

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Análise Comparativa Entre Muros de Contenção em Alvenaria Estrutural e Muro de Contenção à Flexão

Lucas Vinícius de Moraes Silva

Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, Brasil, lvmorais2@gmail.com

Julian Asdrubal Buritica Garcia

Professor, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Joinville, Brasil, julian.garcia@ufsc.br

Fernanda Yamaguchi Matarazo

Engenheira Geotécnica, BVP Geotecnia e Hidrotecnia, Belo Horizonte, Brasil, fernanda.matarazo@bvp.eng.br

RESUMO: A ruptura de taludes, principalmente durante o período chuvoso, é um dos grandes problemas enfrentados pelas cidades brasileiras, por esse motivo, a necessidade de conter e estabilizar os solos é cada vez mais frequente. O uso do muro de alvenaria estrutural é crescente e a metodologia carece de estudos para melhor entender e analisar o seu comportamento e custo. Assim, o objetivo desse trabalho foi desenvolver uma análise comparativa entre dois métodos utilizados para contenção de taludes, o muro à flexão em concreto armado e o muro em alvenaria estrutural. Foi realizado o dimensionamento dos métodos estudados para diferentes alturas, o levantamento dos custos e, por fim, a discussão dos resultados encontrados entre si e com outros trabalhos já realizados. Foi observado que o muro em alvenaria apresenta um menor custo, no entanto, para alturas superiores à 5 metros ele deixa de atender aos critérios de segurança. Conclui-se que o muro em alvenaria apresenta o melhor custo-benefício para alturas de até 5 metros, enquanto o muro à flexão pode ser utilizado em alturas maiores na contrapartida do aumento do custo.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de contenção, muro de alvenaria, muro à flexão, estabilidade de taludes.

ABSTRACT: The rupture of embankments is one of the major problems faced by Brazilian cities on wet seasons, and for this reason, the need to contain and stabilize the soils is more and more frequent. The use of the structural masonry wall is growing and the methodology lacks studies to better understand and analyze its behavior and cost. Thus, the objective of this work was to develop a comparative analysis between two methods used to contain slopes, the cantilever wall and masonry wall. A bibliographic review was conducted, the dimensioning of the methods studied for different heights, the survey of costs and, finally, the discussion of the results found among themselves and with other works already done. It was observed that the masonry wall has a lower cost, however, for heights greater than five meters it fails to meet the safety criteria. It is concluded that the masonry wall presents the best cost-benefit for heights of up to five meters, while the cantilever wall can be used at greater heights in exchange for the increased cost.

KEYWORDS: Retaining walls, masonry wall, cantilever wall, slope stability.

1 Introdução

Um dos principais fenômenos relacionados a desastres naturais no Brasil são os deslizamentos de encostas (Brasil, 2006), justificando a implantação de estruturas de contenção para evitar a movimentação de massa causada pelo peso próprio e/ou carregamentos externos. Para Andrade (2018), durante muitos anos, as principais estruturas utilizadas foram as de concreto armado e de gravidade, onde conforme a altura da contenção aumenta, os custos crescem significativamente. Segundo (Alves, 2011), os muros em alvenaria foram pouco explorados, mas vêm aumentando sua participação no mercado brasileiro em virtude de melhores resultados, se comparados com o muro à flexão.

Estruturas de contenções são elementos utilizados cada vez mais para viabilizar a implementação de obras em áreas pouco propícias originalmente e possuem como função, basicamente, suportar o empuxo do solo, conferindo estabilidade e segurança a um talude, permitindo utilizar o espaço a sua frente ou do seu terrapleno uma vez que evitam o escorregamento causado pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos



(EHRlich; BECKER, 2009; MACCAFERRI, 2014). Dentre essas estruturas, encontra-se o muro de arrimo que, de acordo com Gerscovich (2010), é uma parede, que pode ser constituída com diversos materiais, e tem o objetivo de conter a massa de solo e pode ser classificado como estruturas corridas que apresentam paredes verticais (ou quase) apoiadas em fundações profundas ou rasas.

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre o muro à flexão e o muro de alvenaria. E como objetivos específicos: o dimensionamento dos muros considerando diversas alturas; a análise das estruturas em relação à técnica, custo, metodologia construtiva e a avaliação das vantagens e desvantagens da utilização de cada método.

2 Estruturas de contenção

2.1 Muro de Alvenaria Estrutural

De acordo com Corrêa e Ramalho (2003), alvenaria estrutural é uma estrutura autoportante que transmite a fundação os esforços recebidos, e pode ser associado a elementos estruturais, que objetivam resistir a cargas de compressão e de flexão. Com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar a sua capacidade resistente, os blocos vazados são preenchidos com graute que é um material cimentício fluido, utilizado para enchimento de espaços vazios da alvenaria (ABNT NBR 16868-1, 2020).

Segundo Corrêa e Ramalho (2003) e Domingues (1997), as vantagens de se utilizar o muro em alvenaria, tem-se: redução do uso de formas; racionalidade do sistema executivo; gera pouco resíduo e perdas; processo construtivo mais simples em relação ao muro à flexão. E uma desvantagem do sistema é que, sem o uso de contrafortes, ele é aplicado para pequenas alturas.

O muro em alvenaria estrutural é constituído pelo bloco, que pode ser considerado seu componente básico, aço, graute para preenchimento dos vazios da alvenaria e argamassa para a ligação das juntas entre os blocos, na Figura 1(a) estão indicados os elementos citados (ABNT NBR 16868-1, 2020). Ainda, são utilizados drenos, para permitir o escoamento da água que permeia o solo.

2.2 Muro à Flexão (Cantilever)

O muro cantilever consiste, basicamente, em duas ‘placas’ de concreto armado, uma vertical que é engastada na base e tem o extremo superior em balanço e a outra horizontal que se apoia no solo e tem como finalidade equilibrar o empuxo e servir de sapata. As duas placas formam uma estrutura com formato em “L” que resiste aos esforços atuantes, utilizando parte do peso próprio do maciço de solo, que se apoia sobre a base do “L”, para manter-se em equilíbrio. A laje de base em geral apresenta largura entre 50 e 70% da altura do muro. A face trabalha à flexão e se necessário pode empregar vigas de enrijecimento, no caso alturas maiores. Para muros com alturas superiores a cerca de 5 m, é conveniente a utilização de contrafortes (ou nervuras), para aumentar a estabilidade contra o tombamento (DOMINGUES, 1997; GERSCOVICH, 2010).

O muro do tipo Cantilever é constituído basicamente por concreto armado e deve-se dispor de drenos, a Figura 1(b) apresenta um muro à flexão com parte da armadura à mostra.

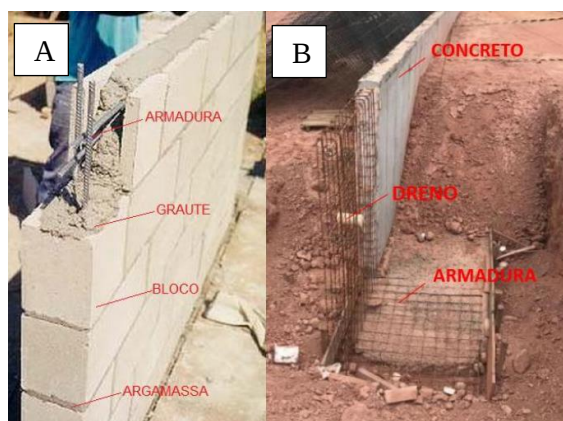


Figura 1 - Elementos constituintes da alvenaria estrutural (a) e muro à flexão (b)

Fonte: (a) Pereira (2014) e (b) adaptado de Andrade (2018)



De acordo com Porto e Fernandes (2015) e Andrade (2018), são vantagens do muro à flexão: estrutura versátil; seções transversais esbeltas; podem ser utilizados diversos materiais como revestimento estético; permite um maior controle tecnológico dos materiais empregados na execução; não necessita de equipamentos complexos. E desvantagens: não é adequado para solos fofos; necessita de espaço para construção e aterro; propenso a erros durante o processo de mistura e cura do concreto, se produzido in loco; alto uso de formas e grande geração de resíduos; e, dificuldade de compactação do aterro no encontro das placas.

2.3 Estabilidade e Custo

A estabilidade ao tombamento do muro à flexão é garantida pela massa de solo do aterro apoiado sobre a base do muro (Gerscovich, 2010). Por outro lado, a estabilidade ao tombamento do muro de alvenaria deve ser garantida pelo uso de ancoragens tipo estacas, mão francesa, contrafortes ou no caso de subsolos em prédios pode ser travada com a própria estrutura aporticada (vigas colunas). Em todos os casos o sistema de ancoragem deve ser dimensionado do ponto de vista geotécnico e estrutural (Pereira, 2014).

Segundo Pereira (2014), o muro em alvenaria apresenta um custo de cerca de 13% a menos em relação ao muro à flexão. No mesmo sentido, Avesani Neto, Hayashida e Pereira (2013), apresentam que o muro à flexão é uma estrutura mais dispendiosa, apresentando variação do custo de forma exponencial em relação à altura da contenção, enquanto o muro de bloco apresenta um crescimento de forma linear.

Nascimento, Fernandes e Cardoso (2017), realizaram uma análise entre seis estruturas de contenção (pneu, gabião, pedra argamassada, pedra arrumada, concreto ciclópico e concreto armado), com altura variando de um a cinco metros e obtiveram como resultado que o muro em concreto armado (à flexão) apresenta maior custo dentre todas as alternativas.

2.4 Investigação Geotécnica para Projetos de Muro de Arrimo e Interface Solo-Muro

De acordo com Gomes (2018), apesar da necessidade de se conhecer o meio para que haja segurança e estabilidade na obra, a fase de estudos de investigação geralmente é a fase mais sacrificada, objetivando a economia com a redução dos prazos e os recursos disponíveis para a fase de investigação. Porém, sem os devidos dados do solo e do local de implantação, aumenta-se as incertezas da obra e por consequência colocam em risco a segurança e oneram os coeficientes de segurança e o custo final.

Gerscovich (2016) salienta que a qualidade do projeto depende da confiabilidade das investigações de campo e laboratório e da capacidade do projetista em interpretar os resultados experimentais, definir os parâmetros de projeto e, principalmente, analisar os diferentes cenários possíveis que possam alterar as condições de resistência ao cisalhamento e reduzir o fator de segurança.

A interface solo-muro interfere no comportamento da estrutura, que possui sua resistência expressa pelo critério de Mohr-Coulomb que é o mesmo geralmente utilizado para a resistência ao cisalhamento do solo. Esse critério traz que a resistência é dada em função de dois parâmetros: o ângulo de atrito solo-estrutura (δ) e a adesão de interface (a). É prática adotá-los em função do ângulo de atrito interno (ϕ') e da coesão do solo (c').

3 Metodologia

No presente trabalho, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito do tema, posteriormente, foram obtidos parâmetros a partir da análise de ensaios de laboratório pré-existent, em seguida foi realizado o dimensionamento das estruturas sugeridas, a análise dos custos, dos fatores de segurança e das vantagens e desvantagens e, por fim, a discussão acerca dos resultados, conforme apresentado a seguir.

3.1 Estudo de Caso

Para o desenvolvimento dos projetos dos muros, considerando os dois tipos concernentes ao estudo, foram utilizados dados reais de um solo localizado na região do quadrilátero ferrífero em Itabirito – MG e foi discutida a implantação, com base nas informações disponíveis, da melhor solução de contenção para um talude hipotético e com altura variável, conforme apresentado na Figura 2. De acordo com a ABNT NBR



11682 - Estabilidade de encostas (2009) todas as estruturas de contenção devem ser projetadas para suportar, além dos esforços provenientes do solo, uma sobrecarga acidental mínima de 20 kPa, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado, valor considerado para os dimensionamentos.

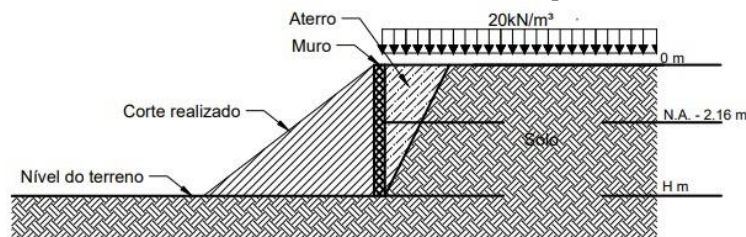


Figura 2 - Perfil natural do solo, talude e indicação do muro (sem escala)

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2021)

A finalidade da implantação da estrutura em questão é conter o solo do talude para viabilizar o uso da área do terraplanado superior e inferior ao muro para a construção de residências. Para a determinação dos parâmetros de resistência do solo foram analisados os resultados pré-existent da sondagem SPT e do ensaio triaxial e, a partir deles, foram obtidos os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo, coesão e ângulo de atrito.

3.2 Definição do Modelo Geotécnico e do Perfil Geotécnico

As estruturas de contenção que foram discutidas no presente trabalho possuem altura de 3 (três), 5 (cinco) e 7 (sete) metros, para os casos em que a estrutura não atendeu aos critérios de segurança, foi realizado o levantamento de custo apenas para fins de comparação.

Foi considerado o nível de água localizado a 2,16 m e que todo o perfil é composto por uma camada de solo siltooso, localmente arenoso (fino), cinza, medianamente compactado a compactado que se trata de um solo residual de filito. Essa simplificação foi adotada por ser a camada mais predominante do perfil, conforme o perfil da sondagem realizada, e por essa camada de solo possuir os dados do ensaio de compressão triaxial. O mesmo solo foi adotado para a camada de aterro entre o talude e o muro construído, definido conforme resultados dos ensaios de avaliação do comportamento mecânico.

No caso de estudo, considerando uma obra permanente e com sistema efetivo de drenagem, optou-se por utilizar as tensões efetivas. Dessa forma, de acordo com os ensaios apresentados, foram encontrados os parâmetros apresentados na Tabela 1. A capacidade de carga do solo (tensão admissível de ruptura) foi calculada de acordo com o método desenvolvido por Terzaghi (1943).

Tabela 1 - Parâmetros do solo

Parâmetro	Valor
Peso específico (γ)	18,00 KN/m ³
Ângulo de atrito interno (ϕ')	27,40°
Coesão do solo (c')	31,90 kPa
Ângulo de atrito estrutura-solo	18,27°
Coeficiente de Poisson (ν)	0,30
Peso saturado (γ_{sat})	18,00 KN/m ³

Fonte: Desenvolvido pelos autores, 2021.

3.3 Pré-dimensionamento de alternativas

Utilizando os parâmetros do solo, da geometria da estrutura e do tipo de muro, inicialmente fez-se um pré-dimensionamento para verificar a estabilidade do conjunto em relação ao tombamento, deslocamento, capacidade de carga do solo da fundação, e outros. Nessa etapa foram utilizados os módulos “Muro de alvenaria” e “Muro de Flexão” do software GEO5 desenvolvido pela Fine Company.



O software foi escolhido por possuir uma gama de softwares para a análise de muros de arrimo e estruturas de contenção e, principalmente, devido à conservação da simplicidade e da clareza na introdução de dados, além de permitir a análise da estrutura de acordo com os aspectos geotécnicos e a verificação do material do muro, viabilizando o alcance dos objetivos propostos (FINE COMPANY, 2021). Para cada alternativa foram realizadas as verificações quando ao tombamento, deslizamento, excentricidade e capacidade de carga da fundação, conforme recomendações normativas.

Para cada análise, encontrou-se um Fator de Segurança (FS) que foi comparado ao FS mínimo, devendo ser maior para ser satisfatório. O método de Bishop foi adotado para a verificação da estabilidade.

3.3.1 Muro à Flexão

O muro de flexão possui os elementos em concreto calculados de acordo com a NBR 6118:2014, foi utilizado concreto C20 ($f_{ck} = 20,00$ MPa e $f_{ct,m} = 2,21$ MPa) e aço CA-50 ($f_{yk} = 500,00$ MPa) para armadura. O cálculo do empuxo de terra ativo foi obtido através do método de Coulomb e o de empuxo de terra passivo pelo método de Mazindrani (Rankine). A forma da cunha de terra foi calculada como inclinação e a chave de base é considerada como sapata inclinada a excentricidade permitida é de 0,33 e a verificação é realizada através dos fatores de segurança. Os fatores de segurança mínimos para tombamento (FS0), a resistência ao deslizamento (FSs), e a capacidade de carga (FSb) adotados foi de 1,50. Na Figura 3 é apresentada a geometria que foi adotada para o muro de flexão e na Tabela 2 as medidas adotadas.

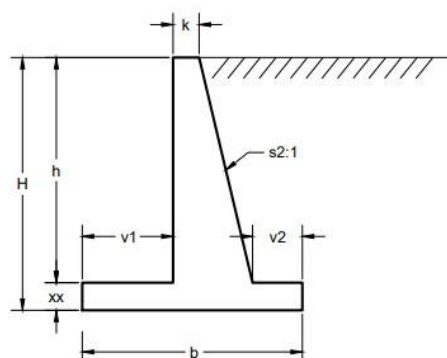


Figura 3: Geometria do muro à flexão (sem escala)

Fonte: desenvolvido pelos autores (2021) usando o software (FINE COMPANY, 2021)

Tabela 2 - Dimensões adotadas para o muro à flexão e capacidade de carga calculada

H (m)	h (m)	k (m)	v1 (m)	v2 (m)	s2	XX	b	Capacidade de carga
3,00	2,80	0,20	0,15	0,40	0,00	0,20	0,75	703,99
5,00	4,60	0,35	0,40	1,51	50,00	0,40	2,35	766,63
7,00	6,20	0,60	1,00	3,00	40,00	0,80	4,60	854,72

Fonte: desenvolvido pelos autores (2021)

3.3.2 Muro em Alvenaria Estrutural

O muro em alvenaria estrutural é projetado de acordo com a norma EM 1996-1-1 (EC6) e, para os elementos em concreto, a norma NBR 6118:2014. Foi adotado concreto C25 ($f_{ck} = 25,00$ MPa e $f_{ct,m} = 2,56$ MPa), aço CA-50 ($f_{yk} = 500,00$ MPa) para armadura e blocos de concreto 140x200mm ($f_{bk} = 4,50$ MPa e $f_{vk} = 0,27$ MPa).

Em relação a análise do muro, os cálculos dos empuxos, a forma da cunha, chave de base, excentricidade e a verificação são os mesmos critérios e métodos considerados para o muro a flexão. Os fatores de segurança mínimos para tombamento (FS0), a resistência ao deslizamento (FSs), e a capacidade de carga (FSb) adotados foi de 1,50. Foi considerado a utilização de estacas para garantir a estabilidade da estrutura. As propriedades dos materiais utilizados estão descritas no Quadro 6.



A geometria do muro em alvenaria está apresentada na Figura 4 e na Tabela 3 as medidas adotadas para cada uma das alturas estudadas, bem como o valor de tensão admissível do solo, de acordo com as dimensões das sapatas.

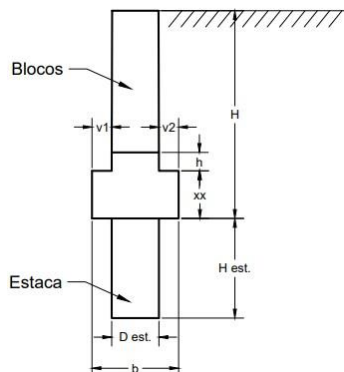


Figura 4: Geometria do muro em alvenaria (sem escala)

Fonte: desenvolvido pelos autores (2021) usando o software Geo5 (FINE COMPANY, 2021)

Tabela 3 - Dimensões adotadas para o muro em alvenaria

H (m)	h (m)	v1 (m)	v2 (m)	XX	b	Capacidade de carga	D est.	H est.
3,00	0,30	0,06	0,05	0,30	0,30	686,37	0,2	2
5,00	0,70	0,15	0,15	0,30	0,59	697,73	0,2	2

Fonte: desenvolvido pelos autores (2021)

3.4 Análise de Custos

O cálculo do custo, nas diferentes condições de projeto, foi realizado de acordo com as quantidades de insumos e mão de obra necessários para a construção dos muros, os itens que são comuns a todos os sistemas (locação da obra, compactação de aterro, execução de sistema de drenagem superficial e no tardo da contenção) foram suprimidos. Os custos unitários utilizados correspondem aos apresentados na tabela elaborada e disponibilizada pela SEINFRA - Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade do estado de Minas Gerais, tendo como referência o mês de janeiro de 2021. Na Tabela 4 estão descritos os itens considerados no levantamento de custos para as metodologias adotada.

Tabela 4 - Itens considerados na estimativa de custos

Muro à Flexão		Muro em Alvenaria	
Código	Descrição	Código	Descrição
ED-48296	Corte, dobra e montagem de aço CA-50 diâmetro (16,0mm a 25,0mm)	ED-48296	Corte, dobra e montagem de aço ca-50 diâmetro (16,0mm a 25,0mm)
ED-49618	Fornecimento de concreto estrutural, preparado em obra, com f_{ck} 20 MPa, inclusive lançamento, adensamento e acabamento	ED-49618	Fornecimento de concreto estrutural, preparado em obra, com f_{ck} 20 MPa, inclusive lançamento, adensamento e acabamento
ED-49646	Forma e desforma de compensado resinado, esp. 14mm, reaproveitamento (3x), exclusive escoramento	90284 (SINAPI)	Graute $f_{gk}=25$ mpa; traço 1:1,2:1,5 (cimento/ areia grossa/ brita 0/ aditivo) - preparo mecânico com betoneira 400 l
ED-51107 (adaptado)	Escavação manual de valas	ED-48198	Alvenaria estrutural com bloco de concreto, esp. 14cm, (f_{bk} 4,5mpa), para revestimento, inclusive argamassa para assentamento
		ED-49646	Forma e desforma de compensado resinado, esp. 14mm, reaproveitamento (3x), exclusive escoramento
		ED-51107 (adaptado)	Escavação manual de valas
		ED-49742 (adaptado)	Escavação e concretagem estaca moldada "in loco"

Fonte: Adaptado de Seinfra (2021)



4 Resultados e Discussão

Considerando o exposto, foi realizado com o auxílio dos módulos “Muro de Alvenaria” e “Muro a Flexão” do software Geo5 o dimensionamento pelos dois métodos propostos para as alturas de três, cinco e sete metros. No que tange a segurança da estrutura de contenção todas as verificações foram satisfatórias para o muro à flexão, no entanto para o muro em alvenaria para alturas acima de cinco metros o solo não possui capacidade de carga para resistir aos esforços do carregamento, apresentado fatores de segurança abaixo do mínimo ($FS < 1,5$). Mas, apesar de o solo não suportar a sua implantação, o custo foi calculado para fins de comparação.

Em relação ao custo, o muro em alvenaria apresenta valor inferior ao muro à flexão. Corroborando com o estudo desenvolvido por Avesani Neto, Hayashida e Pereira (2013), conforme a altura aumenta o valor do muro à flexão apresenta um crescimento exponencial enquanto o do muro de bloco apresenta um comportamento linear, o que pode ser observado na Figura 5.

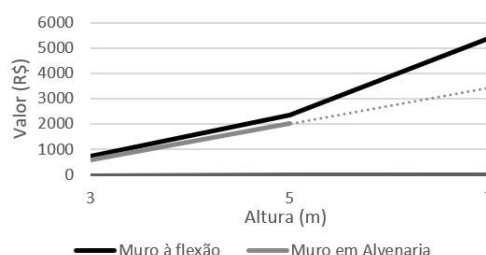


Figura 5: Custo do metro linear

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2021)

O presente estudo ratifica o que foi o que foi apontado por Avesani Neto, Hayashida e Pereira (2013) onde apresentam que o muro à flexão apresenta custo superior ao muro de alvenaria, e a afirmação realizada por Pereira (2014), de que o muro em alvenaria apresenta custo de até 13% a menos que o muro à flexão, no caso em tela, para a altura de 3m foi calculada uma diferença no custo de cerca de 21,6% e, para a altura de 5m, um valor de 17,6% a menos.

A partir de 5 m, para o caso em estudo, o muro em alvenaria deixa de atender os critérios de segurança (FS_{min}) e o muro à flexão continua sendo uma alternativa técnica viável, mas, em contrapartida ocorre o aumento dos custos.

A metodologia construtiva, por sua vez, para o muro de alvenaria é mais simples e requer mão de obra menos especializada, sendo que em locais remotos com pouco acesso a mão de obra qualificada pode ser a mais indicada e/ou atrativa. No entanto, para o muro a flexão é possível realizar um maior controle tecnológico dos materiais empregados e, desse modo, garantir uma maior qualidade.

5 Conclusão

Considerando que as opções estudadas apresentam segurança e estabilidade, um dos principais critérios para escolha da solução é o econômico. Desta forma, conforme apresentado, o muro em alvenaria se mostra mais vantajoso até a altura de 5m, altura onde deixa de atender aos critérios de segurança. A partir de 5m, dentre as opções estudadas, apenas o muro à flexão poderia ser aplicado.

Em relação ao software utilizado, ele se mostrou eficaz nos cálculos permitindo realizar diversas adequações aos parâmetros do solo, geometria e demais propriedades do projeto de forma fácil e rápida, além de atender o disposto nas normas brasileiras e possuir uma interface agradável e intuitiva.

Para próximos trabalhos sugere-se que sejam replicadas a análise desenvolvida para outras metodologias de estrutura de contenção e com a utilização de geossintéticos.

Destaca-se que o projeto aqui apresentado é apenas para fins acadêmicos e foi desenvolvido utilizando-se seções hipotéticas, para qualquer outro cenário deve-se proceder a realização de novas avaliações.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 11682. NBR 11682 - Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.
- ABNT NBR 16868-1. NBR 16868-1 - Alvenaria estrutural - Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020.
- ABNT NBR 6118. NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.
- ALVES, L. Estudo de Parâmetros para Projeto de Muros de Arrimo em Alvenaria Estrutural. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- ANDRADE, M. O. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO. [s.l.] Universidade Federal de Sergipe, 2018.
- AVESANI NETO, J.; HAYASHIDA, E.; PEREIRA, V. Levantamento e comparação dos custos de diferentes soluções de estruturas de contenção em aterro. São Paulo: [s.n.], 2013.
- BRASIL. Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades/Cities Alliance, 2006.
- CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. Projeto de edifício de alvenaria estrutural. 1. ed. São Paulo: Pini, 2003.
- DOMINGUES, P. C. Indicações para projetos de muros de arrimo em concreto armado. Escola de Engenharia de São Carlos, p. 0–97, 1997.
- EHRlich, M.; BECKER, L. Muros e Taludes de Solo Reforçado: projeto e execução. São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- FINE COMPANY. Geotechnical Software Suite GEO5, 2021. Disponível em: <<https://www.finesoftware.com.br/software-para-geotecnia/>>
- GERSCOVICH, D. M. S. Muros de Arrimo. In: Estruturas de Contenção. Rio de Janeiro: FEUERJ, 2010.
- GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de Taludes. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2016.
- GOMES, M. V. Escoamento superficial, geometria e perfil de alteração na análise de estabilidade de taludes de corte nas Formações Botucatu, Serra Geral e Intrusivas Básicas Tabulares, SP. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2018.
- MACCAFERRI. Obras de Contenção: Manual Técnico. Jundiaí: Maccaferri do Brasil Ltda, 2014.
- NASCIMENTO, J. J. T. DO; FERNANDES, S. DO S. B. C.; CARDOSO, A. T. C. Comparativo de Custos de Muro de Arrimo em Concreto Armado e em Gabião em Obra Pública. VII Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, p. 7, 2017.
- PEREIRA, G. M. Comparativo Entre Muro e Arrimo em Concreto Armado e em Alvenaria Estrutural. [s.l.] Centro Universitário do Sul de Minas, 2014.
- PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G. Curso Básico de Concreto Armado: conforme NBR 6118/2014. São Paulo: Oficina de textos, 2015.
- TERZAGHI, K. Theoretical Soil Mechanics. Nova York: John Wiley and Sons, INC., 1943.