



Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. ISSN: 2446-6778
Nº 5, volume 5, artigo nº 85, Julho/Dezembro 2019
D.O.I: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v5n5a85>
Edição Especial

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO: MURO DE ARRIMO POR FLEXÃO PARA ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS EM MURIAÉ-MG

Danila da Conceição Furtado Genário¹

Graduanda engenharia civil

Paulo Henrique Cirelli Lopes²

Graduando engenharia civil

Miller, Cristiano Penna³

Mestre em engenharia civil

Amanda Camerini Lima⁵

Doutora em Engenharia de Materiais

Victor Barbosa de Souza⁶

Doutor em Engenharia Mecânica

RESUMO

Estruturas de contenções buscam a constância dos maciços de terra em um local com topografia carregada. Com o passar dos anos e o desenvolvimento alcançado pelo homem, veio à necessidade de ocupar regiões com difíceis acessos como, por exemplo, as encostas de montanhas e morros próximos às regiões mais populosas, fazendo uso desses espaços para a construção de moradias e vias de transporte. Juntamente com esse desenvolvimento passou a ser estudadas teorias e técnicas, com o objetivo de conhecer o comportamento destas estruturas, em relação à atuação do solo sobre a estrutura. O presente artigo aborda um estudo sobre a escolha pela Estrutura de Contenção de Muro de Arrimo por Flexão para encostas próximo a vias públicas na cidade de Muriaé-MG, bem como suas indicações de uso. Serão levantadas as ações atuantes no muro, bem como a análise do empuxo. Posteriormente serão fixadas as dimensões do muro a partir de um pré-direcionamento, seguindo da verificação da estabilidade do conjunto, onde é analisada a segurança ao deslizamento e tombamento. Baseado nisso são calculados os esforços solicitantes no muro e na sapata, seguido do dimensionamento das armaduras de ambos. Durante o processo de estudo foi realizado ensaios em

¹ Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna – RJ, danilagenario@hotmail.com

² Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna – RJ, paulohcl2009@hotmail.com

³ Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna – RJ, cristianomiller@yahoo.com.br

⁴ Professora doutora Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna – RJ
amandacamerini@hotmail.com

⁵ Professor doutor Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil e mecânica, Itaperuna e Campos dos Goytacazes– RJ victor_souza11@hotmail.com

laboratório para avaliação do comportamento geotécnico global do solo e posteriormente as análises de tensão-deformação. Para o dimensionamento foi usado o software Eberick, utilizado para projetos estruturais em concreto armado.

Palavras-chave: Estrutura de contenção, muro de arrimo, muro por flexão, dimensionamento.

ABSTRACT

Containment structures look for the constancy of the land masses in a site with a topography loaded. Over the years and the development of mankind, it has become necessary to occupy regions with difficult accesses, such as the slopes of mountains and hills near the most populated regions, making use of these spaces for the construction of houses and roads. transport. Together with this development, theories and techniques were studied, with the objective of knowing the behavior of these structures, in relation to the performance of the soil on the structure. The present article approaches a study on the choice of the Containment Structure of the Bending Wall for slopes near public roads in the city of Muriaé-MG, as well as its indications of use. The actions on the wall will be raised, as well as the analysis of the thrust. Subsequently, the dimensions of the wall will be fixed from a pre-steering, followed by verification of the stability of the assembly, where the safety of sliding and tipping are analyzed. Based on this the soliciting forces on the wall and the shoe are calculated, followed by the dimensioning of the reinforcements of both. During the study process, laboratory tests were carried out to evaluate the overall geotechnical behavior of the soil and later stress-strain analyzes. Eberick software, used for structural design in reinforced concrete, was used for the sizing.

Keywords: Containment structure, retaining wall, bending wall, sizing.

1. INTRODUÇÃO

A realização de um muro de contenção pode significar um ônus financeiro muito significativo para a execução de um empreendimento em área de encostas. Este estágio da obra, mesmo alcançando uma extensão relativamente pequena, pode apresentar custo maior do que a própria edificação a ser construída, em alguns casos.

Os muros de contenção são obras de engenharia civil imprescindível quando a análise de equilíbrio natural de um maciço de solo ou de rocha é alterado por solicitações que podem ocasionar transformações excessivas e até mesmo o colapso. A estrutura deverá então suportar as pressões laterais (empuxo) do material a ser controlado de forma a garantir segurança ao talude.

Essas sustentações de contenção podem ser muros, solos grampeados ou cortinas ancoradas. Os muros podem ser separados em duas classes. A primeira chamada de peso ou gravidade que podem ser construídos de alvenaria de pedras, concreto ciclópico, gabiões, solo-cimento ou solo reforçado. Os muros de flexão são a segunda classe, são os muros de concreto armado e podem ser com ou sem contraforte e com ou sem ancoragens.

Assim, essas estruturas de contenções buscam a estabilidade dos maciços de terra em um local com topografia acentuada. Há muitos anos técnicas e teorias vêm sendo

estudadas, com o objetivo de conhecer o comportamento destas estruturas, em relação à atuação do solo sobre a estrutura.

O presente trabalho visa uma proposta de construção de muro por flexão para conter encostas localizadas na cidade de Muriaé, Estado de Minas Gerais.

A escolha pela Estrutura de Contenção de Muro de Arrimo por Flexão se deve ao fato por se tratar de uma altura consideravelmente dentro dos limites de economia e também pelo pouco espaço disponível à execução.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Muros de Arrimo

A construção de muros de arrimo são obras de contenção, frequentemente apresentadas ao engenheiro, particularmente ao engenheiro rodoviário.

Os muros de contenção podem ser de gravidade (construídos de alvenaria ou de concreto simples ou ciclópico), de flexão ou de contraforte (em concreto armado), ou ainda “muro de fogueira”, preenchidos com solos entre os espaços das peças.

Outro tipo de muro bastante utilizado são os chamados gabiões, constituídos por uma espécie de rede metálica em forma de cesta, e cheia com pedras.

Considerando os vários tipos de muros de arrimo citados acima, optou-se como viável a execução do muro de flexão para conter encostas as margens da Rua Newton Resende, Bairro Encoberta Muriaé-MG.

A escolha pela Estrutura de Contenção de Muro de Arrimo por Flexão se deve ao fato por se tratar de uma altura consideravelmente dentro dos limites de economia e também pelo pouco espaço disponível à execução.

2.2 Muro de Concreto Armado - Flexão

Os muros de flexão em concreto armado são sustentações com características mais esbeltas e com seções transversais geralmente em formato de “L”. São muros que resistem aos empuxos de flexão, com parte do peso próprio do maciço de terra, que se localiza sobre a base do “L” (GERSCOVICH, 2010 apud GUILHERME, 2017). Como medidas consideráveis, alguns autores não afirmam que esse muro seja algo viável para alturas superiores a 5 metros. Já as lajes de base, apresentam largura entre 50 a 70% da altura do muro. São comumente construídos em concreto armado, tornando-se antieconômicos para alturas acima de cinco a sete metros. Nestes casos, torna-se necessário o emprego de vigas de enrijecimento ou contraforte.



Figura 1: Muro com contraforte.
Fonte: UERJ, online

2.3 Muros Isolados em Concreto Armado sem Contrafortes

Estes muros são basicamente compostos de duas lajes, sendo uma vertical e outra horizontal. Onde a laje vertical é considerada engastada em sua base, com extremidade superior em balanço. A horizontal, no que lhe concerne, fica apoiada no terreno, e possui a finalidade estrutural de equilíbrio do empuxo, e atendendo como sapata (DOMINGUES, 1997 apud GUILHERME, 2017).

Domingues (1997 apud GUILHERME, 2017) afirma que o peso próprio deste tipo de muro é menor se comparado aos muros de gravidade, onde essa particularidade leva a permitir que sua realização seja realizada também em solos de pouca resistência de suporte, sendo feita um estudo conveniente da fundação e uso de estacas. Isto acontece por conta do equilíbrio gerado pelo peso próprio de solo sobre a base/sapata.

Ainda segundo Domingues (1997 apud GUILHERME, 2017), a laje vertical recebe o empuxo da massa de terra, enquanto a laje horizontal recebe os pesos próprios da laje vertical e do maciço de terra. Para a escolha desse tipo de estrutura, consideram-se os fatores abaixo:

- Dificuldade de compactação do aterro na junção;
- Acréscimo de terreno necessário;
- Disponibilidade espaço e acessos;
- Custo dos materiais disponíveis;
- Formas, armaduras e concreto.

Os muros de concreto armado por flexão sem contrafortes apresentam quatro perfis básicos: perfil clássico, perfil L, perfis especiais e muros atirantados.

2.3.1 Muro sem contraforte com perfil clássico

O perfil clássico serve de padrão de comparação para os demais sistemas. É um perfil utilizado para alturas entre 2m a 4m. A figura abaixo demonstra esse tipo de perfil.

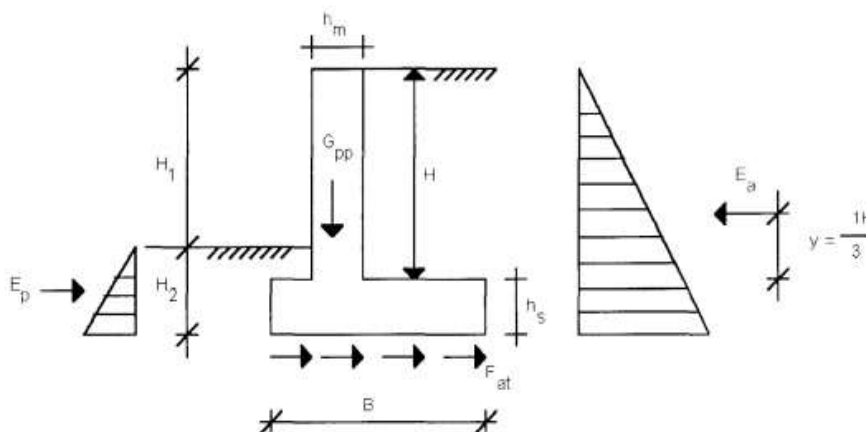


Figura 2: Muro de concreto armado por flexão, perfil clássico.
Fonte: Domingues, 1997.

De acordo com a figura apresentada acima, têm-se:

H – altura total da parede de contenção;

B – largura total da sapata;

E – empuxo total aplicado à $\frac{1}{3}$ H;

F_{at} – força de atrito solo-estrutura.

As espessuras mínimas da parede (h_m) e da sapata (h_s), comumente adotadas com o mesmo valor, são determinados a partir das seções transversais necessárias para resistir aos esforços solicitantes.

O equilíbrio do muro é obtido por ação da massa de solo na região interna, impedindo o tombamento, e por ação do atrito entre o solo e a face inferior da sapata, evitando o deslocamento lateral.

2.3.2 Muro sem contraforte com perfil L

É utilizado para alturas menores (máximo de 2m). Os muros com perfil L podem conter ou não dentes de ancoragem. O dente de ancoragem é empregado para aumentar a resistência ao escorregamento, como mostra a figura abaixo:

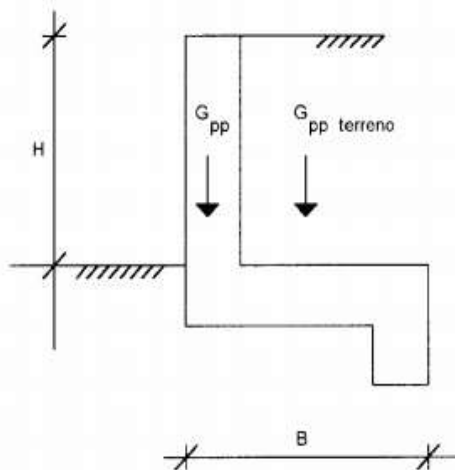


Figura 3: Muro sem contraforte – Perfil L.
Fonte: Domingues, 1997.

2.3.3 Muro sem contraforte com perfis especiais

O muro de perfil especial apresentado na figura abaixo é utilizado para alturas de 2m a 4m. São projetados com lajes intermediárias para aliviar a ação de empuxo de terra, por meio da ação do terreno do lado interno do muro, reduzindo assim os esforços na estrutura.

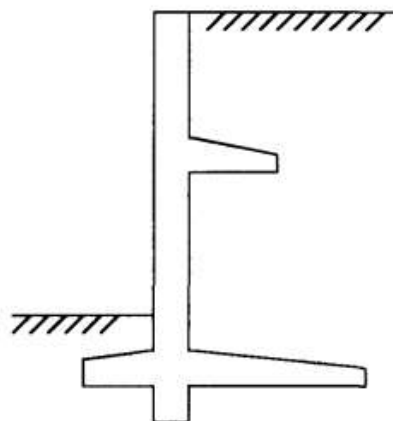


Figura 4: Muro sem contraforte com perfis especiais.
Fonte: Domingues, 1997.

2.3.4 Muro atirantado

O muro atirantado é erguido em terrenos com alturas de taludes de 4 a 6m. O topo do muro é preso por meio de tirantes fixados a uma placa de ancoragem. Este recurso de projeto pode ser aplicado quando na fundação do muro ocorre material competente (rocha

sã ou alterada) e quando há restrição de espaço disponível para que a base do muro proporcione as dimensões necessárias para a estabilidade.

Esse tipo de muro vem sendo superado pelo uso de cortinas atirantadas, que apresentam maior facilidade e rapidez na construção.

A cortina atirantada, é composta por uma parede bastante rígida de concreto armado, que é presa ao terreno através de cordoalhas de aço protendidas, recobertas por calda de cimento aplicado sob pressão.

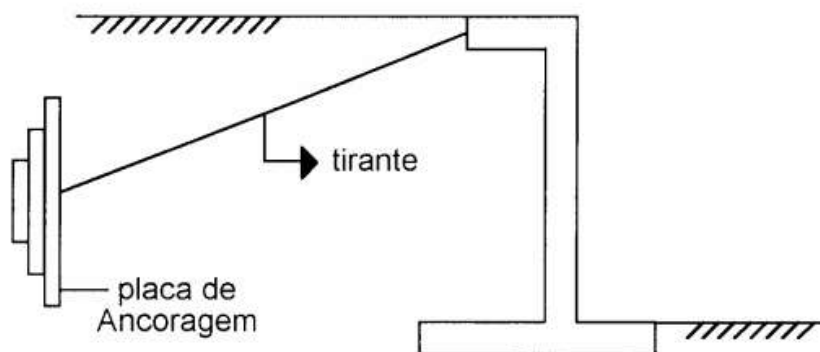


Figura 5: Muro atirantado
Fonte: Domingues, 1997.

2.4 Condições de Estabilidade

Na verificação das condições de estabilidade de um muro, com qualquer seção, devem ser investigadas as seguintes condições de estabilidade:

1ª. Condição: Segurança contra o tombamento – o momento do peso do muro deve ser maior que o momento do empuxo total.

2ª. Condição: Segurança contra o escorregamento – que é, basicamente, uma verificação do equilíbrio dos componentes horizontais das forças atuantes, com a aplicação de um coeficiente de segurança de 1,5.

3ª. Condição: Segurança contra ruptura e deformação excessiva do terreno de fundação – a condição a ser satisfeita é que a maior das pressões seja menor ou igual à pressão admissível do terreno.

4ª Condição: Segurança contra ruptura do conjunto muro-solo – A possibilidade de ruptura do terreno segundo uma superfície de escorregamento deve também ser investigada.

2.5 Sistemas de Drenagem

Ao estudar sobre estruturas de contenção, muros de arrimo, é fundamental analisar certos elementos fundamentais para o bom comportamento da estrutura. Nesse quesito destaca-se a importância da drenagem, pois boa parte dos acidentes que ocorrem envolvendo muros de arrimo está relacionada ao acúmulo de água no maciço. A existência de uma linha freática no solo é altamente desfavorável, aumentando consideravelmente o empuxo total.

O acúmulo de água, por carência de drenagem, pode duplicar o empuxo atuante. O efeito da presença da água pode ser direto, em decorrência do acúmulo de água junto ao tardo interno do muro, ou indireto, produzindo uma diminuição da resistência ao cisalhamento do solo em consequência do acréscimo das pressões intersticiais.

O efeito direto é o de maior amplitude podendo ser eliminado ou bastante suavizado, por um sistema de drenagem eficaz. Todo cuidado deve ser tomado ao projeto do sistema de drenagem para dar vazão a precipitações e para que a escolha do material a ser utilizado como drenante seja feita de modo a evitar qualquer possibilidade de colmatção ou comprometimento de funcionamento futuro.

Durante a construção da estrutura de arrimo, a execução dos drenos deve ser cuidadosamente acompanhada, observando o posicionamento do colchão de drenagem e garantindo que durante a utilização do material não haja contaminação e/ou segregação.

3. Materiais e Métodos

Para o presente artigo, foi realizado como método de estudo ensaios em laboratório para obtenção das características do solo a ser trabalhado à execução do muro de concreto armado por flexão, através de cálculos realizados baseados em fórmulas específicas para esse assunto, relatando as características físicas que o solo apresenta, obtendo-se assim resultados para futuras discussões.

De acordo com os fatores que se desejam obter, o estudo para obtenção dos dados necessários inicia-se com o cálculo de densidade real dos grãos, que é demonstrado na equação abaixo:

$$\delta_1 = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)}$$

Equação

01

Em seguida é calculado a Consistência do Solo - Ensaio Geotécnicos - Ensaio de Limite de Liquidez (LL) e de Plasticidade (LP) Conhecido também como Limites de Atterberg, estes ensaios permitem determinar os limites de consistência do solo. O termo consistência é utilizado para descrever um estado físico, isto é, o grau de ligação entre as partículas do solo. Quando aplicado aos solos finos ou coesivos, a consistência está ligada à quantidade de água existente no solo, ou seja, ao teor de umidade. Para obtenção dos dados utilizou-se a equação abaixo:

$$\text{Umidade} = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100 \quad \text{Equação 02}$$

Posteriormente, é realizado o ensaio Teor de Umidade dos Solos - Método da Estufa e o Método Speedy - Ensaio Geotécnicos, que demonstram o teor de umidade presente no solo. "O teor de umidade é definido como sendo a relação entre o peso da água existente no solo e o peso seco das partículas sólidas do solo, expressa em porcentagem" CAPUTO (1977). obtida pela equação abaixo:

$$U = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100 \quad \text{Equação 03}$$

Speedy Test: Umidade = 20,60%

Obtendo-se esses resultados, é possível prosseguir com o estudo realizando a seguir o ensaio para se determinar o peso específico aparente natural de uma amostra de solo pré-estabelecida através do uso de parafina e pesagem hidrostática, pela equação 1.5 abaixo:

$$V = \left(\frac{P_{Par} - P_i}{\gamma_w} \right) - \left(\frac{P_{Par} - P_S}{\gamma_{Par}} \right) \quad \text{Equação 04}$$

A seguir procede-se com o peneiramento de uma amostra do solo para adquirir a curva granulométrica seguida da classificação do mesmo.

Por fim é calculada as tensões atuantes e feito o dimensionamento do muro com a utilização do software Eberick, software para elaboração de projetos estruturais em concreto

armado moldado in-loco, pré-moldado, alvenaria estrutural e estruturas mistas, com recursos que abrangem todas as etapas do projeto.

Os resultados obtidos nos ensaios e cálculos são obtidos e demonstrados no próximo tópico.

4. Resultados e Discussão

De acordo com o que foi demonstrado e explicado sobre a realização de um estudo a respeito da viabilidade de qual tipo de muro usar para conter encostas na cidade de Muriaé-MG, e a realização de ensaios para obter-se as características físicas do solo e dados relevantes para o correto dimensionamento, foi necessário utilizar o método através de cálculos, planilhas e também a utilização do software Eberick, onde os resultados obtidos são divulgados abaixo:

- Densidade Real dos Grãos:

$$\delta_1 = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)}$$

$$\delta_{Final} = \frac{\delta_{T_1} + \delta_{T_2} + \delta_{T_3}}{3}$$

$$\delta_{Final} = \frac{2,38 + 2,70 + 2,70}{3}$$

$$\delta_{Final} = 2,59$$

Fator Tabelado: $K_{25} = 0,9989$

$$\delta_{Final} \times K_{25} = 2,59 \times 0,9989$$

$$\delta_{Final} = 2,59 \text{ g/cm}^3$$

- Plasticidade:

$$Umidade = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100$$

O resultado obtido no ensaio com a primeira amostra foi descartado porque houve uma discrepância no resultado em relação aos demais. Logo:

$$U_T = \frac{U_2 + U_3}{2}$$

$$U_T = \frac{62,50 + 66,67}{2}$$

$$U_T = 64,58\%$$

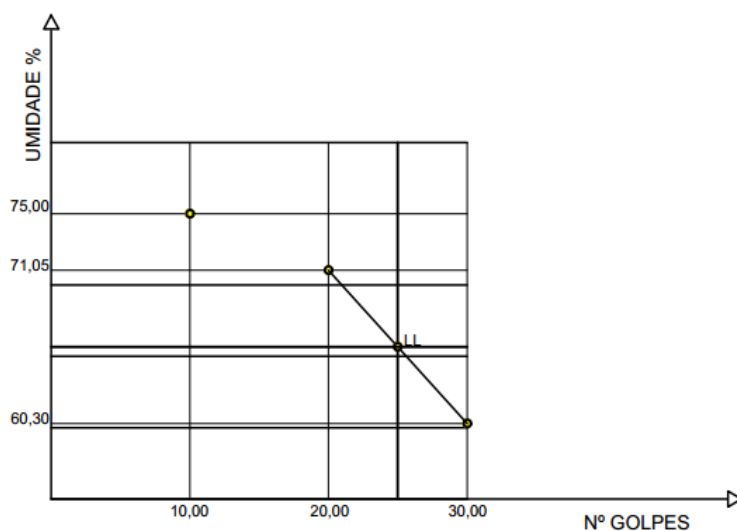
- Casa Grande - Liquidez:

$$U = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100$$

$$U_1 = \frac{21,0 - 13,1}{13,1} \times 100 = 60,30\%$$

$$U_2 = \frac{13 - 7,6}{7,6} \times 100 = 71,05\%$$

$$U_3 = \frac{16,8 - 9,6}{9,6} \times 100 = 75\%$$



$$LL = 65,68$$

- Umidade por Estufa:

$$U = \frac{47,8 - 38,3}{38,3} \times 100$$

$$U = \mathbf{24,80\%}$$

- Speedy Test:

$$\text{Umidade} = 20,60\%$$

- Balança Hidrostática = Peso Específico Natural do Solo:

$$V = \left(\frac{P_{Par} - P_t}{\gamma_w} \right) - \left(\frac{P_{Par} - P_S}{\gamma_{Par}} \right)$$

$$V = \left(\frac{106,4 - 34}{1} \right) - \left(\frac{106,4 - 93,6}{0,9} \right)$$

$$V = \mathbf{58,18 \text{ cm}^2}$$

$$\gamma_{nat} = \frac{P_S}{V} = \frac{93,6}{58,18} = 1,62 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{16,20 \text{ KN/m}^3}$$

- Granulometria:

Ao resultado obtido em laboratório por meio do peneiramento do solo dá-se a seguinte classificação: areia fina – Tipo de solo não coesivo e não plástico com comportamento predominantemente devido à fração areia, constituída por minerais ou

partículas de rochas com diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 0,20 mm, podendo ser observado na tabela a seguir:

Tabela 1: Resumo da Granulometria.

Resumo Granulometria %	
Pedregulho (>4,8mm)	0,13
Areia Grossa 4,8 – 2,0mm	4,61
Areia Média 2,0 – 0,42mm	32,34
Areia Fina 0,42 – 0,074mm	62,07
Silte + Argila (<0,074mm)	0,85
Total.....	100,00

Fonte: Autores, 2018

A O gráfico da figura 6 abaixo evidência a curva granulométrica obtida a partir do peneiramento de amostra do solo realizado e em fase de determinação da classificação do mesmo, contribuindo significativamente com dados necessários aos cálculos:

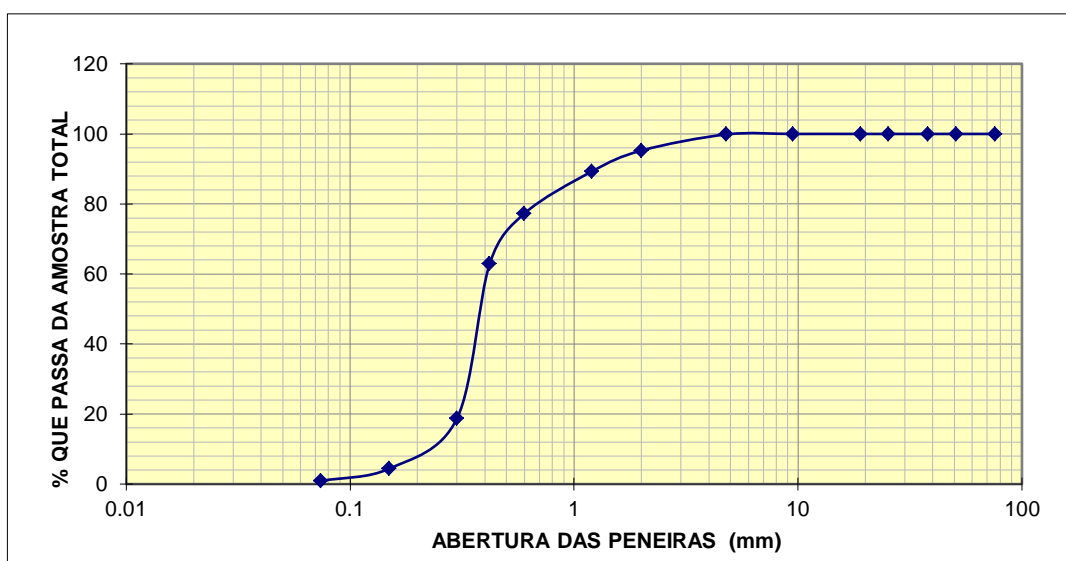


Figura 6: Curva Granulométrica.
Fonte: Autores, 2018

- Cálculo de Tensões Atuantes:

Arcias e Solos Arenosos					
Compacidade	γ (t/m ³)	C (t/m ²)	ϕ °	E (t/m ²)	v
Fofa	1,6	0	25 - 30	100 - 500	0,3 a 0,4
Pouco Compacta	1,8	0	30 - 35	500 - 1400	
Medianamente Compacta	1,9	0	35 - 40	1400 - 4000	
Compacta	2,0	0	40 - 45	4000 - 7000	
Muito Compacta	> 2,0	0	> 45	> 7000	
Argilas e Solos Argilosos					
Consistência	γ (t/m ³)	C (t/m ²)	ϕ °	E' (t/m ²)	v
Muito Mole	1,3	0 - 1,2	0	30 - 120	0,4 a 0,5
Mole	1,5	1,2 - 2,5	0	120 - 280	
Média	1,7	2,5 - 5,0	0	280 - 500	
Rija	1,9	5,0 - 15,0	0	500 - 1500	
Dura	> 2,0	> 15,0	0	> 1500	

Valores UFMG fls. 47

Obs.: Para solos argilosos normalmente adensados

$$C_c = 0,009 (LL - 10\%)$$

Sendo: γ = Peso Específico Natural do Solo
 ϕ = Ângulo de Atrito Interno
 C = Coesão
 E = Módulo de Elasticidade (Não Drenado)
 E' = Módulo de Elasticidade (Drenado)
 v = Módulo de Poisson

Figura 7: Avaliação dos Parâmetros de Resistência e de Deformabilidade.

Fonte: UFMG , online

$$\sigma_{ult} = C \times N_c \times S_c + q \times N_q \times S_q + \frac{1}{2} \times \gamma \times B \times N_\gamma \times S_\gamma$$

$$\sigma_{ult} = 0 \times 19 \times 1 + 16,2 \times 8,3 \times 1 + \frac{1}{2} \times 16,2 \times 2,5 \times 5,7 \times 1$$

$$\sigma_{ult} = 249,89 \text{KPa}$$

$$\sigma_{ADM} = \frac{\sigma_{ult}}{n} = \frac{249,89}{3}$$

$$\sigma_{ADM} = 83,30 \text{KPa}$$

- Cálculo detalhado do muro MI

Quadro 2: Pavimento Térreo - Lance 1.

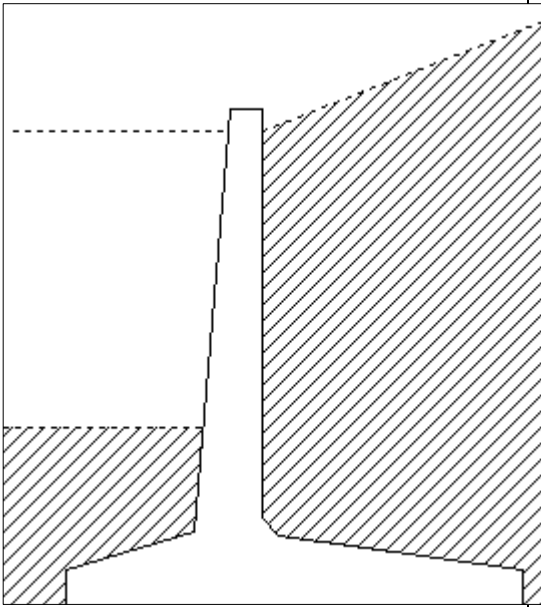
Dados gerais		Dados do concreto	
Tipo	Concreto armado	Fck	250 kgf/cm ²
Formato	Base total	Ecs	241500
Cobrimento	4.5 cm	Peso específico	kgf/cm ² 2500 kgf/m ³

Quadro 3: Características do solo.

Características do solo	
Pressão admissível	
Coesão	0.84
Ângulo de atrito interno	kgf/cm ²
Peso específico do solo	0 kgf/cm ²
	30 °
Peso específico submerso	1620 kgf/m ³
	900 kgf/m ³
	2000 tf/m ³
Coeficiente de recalque vertical	Arenoso
Tipo de solo	

Quadro 4: Geometria do Muro.

Altura	
Muro	400 cm
Solo externo	380 cm
Solo interno	100 cm
Parede	
Largura topo	
Largura base	30 cm
Inclinação interna	65 cm
	5 °
Inclinação externa	0 °
	15 cm
Chanfro	
Base	
Comprimento interno	120 cm
Comprimento externo	245 cm
Comprimento total	430 cm
	70 cm
Altura maior	35 cm
Altura menor	



Quadro 5: Empuxos ativos.

	Solo + Sobrecarga	Sobrecarga (distr.	Concentrada	Água		Total
				Hor.	Vert.	

		região)				
Valor	0 kgf/m ²	0 kgf/m ²	0 tf	-	-	-
Dist. aplic.	-	100 cm	100 cm	-	-	-
Comp. região	-	100 cm	-	-	-	-
E _{max} (kgf/m)	3274.23	0	0	-	-	3274.23
F _{total} (tf)	7.41	0	0	-	-	7.41
Dist. base (cm)	150	0	0	-	-	150
M _{base} (kgf.m/m)	11108.9	0	0	-	-	11108.9
Diagramas						
Coeficiente de empuxo ativo = 0.45			Inclinação terreno = 21.04°			

Quadro 6: Cargas verticais e momentos resistentes.

	Muro	Terra (base interna)	Terra (base externa)	Carga (topo muro)	Empuxo passivo	Carga total vertical	Mom. total resistente
Área (m ²)	4.28	1.45	10.88	-	-	N _{tot} = 30.69 tf/m	M _{tot} = 76562.8 kgf.m/m
G (tf/m)	10.71	2.36	17.63	0	-		
X (cm)	185.84	59	313.56	170	-		
M (kgf.m/m)	19896.7	1389.59	55276.5	0	-		

Quadro 7: Verificações do muro.

Tombamento (kgf.m/m)	Escorregamento (kgf/m)	Cisalhamento (kgf/m)	Deslocamento topo (cm)	Pressão base (kgf/cm ²)
M _s = 11108.9	F _s = 7405.64	V _{sd} = 7.37	Rot. base = 0.42 Elástico = 0.05 Imediato = 0.05	Máxima = 0.73 Mínima = 0.7
M _r = 76562.8	F _r = 11231	V _{rd} = 24.89		

			Diferido = 0.11 Total = 0.52	
FS = 6.89 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 1.52 (mínimo: 1.5) Status: Ok	FS = 3.38 (mínimo: 1.0) Status: Ok	Limite = 3.13 Status: Ok	Admissível = 0.84 Status: Ok

Quadro 8: Dimensionamento da armadura.

	Momentos (kgf.m/m)	As (cm ²)	Armaduras
Parede interna	-	1.94	7 ø 6.3c/16
Parede externa	6539.31	9.71	8 ø 12.5c/13
Base inferior	4898.17	10.5	5 ø 16.0c/20
Base superior	5835.71	10.5	5 ø 16.0c/20
Dente	-	-	-
Chanfro	-	-	150 ø 6.3c/20

M1

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	116	3000	348000
	2	6.3	150	193	28950
	3	6.3	187	481	89947
	4	12.5	230	505	116150
	5	16.0	150	470	70500
	6	16.0	150	461	69150

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	4669	1256.8
	12.5	1161.5	1230.8
	16.0	1396.5	2424.6
PESO TOTAL (kg)			
CA50		4912.1	

Volume de concreto (C-25) = 127.69 m³
Área de forma = 506.02 m²

Figura 8: Relação do Aço.

Fonte: Autores, 2018.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguindo o desenvolvimento da Engenharia Civil, novas técnicas de contenções têm surgido, proporcionando melhor desempenho estrutural e redução de custos.

O uso de muros de arrimo com concreto armado é uma grande vantagem quando se tem pouco espaço disponível para execução da contenção. A escolha também pode estar diretamente ligada ao tipo de solo apoio e ao desnível a ser vencido.

Nesse aspecto, o que motivou a escolha do local foi o fato de se tratar de um bairro de classe econômica baixa e que necessita de uma obra de contenção para evitar que a rua que passa logo acima não seja comprometida com possíveis deslizamentos de terra. Trata-se de um muro já construído pela prefeitura, porém não resistindo às intempéries veio a se desmoronar. Logo o estudo viabiliza uma nova escolha de contenção adequada a tal questão. Fato pelo qual, chega-se a conclusão de que o muro por flexão seria o mais viável devido ao seu custo benefício bem como as características locais obtidas após estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 11682/1991 – Estabilidade de Taludes.

_____. NBR 7181/2016: Solo – Análise .

_____. NBR 10838/1988 (MB 2887): Solo – Determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas, com emprego da balança hidrostática .

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Vol. 2. São Paulo, SP, 3ª edição revista e ampliada, Editora LTC, 456 p.1977.

_____. **Mecânica dos solos e sua aplicações**. Vol. 2. Rio de Janeiro, RJ, 6ª edição revista e ampliada, Editora LTC, 2008.

DOMINGUES, P. C. **Indicações para projetos de muros de arrimo em concreto armado**. 1997. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 1997. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-20032018-104408/en.php>. Acesso em 03 de Dezembro de 2018.

GUILHERME, Mariane Lemes. **ANÁLISE DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO E DE ESTABILIDADE GLOBAL EM MUROS DE ARRIMO DE FLEXÃO**. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/133>. Acesso em 20 de Novembro de 2018.

LUIZ, Bruna Julianelli. **Projeto geotécnico de uma estrutura de contenção em concreto**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011764.pdf>. Acesso em 20 de Novembro de 2018.

Sobre os Autores

Autor 1: Graduanda em engenharia Civil do Centro Universitário Redentor. E-mail: danilagenario@hotmail.com

Autor 2: Graduando em engenharia Civil do Centro Universitário Redentor. E-mail: paulohcl2009@hotmail.com