

Abaixo, são apresentados gráficos com dados disponibilizados pelo INMET comparando os seguintes dados: chuva acumulada mensal x nº de dias com chuva, chuva acumulada mensal x chuva (normal climatológica 61-90) e chuva acumulada 24H. O gráfico “Chuva acumulada mensal x N° de dias com chuva” (para o ano de 2010), mostra que os meses de novembro e dezembro de 2010, foi o período mais chuvoso (com maior número de dias com precipitação) do referido ano, sendo que o mês de novembro teve o maior nível pluviométrico do ano (FIG. 22).

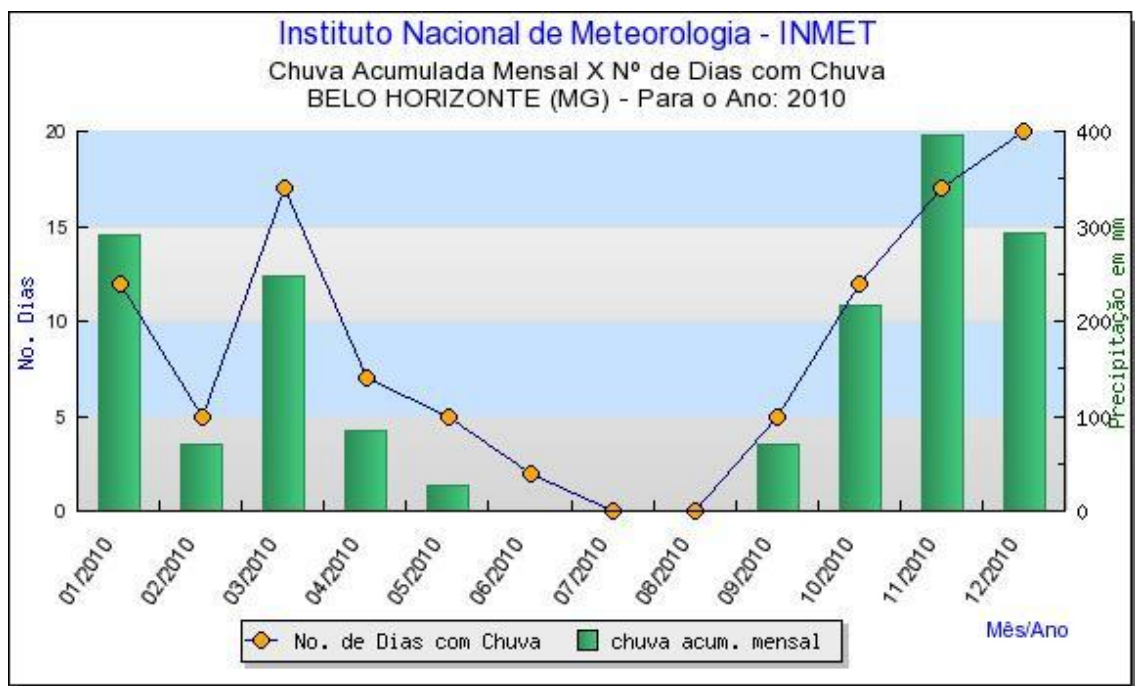


Figura 22: Gráfico “Chuva Acumulada x N° de dias com chuva”
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

O gráfico “Chuva acumulada mensal x Chuva (Normal Climatológica 61-90)” (para o ano de 2010), mostra que o mês de novembro 2010 (mês referência para este estudo), teve níveis pluviométricos acima do nível da referência adotada pelo INMET (anos de 61 a 90) (FIG. 23).

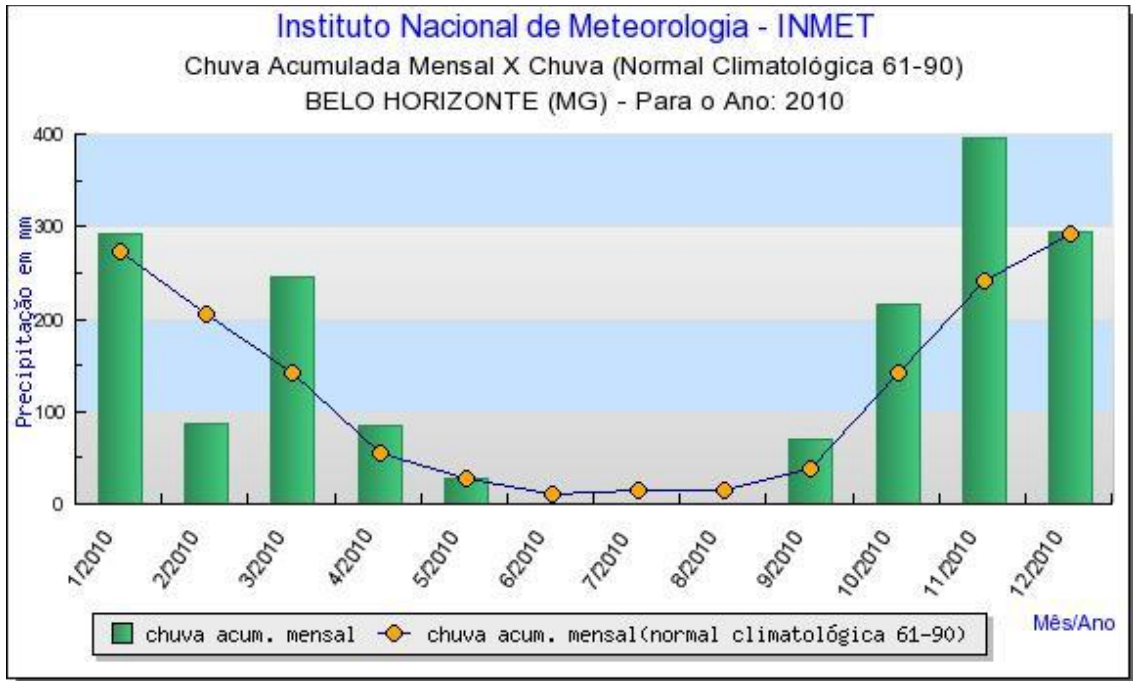


Figura 23: Gráfico “Chuva Acumulada mensal x Chuva (Normal Climatológica 61-90)”
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

O gráfico “Chuva acumulada 24h”, mostra os dias em que houve precipitação em Belo Horizonte, evidenciando que a quantidade de chuva, no período próximo ao sinistro estudado (entre os dias 23 e 27/11/2010), foi elevada (FIG. 24).

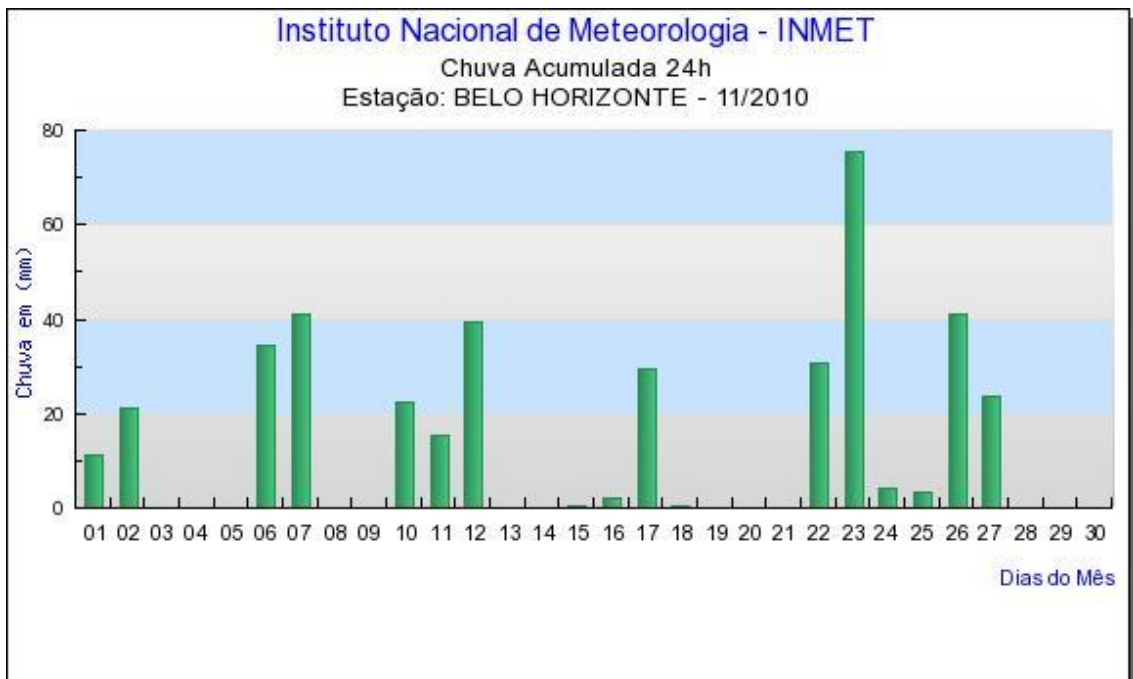


Figura 24: Gráfico “Chuva Acumulada 24h”
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

5.5 Ruptura do talude e queda do muro de arrimo

Com o término da escavação do talude à frente da contenção de tubulões, o terreno mostrou-se cada vez mais instável, principalmente em função da intensa precipitação que ocorria em Belo Horizonte no mês de novembro de 2010.

No dia 26/11/2010 o terreno cedeu levando consigo parte da área externa da residência, o muro e os tubulões executados pela construtora para contenção deste terreno.

A área afetada foi imediatamente isolada, bem como as edificações vizinhas. Especialistas em solo foram contactados para avaliação, juntamente com a defesa civil e a prefeitura de Belo Horizonte.

As fotos a seguir, ilustram a situação do terreno após a ruptura do talude e das contenções. Parte do muro de contenção e terreno vizinho cederam causando ruptura do talude (FIG. 25 e 26). As estruturas existentes e as executadas não resistiram ao esforço causado pelo terreno saturado, causando assim a ruptura do talude (FIG. 27, 28 e 29).



Figura 25: Ruptura do talude e muro de contenção
Fonte: O autor (2010)



Figura 26: Área danificada
Fonte:O autor (2010)



Figura 27: Ruptura da estrutura de contenção
Fonte:O autor (2010)



Figura 28: Área externa da residência
Fonte:O autor (2010)



Figura 29: Vista superior da área afetada

Fonte: <http://www.carangola.com.br/noticias/noticia.php?id=525> (Acessado em 02/01/2013 – 11:25H)

5.6 Medidas emergenciais adotadas

Com a ruptura do talude, especialistas e peritos em solos foram contratados para avaliação da situação e grau de instabilidade do terreno. Foi orientado que a construtora tomasse várias providências para que o talude se mantivesse estável até a sua recuperação, além de garantir a segurança dos terrenos vizinhos e suas respectivas edificações. Dentre as medidas orientadas pelos peritos pode-se citar:

- a) desvio da água pluvial do terreno vizinho lançada sobre o talude (FIG. 30);



Figura 30: Execução do desvio da água pluvial
Fonte: O autor (2010)

- b) colocação de lona para dificultar o acesso de água na área permeável e carreamento de material do talude(FIG. 31);



Figura 31: Proteção da área permeável e talude.
Fonte:O autor (2010)

- c) retirada do entulho causado pela queda do muro para facilitação de trabalhos posteriores (FIG. 32);



Figura 32: Limpeza do local
Fonte:O autor (2010)

- d) reaterro da área com bica corrida para estabilização parcial do talude e para facilitar a movimentação do equipamento para acerto do terreno (FIG. 33);



Figura 33: Berma para proteção do talude
Fonte:O autor (2010)

- e) demolição do restante do muro, para evitar possíveis acidentes (FIG. 34);



Figura 34: Demolição restante do muro
Fonte:O autor (2010)

- f) execução de novo corte no talude com uma inclinação de aproximadamente 45° , para se evitar um novo deslizamento de terra (FIG. 35);



Figura 35: Correção da inclinação do talude
Fonte:O autor (2010)

- g) disposição de lona para proteção do talude (FIG. 36);



Figura 36: Proteção do talude
Fonte:O autor (2010)

6 PARECER TÉCNICO

Com a ocorrência da ruptura do talude no dia 26/11/2012, a construtora imediatamente contratou especialistas para dar suporte e orientação quanto ao ocorrido. Após definição das medidas emergenciais a serem adotadas, procedeu-se no dia 28/11/2012 a vistoria técnica na área pelo perito Eng. Álvaro Sardinha Neto, especialista em Avaliações e Perícias, objetivando colher dados suficientes para a elaboração de um parecer técnico sobre as possíveis causas do sinistro.

Os demais dados relevantes para a elaboração do parecer técnico serão apresentados objetivando esclarecer quais foram as interferências geradas com os serviços executados pela construtora em relação às estruturas existentes no local.

6.1 Vistoria técnica

Inicialmente a área foi delimitada em lotes para melhor visualização e definição da situação pelo perito (FIG. 37).



Figura 37: Delimitação da área de estudo
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

Serão apresentados neste estudo, as patologias identificadas pelo perito no momento da vistoria técnica. São elas:

- a) detalhe da cena do acidente onde se permite verificar o detalhamento das armaduras. Observa-se inexistência de barras de aço na alvenaria de vedação bem como cobertura inadequada das ferragens e concreto com brocas e falhas (FIG. 38);



Figura 38: Detalhamento armação do muro
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- b) vista do encontro dos muros de fundos dos lotes 22 e 23. Detalhe de inexistência de coluna de concreto na parte superior do muro do lote 23 que encosta-se à coluna do muro do lote 20. Coluna do lote 20 com concreto brocado e armaduras aparentes, em desacordo com as determinações da norma técnica (FIG. 39);



Figura 39: Detalhamento encontro dos muros
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- c) detalhe da cena do acidente onde se permite verificar o detalhamento das armaduras. Observa-se inexistência de barras de aço na alvenaria de vedação bem como cobrimento inadequado das ferragens e concreto com brocas e falhas (FIG. 40);



Figura 40: Detalhe da inexistência de armação na alvenaria do muro
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- d) detalhe do barbacã do muro com aterro encostado ao mesmo, sem filtros ou material drenante (FIG. 41);



Figura 41: Detalhe do barbacã
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- e) detalhe da tubulação de drenagem do piso do terraço do lote 22 lançando a água sobre a base do muro pelo lado externo, sem condução adequada a sistema de coleta de águas pluviais (FIG. 42);



Figura 42: Detalhe do barbacã
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- f) vista do ralo instalado junto ao muro. Fissuras verticais e inclinadas devido à deformação diferencial da estrutura (FIG. 43);



Figura 43: Detalhe do ralo junto ao muro e fissuras.
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- g) abertura de junta na lateral da piscina paralela ao muro de fundos. Há crescimento de vegetação ao longo da abertura evidenciando que a mesma já existia, não havendo como determinar eventual evolução (FIG. 44);



Figura 44: Detalhe junta próximo à piscina
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- h) fissura ao longo da junta do muro lateral direito, parte dos fundos com o piso, com reentrâncias pintadas, evidenciando que a mesma é pré existente (FIG. 45).



Figura 45: Detalhe da fissura no pé do muro
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

6.2 Verificação da estabilidade do muro de arrimo

O muro dos fundos dos lotes 21 e 22 estão apoiados e em aterro utilizado para nivelamento do terreno (FIG. 46).



Figura 46: Detalhe do aterro no fundo dos lotes 21 e 22, invadindo o terreno vizinho dos fundos, para nivelamento do terreno

Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

O Eng. Álvaro Sardinha Neto procedeu com os cálculos para verificação dos momentos atuantes ($M_s = 192,03 \text{ KN.m}$ e $M_r = 34,04 \text{ KN.m}$) no muro, constatando que a geometria do muro não atende a condição de equilíbrio dos momentos, visto que o momento resistente é menor que o momento solicitante, sendo instável ao tombamento.

De forma análoga, procedeu-se o cálculo para verificação do deslizamento da base (Força solicitante = $P_a = 97,54 \text{ KN}$ e Força resistente = $P_r = 77,48 \text{ KN}$), constatando que a geometria do muro não atende a verificação quanto ao deslizamento da base, visto que o empuxo resistente é menor que o empuxo solicitante, sendo instável ao deslizamento.

6.3 Capacidade de carga do muro de arrimo

As vigas e pilares que fazem parte da estrutura do muro tem as seguintes características e detalhamento (FIG. 47).

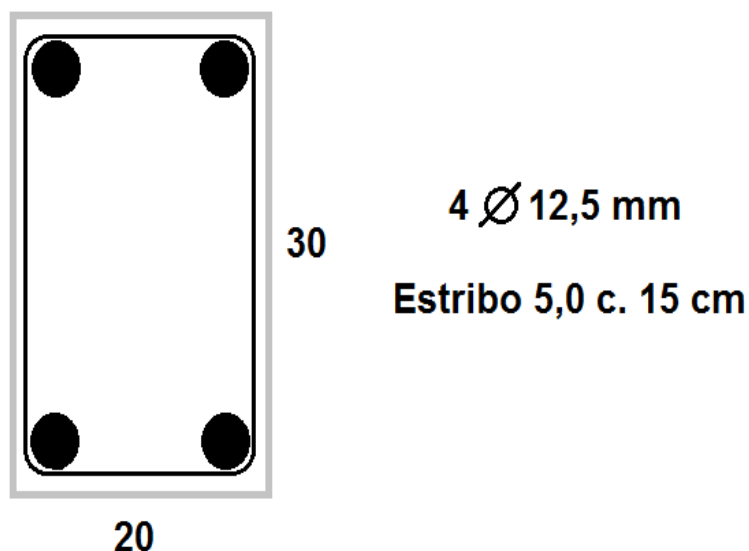


Figura 47: Detalhe da armação das vigas e pilares
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

Como na estrutura de alvenaria do muro não existia armação foram estimados valores para efeito de cálculo, onde se constatou que a estrutura do muro é insuficiente para resistir aos esforços solicitantes a ele impostos pelo aterro.

6.4 Agravantes da drenagem existente

Não se verificou existência de drenagem para impedir que as águas lançadas sobre a parte permeável do terreno do lote 21 causassem modificações nas características do aterro e desestabilizassem o muro.

Além da inexistência de drenagem na parte permeável do aterro, o sistema de drenagem instalado para coletar as águas projetadas sobre o calçamento, em faixa de 200 cm (duzentos centímetros) ao longo do muro, lança as águas coletadas sobre o terreno natural à jusante do mesmo, causando erosão e carreamento de materiais, descalçando sua base.

6.5 Considerações finais

Após o levantamento e apuração de todos os dados foi emitido o parecer final sobre as possíveis causas do rompimento do muro de arrimo e conseqüentemente do talude, sendo apresentadas a seguir:

- a) a parte do muro do vizinho que desmoronou se localiza no limite de fundo do lote 21 e é em sua quase totalidade coberto por gramado, sendo área permeável;
- b) o aterro encostado no muro para nivelamento da parte dos fundos do terreno do vizinho tem altura média de 5,90 m (cinco vírgula noventa metros) (FIG. 48);



Figura 48: Nível do aterro
Fonte: Parecer técnico – SARDINHA (2010)

- c) não existe sistema de drenagem, no muro e aterro, capaz de impedir as alterações hidrológicas que promovam solicitações desestabilizantes ao conjunto;

- d) os ralos instalados pelo vizinho na parte calçada do terraço descarregam em queda livre sobre a base do muro, causando desagregamento e erosão naquelas regiões;
- e) considerando estar o muro de fundos do vizinho na linha de divisa com o terreno do solicitante suas fundações deveriam estar assentadas a pelo menos 1,50m de profundidade, conforme estabelecido no item 6.4.2 da NBR 6.122 de 2010 – Projeto e execução de fundações.

Profundidade mínima.

A base de uma fundação deve ser assente a uma profundidade tal que garanta que o solo de apoio não seja influenciado pelos agentes atmosféricos e fluxos d água. Nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, tal profundidade não deve ser inferior a 1,5 m (SARDINHA, 2010, apud, NBR 6.122).

- f) a geometria do muro não atende as condições mínimas de estabilidade quanto a tombamento e deslizamento da base;
- g) a estrutura do muro é insuficiente para suportar os esforços a ele impostos pelo aterro encostado;
- h) as fortes chuvas que atingiram o município de Belo Horizonte nos dias que antecederam a queda do muro, conjuntamente com a inexistência de drenagem adequada, alteraram as condições hidrológicas do aterro, causando empuxo de terra superior àquele que o mesmo suportaria.

7 CONCLUSÃO

Com a emissão do parecer técnico e definição das soluções a serem adotadas, iniciou-se o trabalho de recuperação da área afetada.

Todos os trabalhos foram acompanhados pelos representantes da construtora, do proprietário da residência vizinha e pelo síndico do condomínio da MRV. Após a aprovação dessas medidas, os trabalhos foram iniciados e sua conclusão total se deu no final 2012.

A seguir serão apresentadas as interferências realizadas para a recuperação da área atingida pela ruptura do talude. São elas:

- a) escavação de tubulões com profundidade aproximada de 12m para base de sustentação do muro de arrimo (FIG. 49 e 50);



Figura 49: Escavação de tubulões para base do muro de arrimo
Fonte:O autor (2010)



Figura 50: Tubulões concretados
Fonte:O autor (2010)

- b) execução de cintamento para travamento dos tubulões de contenção (FIG. 51 e 52).



Figura 51: Cintamento para travamento dos tubulões
Fonte:O autor (2010)



Figura 52: Armação do cinto para travamento dos tubulões
Fonte:O autor (2010)

c) muro de arrimo em concreto armado (FIG. 53);



Figura 53: Muro de arrimo finalizado
Fonte:O autor (2010)

d) execução de laje na área externa da edificação vizinha (FIG. 54);



Figura 54: Laje área externa da edificação vizinha
Fonte:O autor (2010)

e) execução do muro de divisa (FIG. 55);



Figura 55: Muro de divisa finalizado
Fonte:O autor (2010)

f) recuperação de parte do muro e caixa de esgoto do condomínio da MRV, que foram danificados (FIG. 56);



Figura 56: Área e caixa de esgoto recuperada do condomínio da MRV
Fonte:O autor (2010)

g) recuperação da área externa da edificação vizinha (FIG. 57 e 58);



Figura 57: Área externa da residência
Fonte:O autor (2010)



Figura 58: Área Externa da residência

Fonte:O autor (2010)

A construtora optou por assumir todos os custos com a reconstrução da área afetada mesmo com o parecer técnico estabelecendo que o muro existente não possuía capacidade de suporte para conter os esforços exercidos pelo talude, além de possuir sistemas de drenagens ineficazes que colaboraram para a ocorrência do sinistro e de um fator ambiental (nível alto de precipitação) que contribuiu para a ruptura do talude.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, Sônia. **Estabilidade de taludes**. Disponível em <http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/arq1206/2003/Temba/EstabilidadeTaludes.pdf>.

Acesso em 09 out.2012, 19h06min.

BH TEMPO. **BH: 147,2 mm de chuva durante a madrugada** . Disponível em <http://bhtempo.blogspot.com.br/>. Acessado em 08 jan. 2013, 14h00min.

CARDOSO, Francisco Ferreira. **Sistemas de Contenção**. Disponível em http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/sistemas_contencao.pdf. Acesso em 11 out. 2012, 19h14min.

CATOIA, Bruna; MUZARDO, Cassiane D.; PINHEIRO, Libânio M.; SANTOS, Sandro P.; CATOIA, Thiago. **Estruturas de concreto** – Capítulo 1. Universidade de São Paul (USP) – EESC – Dep. Eng. de Estruturas mar. 2010, 10 p.

CEHOP – SERGIPE. **Execução de cortes e aterros**. Disponível em <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00181.pdf>. Acesso em 28 dez. 2012, 14h05min.

COSTA, Roberto. **Introdução à terraplanagem**. Disponível em <http://www.dtt.ufpr.br/InfraEstrutura/Arquivos/Apostila%20TERRAPLENAGEM.pdf>.

Acesso em 04 jan. 2013, 14h30min.

DYMINSKI, Andréa Sell. **Noções de estabilidade de taludes e contenções** - Notas de Aula - Estabilidade de Taludes. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2008, 28 p.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil. **Movimento de terra**. Disponível em http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/movimento_terra.pdf. Acesso em 10 out. 2012, 18h07min.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estruturas de Contenção – Muro de arrimo**. Disponível em <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>. Acesso em 23 dez. 2010, 10h50min.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAEZ, José Luiz; FROTA, Refis G. Q.; CARVALHO, Celso S.; NIYAMA, Sussumu. **Fundações: Teoria e prática** – Capítulo 13. ABMS/ABEF. 2ª Edição.

HUALLANCA, Rolando Enrique Zea. **Mecanismos de ruptura em taludes altos de mineração a céu aberto**. Disponível em <http://www.eesc.usp.br/ppgsgs/dissertes/zea.pdf>. Acesso em 10 out. 2012, 18h37min.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Muros de arrimo**. Disponível em http://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_muros_de_arrimo_isbn9788521204282. Acesso em 01 fev. 2013, 20h22min.

MULTIPLUS SOFTWARES TÉCNICOS. **Cálculo e Detalhamento de Muros de Arrimo**. Disponível em http://www.multipus.com/MURO_DE_ARRIMO/Muro_de_Arrimo.htm. Acesso em 19 abri. 2010, 14h47min.

QUIRINO, Raquel. **Metodologia Científica**. Escola de Saúde Pública de Minas Gerais, 2005.

SARDINHA, Álvaro Neto. **Parecer técnico – Condomínio Albatroz**. Recapp Engenharia Ltda. Belo Horizonte, 2010.

SERGIPE, Governo do Estado. Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP). Infra estrutura: contenções e escoramentos. Aracajú, 2008, 4 p.

SHIMIZU, Júlio Yukio. **Movimento de terra**. Disponível em http://pcc2435.pcc.usp.br/pdf/movimento_terra.pdf. Acesso em 22 nov. 2012, 14h47min.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar** - 6ª edição. SindusCon SP.