

Análise técnica e caracterização de estruturas de contenção tipo gravidade no município de Ouro Preto-MG, Mariana-MG e Belo Horizonte-MG

Antônio Serpa Freire

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, antonio.asfreire@gmail.com

Crysthian Purcino Bernardes Azevedo

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, purcino@etg.ufmg.br

Daniel Rust Ribeiro

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, danielrust88@yahoo.com.br

Frederico Lara Diniz Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, frederico.lara@outlook.com

Lucas Magno Rocha Botelho

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, luca.magno61@gmail.com

Thomás Toledo Nogueira

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, thomastnogueira@gmail.com

RESUMO: Muros de gravidade são estruturas de contenção que promovem a estabilidade de um maciço de terra graças à ação de seu próprio peso. Nesse sentido, existem diversas tipologias de muros de gravidade, são elas: muros de alvenaria de pedra, muros de concreto ciclópico, gabiões, Crib Wall, muros de pneus, muros de saco solo-cimento, dentre outros. A aplicação de cada técnica construtiva irá depender das variáveis do sistema durante a fase de concepção do projeto. No presente trabalho, pretende-se estudar e caracterizar as principais estruturas de contenção por gravidade existente no município de Belo Horizonte-MG, Ouro Preto-MG e Mariana-MG. Para isso, foram realizados levantamentos bibliográficos com o intuito de adquirir embasamento teórico adequado sobre as estruturas de contenção existentes, abordando, também, estudos tecnológicos. Foram realizadas visitas de campo, com registros fotográficos, levantamentos e outras análises necessárias para se alcançar os objetivos propostos no presente trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização, contenção, gravidade.

1 INTRODUÇÃO

Estruturas de contenção são obras civis construídas com a funcionalidade de promover estabilidade de maciços de terra contra a ruptura (ANDRADE et al., 2013). Desde a antiguidade, construíam-se estruturas de arrimo para proteger obras implantadas em encostas (CARVALHO,

1991). Segundo Hachich (1998), os registros mais antigos de obras de contenção apontam para muros de alvenaria de argila contendo aterros na região sul Mesopotâmica construídos entre 3200 e 2800 a.C.

Os muros de arrimo podem ser de várias tipologias: gravidade (constituídos de concreto ciclópico, concreto armado, alvenaria, pneus ou

sacos de solo-cimento), de flexão com ou sem presença de tirantes ou contrafortes (GERSCOVICH, 2008).

Os muros de gravidade são estruturas de contenção que promovem a estabilidade de um maciço de terra graças à ação de seu próprio peso. Assim, a principal característica de um muro de gravidade é seu alto peso específico que, por um lado garante o atrito entre a sua base e o terreno de fundação, e por outro lado, induz um momento estabilizador de valor superior ao induzido pelos impulsos horizontais das terras (CHUVA, 2011).

Segundo Hachich et al. (1998), em geral, muros de gravidade são empregados para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a cerca de 5 metros.

Neste trabalho serão apresentados os principais tipos de contenção por gravidade, bem como, um estudo relativo acerca da existência e caracterização de muros de gravidade presentes no município de Belo Horizonte-MG e cidades de Ouro Preto-MG e Mariana-MG.

2 MUROS DE GRAVIDADE

2.1 Muros de alvenaria de pedra

Os muros de alvenaria de pedra, de acordo com Gerscovich (2008), são os mais antigos e numerosos. Segundo Correia (2011), tais muros são construídos a partir de materiais pétreos, em fragmentos de várias grandezas, ligados por meio de argamassa (alvenaria de pedra tradicional) ou apenas travados entre si pela forma como se dispõem por sobreposição (alvenaria de pedra seca), de forma a constituírem maciços.

No caso de muro de pedras arrumadas manualmente sem argamassa, a resistência da contenção resulta unicamente do embricamento dos blocos de pedras, apresentando como vantagem a simplicidade de construção e a capacidade autodrenante (GERSCOVICH, 2008).

Ainda com Gerscovich (2008), os muros de pedras sem argamassa devem ser recomendados para a contenção de taludes de até 2 metros. Para taludes de maior altura, emprega-se o uso

de argamassa de cimento e areia para preencher os vazios entre os blocos de pedras. Porém, é importante destacar que, por um lado, a presença de argamassa confere maior rigidez ao muro e, por outro, elimina a capacidade autodrenante da contenção, tornando-se necessário a instalação de dispositivos drenantes.

Quanto à base deste tipo de contenção Nascimento e Lima (2010), salientam que a mesma deve ter largura mínima de 0,5 m a 1,0 m, devendo ser apoiada em uma cota inferior à da superfície do terreno, de forma a diminuir o risco de ruptura por deslizamento na interface muro-fundação.

2.2 Muros de concreto ciclópico

Os muros de concreto ciclópico são estruturas de contenção construídas a partir do preenchimento de formas de madeira ou ferro com concreto e blocos de rochas com dimensões variadas (LUIZ, 2014).

Segundo Gerscovich (2008), estas estruturas são economicamente viáveis quando a altura da contenção não é superior a 4 m. Além disso, devido à impermeabilidade de tais estruturas, deve-se instalar um sistema adequado de drenagem.

Quanto à seção e tamanho da base de muros de concreto ciclópico, sabe-se que estes devem ter seção trapezoidal com largura da base da ordem de 50 % da altura do muro (GERSCOVICH, 2008).

2.3 Muros de gabião

Conforme trabalhos de Moliterno (1980), muros de gabião constituem elementos estruturais que funcionam por gravidade. Estas estruturas de contenção são construídas através da superposição de “gaiolões” (caixa prismática) de malha de aço galvanizado preenchidos com pedras cujos diâmetros mínimos devem ser superiores à abertura das malhas das gaiolas metálicas (HACHICH et al., 1998).

2.4 Crib Wall

Crib Wall ou “muros em fogueira” são estruturas utilizadas para estabilizar maciços presentes em estradas e ferrovias.

Este tipo de contenção é formado por elementos pré- moldados de concreto armado, madeira ou aço, que são montados no local a ser estabilizado, em forma de “fogueiras” justapostas e interligadas longitudinalmente, sendo os espaços internos centrais preenchidos com material granular graúdo (HACHICH et al., 1998).

Moliterno (1980) destaca que os espaços entre as gaiolas ou fogueiras de elementos articulados, que formam o Crib Wall, podem ser preenchidos, ainda, com terra devidamente compactada.

Graças a sua forma construtiva, contenções do tipo Crib Wall são naturalmente bem drenadas e pouco sensíveis a movimentações e recalques, motivo pelo qual este tipo de estrutura se adapta muito bem à estabilização de taludes em estradas de regiões serranas (CARVALHO, 1991).

Carvalho (1991) destaca que as estruturas de contenção tipo Crib Wall podem atingir a altura de 20 m, altura esta considerada elevada mesmo para muros de arrimo de concreto armado. Além disso, nota-se a necessidade da instalação de filtro de interface entre Crib Wall e o aterro, podendo ser, por exemplo, filtros de manta geotêxtil.

2.5 Muro de pneus

O destino final de pneus tornou-se uma preocupação mundial, de forma que, nos últimos anos, é notório o incentivo a redução, reutilização e reciclagem de pneus velhos. Diante disso, a utilização de pneus usados em obras de engenharia representa uma alternativa ao seu descarte, associando eficiência mecânica e baixo custo, de maneira a incrementar a demanda por um rejeito que apresenta riscos ao meio ambiente (SIEIRA et al., 2001).

O processo construtivo de muros de pneus se dá a partir do lançamento de camadas horizontais de pneus, amarrados entre si com corda ou arame, cujo espaço interno é preenchidos com solo compactado (ANDRADE et al., 2013). Sieira et al. (2001) verificou que a

amarração com arame tipo gabião confere ao material solo-pneus uma rigidez um pouco superior à obtida com corda de polipropileno. Gerscovich (2008) salienta que o posicionamento das sucessivas camadas de pneus deve se dar de forma descasada, a fim de minimizar espaços vazios.

Sendo um muro de gravidade os muros de pneus tem altura limitada a, aproximadamente, 5 m. Além disso, para construção desse tipo de contenção necessita-se de um espaço para construção de uma base com largura da ordem de 40 a 60 % da altura do muro (GERSCOVICH, 2008).

Gerscovich (2008) ainda destaca que por ser uma estrutura flexível, o muro de pneus está sujeito a deformações horizontais e verticais que podem ser superiores às comuns em muros de peso. Sendo assim, não se recomenda o uso de muros de solo-pneus para contenções de terrenos que sirvam de base para estruturas pouco deformáveis.

Dentre os diversos estudos acerca da estabilização de taludes com pneus, Baroni et al. (2012) variaram a tipologia dos pneus utilizados para construir a contenção (pneumático de veículo de passeio ou comercial), o tipo de material de preenchimento (solo ou pedra de mão) e o nível d'água no terreno. Os autores verificaram que o conjunto enchimento-pneu veículos de passeio apresentou a estrutura com maior peso específico. Além disso, observaram a necessidade de um sistema de drenagem eficaz, para aliviar a poropressão sobre a estrutura de arrimo.

Souza (2002) concluiu que, por metro linear e para uma mesma altura de talude, o muro de contenção utilizando pneus não é a solução mais econômica. Porém, a doação dos pneus e a mobilização de pessoas para enchimento destes com solo local, seria uma boa solução para diminuir custos.

2.6 Muro de saco solo-cimento

Segundo Carvalho (1991) o solo-cimento pode ser usado para proteção superficial do talude ou construção de muros de gravidade quando “ensacado”. Este tipo de contenção é composta

por camadas constituídas por sacos de poliéster ou similares preenchidos por cimento-solo na ordem de 1:10 a 1:15 em volume (SILVA, 2012).

Andrade et al. (2013) reforçam que, inicialmente, o solo deve ser submetido a um peneiramento (malha 9 mm), para que sejam retirados pedregulhos e, em seguida, o cimento é acrescentado e misturado, adicionando-se água. Após o processo de homogeneização dos materiais, o produto é acondicionado em sacos, podendo ser preenchido até dois terços do volume útil deste. Por fim, segue o fechamento dos sacos mediante costura. De acordo com Gerscovich (2008), a água a ser adicionada ao solo-cimento corresponde a uma quantidade relativa a 1% acima da correspondente umidade ótima de compactação do ensaio proctor normal.

No local da estabilização, os sacos preenchidos com solo-cimento são posicionados em camadas horizontais e, em seguida, cada camada do material é compactada a fim de se obter redução do volume de vazios (ANDRADE et al., 2013). Uma camada de argamassa de concreto magro pode ser aplicada as faces externas do muro com o intuito de conceder proteção contra a ação erosiva de ventos e águas superficiais (GERCOVICH, 2008).

3 METODOLOGIA

Foram realizadas visitas técnicas, com registros fotográficos e outros levantamentos nas cidades de Ouro Preto-MG, Mariana-MG e Belo Horizonte-MG. Buscaram-se contenções por gravidade como parte de interesse do presente trabalho, de forma a analisar características físicas e técnicas das contenções.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ouro Preto-MG

A primeira tipologia de contenção por gravidade observada, durante visita em Ouro Preto-MG, foi o muro de concreto ciclópico, localizado na Rua Padre Rolim.

A contenção possui forma trapezoidal com,

aproximadamente, 1,60 m de altura e 1,15 m de base, o que corresponde a 72 % da altura do muro. Conforme salientado na revisão bibliográfica deste artigo, esta proporção base/altura não é considerada ideal, já que a largura da base deve ser da ordem de 50 % da altura da contenção.

Além disso, nota-se a ausência de estruturas de drenagem, o que não é recomendado, uma vez que muros de concreto ciclópico são estruturas que não permitem a drenagem natural de água e, com isso, a dissipação do excesso de poropressão. As Figuras 1 e 2 mostram a contenção observada.



Figura 1. Muro de concreto ciclópico- vista geral.



Figura 2. Vista da geometria do muro de concreto ciclópico.

Na Rua Padre Rolim, próximo ao número 991, encontrou-se o muro de alvenaria de pedras representado na Figura 3. Analisando esta figura, nota-se a ausência de estruturas de drenagem, já que esta estrutura é autodrenante.

Além disso, percebe-se a elevadíssima

sobrecarga existente à montante da contenção, o que evidencia a eficácia desta estrutura frente a solicitações.



Figura 3. Muro de alvenaria de pedras.

O muro de alvenaria de pedras mostrado na Figura 4 localiza-se na Rua Padre Rolim 244, pousada Horto dos Contos.



Figura 4. Muro de alvenaria de pedras- Pousada Horto dos Contos.

Esta estrutura de contenção possui cerca de 4 m de altura e, assim como a muro de alvenaria de pedras apresentado anteriormente, possui sobrecarga à montante.

É interessante destacar que o muro de contenção apresentado não possui argamassa de cimento e areia para fazer a ligação entre os blocos de pedras, o que não é recomendado para estruturas acima de 2 metros segundo Gerscovich (2008).

Novamente, a ausência de estruturas de drenagem mostra a capacidade autodrenante de muros de alvenaria de pedras.

O muro de alvenaria de pedras apresentado na Figura 5, localiza-se próximo à igreja Nossa Senhora das Mercês e Misericórdia, na Rua Padre Rolim.



Figura 5. Muro de alvenaria de pedras- Igreja Nossa Senhora das Mercês e Misericórdia.

Esta estrutura de contenção possui, aproximadamente, 3,5 m de altura e nota-se a ausência de dispositivos de drenagem ou material ligante entre os blocos de rocha. Dessa forma, a resistência da contenção a esforços solicitantes resulta do atrito entre os constituintes da contenção.

Além disso, percebe-se que, diferentemente dos outros muros de alvenaria de pedra apresentados anteriormente, este arrimo é contruído com pedras mais angulares.

Destaca-se que esta contenção está sujeita a esforços variáveis resultantes da passagem de veículos pela Rua Padre Rolim, o que mostra a eficácia e segurança deste tipo de contenção frente a altos esforços solicitantes.

A próxima estrutura de contenção por gravidade, apresentada na Figura 6, localiza-se na Rua Sena 289, Igreja Nossa Senhora do Carmo, e possui cerca de 2 m de altura.



Figura 6. Muro de alvenaria de pedra- Igreja Nossa Senhora do Carmo.

Quanto ao aspecto construtivo, notam-se blocos de rochas de tamanhos, espessuras e formatos variados, que garantem o embricamento dos blocos, além da ausência de material ligante entre os mesmos, conforme mostrado na Figura 7 a seguir.



Figura 7. Muro de alvenaria de pedras- Igreja Nossa Senhora do Carmo (vista aproximada).

Pode-se perceber também a presença de vegetação que cresce entre os blocos de rocha, evidenciando a presença de água e a capacidade autodrenante da alvenaria de pedra seca.

De acordo com Pereira (2007), em Ouro Preto-MG, o uso e a disseminação de rochas nas construções públicas, religiosas e civis, como parte estrutural ou ornamental, caminhou em concomitância com a consolidação do núcleo urbano de Vila Rica, principalmente por meio do fortalecimento da presença administrativa da Coroa. Dessa forma, nota-se a predominância

de estruturas de contenção por gravidade do tipo muro de alvenaria de pedras.

4.2 Mariana-MG

Na Rua Cônego Armando 57, Seminário Maior José- Instituto de Teologia, observou-se um muro de alvenaria de pedras com argamassa de ligamento, conforme mostra a Figura 8.



Figura 8. Muro de alvenaria de pedra em Mariana.

A existência de argamassa de ligamento entre os blocos de rochas confere maior rigidez à estrutura de contenção, porém, esta perde sua capacidade autodrenante. Assim, é necessária a instalação de dispositivos de drenagem na estrutura.

Outro muro de alvenaria de pedras, encontrado na cidade de Mariana-MG, com presença de argamassa de ligamento é evidenciado na Figura 9 a seguir.



Figura 10. Muro de alvenaria de pedra ligante

Observando a Figura 10, evidencia-se a presença de estruturas de drenagem que permitem a dissipação do excesso de poropressão, sendo fundamental para garantir a estabilidade da estrutura. Além disso, percebe-se o carregamento a montante da contenção devido à construção da moradia.

Na estrada de ligação Mariana-MG/Ouro Preto-MG, foi encontrado o muro de concreto mostrado na Figura 11.



Figura 11. Muro de concreto na estrada Mariana-MG/Ouro Preto-MG

O muro de concreto é construído pelo preenchimento de formas de madeira ou metal com concreto, o que leva a formação de uma estrutura impermeável. Assim, é necessária a instalação de dispositivos de drenagem para dissipação do excesso de poropressão.

4.3 Belo Horizonte-MG

O muro de pneus a seguir, Figuras 12 e 13, localiza-se na Avenida Itaú 511, Garagem da viação Euclasio Ltda, Bairro Dom Cabral.



Figura 12. Muro de pneus- Bairro Dom Cabral- BH.



Figura 13. Muro de pneus (vista lateral)- Bairro Dom Cabral- BH.

Este muro de pneus possui altura variável ao longo de seu comprimento, sendo que a altura máxima observada foi de aproximadamente 4,5 m. Essa estrutura de contenção é construída através da sobreposição de camadas de pneus preenchidos com argamassa de cimento e areia, o que aumenta o peso específico da estrutura e, conseqüentemente, sua eficiência frente às solicitações. Porém, este processo construtivo gera uma estrutura impermeável que necessita da instalação de dispositivos para realizar a drenagem do excesso de água.

Na Avenida Raja Gabágliã 4754, encontrou-se o muro de alvenaria de pedras evidenciado na Figura 14.



Figura 14. Muro de alvenaria de pedras- Av. Rja Gabágliã.

Esta contenção possui, aproximadamente, 1,8 m de altura e dispensa argamassa de ligamento entre os blocos de rocha. Assim, percebe-se a ausência de estruturas de drenagem, já que é uma estrutura autodrenante.

Além disso, a existência de uma grande sobrecarga a montante do talude estabilizado pela contenção, mostra a eficácia da solução

para conter taludes que possuem grandes desníveis, frente à altura da contenção, com presença de sobrecarga.

5 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, pode-se explorar as tipologias de contenções por gravidade e assimilar técnicas construtivas dentro de um embasamento teórico.

Além disso, as visitas técnicas permitiram uma análise presencial das estruturas de contenção trabalhadas no artigo para fins de comparação com a teoria de pesquisada.

Observou-se que os muros de gravidade, embora sejam tecnicamente antigos, ainda são utilizados para contenção de vários taludes e tipologias de obras presentes nas cidades históricas de Minas Gerais e em Belo Horizonte-MG, mesmo que em menor número.

Por fim, destaca-se a eficiência das contenções por gravidade no que se refere a conter grandes ou pequenos taludes, com ou sem sobrecarga, na ausência ou presença de dispositivos de drenagem. Além disso, observa-se a facilidade construtiva, frente a outras tipologias de contenções, dos muros de gravidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Crysthian Purcino pela oportunidade de realizar o presente trabalho, bem como, incentivo didático e conhecimento transferido. Agradeço aos colaboradores que auxiliaram na construção deste artigo, bem como ao Departamento de Geotecnia e Transportes da UFMG por toda a estrutura oferecida. Por fim, agradeço aos realizadores e patrocinadores do COBRAMSEG 2016 pela oportunidade oferecida.

REFERÊNCIAS

- Andrade, Ana Cristina O. Teles; Dantas, Edivaneli Santos; Dias, Larissa Kethllin Litão; Araújo, Maraia Elisa Pionório; Silva, Michelle de Jesus. Geotecnia: Fundações e Obras de Terra. *Caderno de Grduação-Ciências Exatas e Tecnológicas*, Sergipe, ISSN/ISBN: 2316 - 3135, v. 1, n. 16, p. 27- 43, MAR. 2013.
- Baroni, Magnos; Specht, Luciano Pivoto; Pinheiro, Rinaldo José Barbosa. Construção de estruturas de contenção utilizando pneus inservíveis: análise numérica e caso de obra. Rem: *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto- MG, ISSN/ISBN: 0370 - 4467, vol. 65, núm. 4, p. 449-457, Out./Dez. 2012.
- Chuva, Francisco Antônio Cardoso Duarte Rodrigues. *Análise de um Muro de Suporte de Terras*. 2011. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- Carvalho, Perdo Alexandre Sawaya de (coordenador). *Taludes de Rodovias*: orientações para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 388 p
- Correia, Joana Elisa Fonseca. *Análise Experimental de um Murete de Alvenaria de Pedra Tradicional de Grandes Dimensões*. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciência e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa, Caparica, 2011.
- Gerscovich, D. M. S. Estruturas de Contenção - Muros de Arrimo 2008 (Apostila).
- Hachich, Waldemar et al. (Ed.). *Fundações*: Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p
- Luiz, Bruna Julianelli. *Projeto Geotécnico de uma Estrutura de Contenção em Concreto*. 2014. 124 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- Moliterno, Antonio. *Caderno de Muros de Arrimo*. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1980. 193 p.
- Nascimento, Flávio Campos do; LIMA, José Júlio Ferreira. Diretrizes técnicas para locação de limites edificados em praias. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, ISSN/ISBN: 1678 - 8621, v. 10, n. 04, p. 197-218, Out./Dez. 2010.
- Pereira, Carlos Alberto; LICCARDO, Antonio; SILVA, Fabiano Gomes da. *A Arte da Cantaria*. Belo Horizonte: C/ Arte, 2007. 120 p.
- Silva, Rúben Albetto Fernandes da. *Aplicação da Engenharia Natural na Estabilização de Taludes*. 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e da Engenharia, Universidade da Madeira, Funchal, 2012.
- Sieira, A.C.C.F; Sayão, A S F J; Medeiros, L e; Gerscovich, D M S . Comportamento de um Muro de Pneus para Estabilização de Encostas. Geotecnia – *Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia*, Portugal, ISSN/ISBN: 0379 - 9522, v. 91, n. 01, p. 39-55, Mar. 2001.
- Souza, Antonio Nerton de. *Muro de Contenção Utilizando Pneus*: análise e alguns comparativos de custo. 2002. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.