

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/148

# Análise da Viabilidade de Implementação de Alternativas Sustentáveis em Muros de Arrimo de Gravidade: Estudo de Caso em Jaraguá do Sul/SC

Aline Ariadne Duarte

Engenheira Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, Brasil, aline99duarte@gmail.com

Jonatas Sosnoski

Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, jonatas.sosnoski@gmail.com

**RESUMO:** O constante aumento no consumo de recursos e na frequência de desastres naturais impulsionaram a busca por soluções mais sustentáveis na engenharia geotécnica, destacando-se a utilização de solo-pneu e resíduo da construção civil (RCC) em estruturas de contenção. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade da aplicação destes materiais em muros de gravidade, empregando como estudo de caso um talude localizado em Jaraguá do Sul/SC. Para tal, realizou-se o dimensionamento de estruturas compostas por materiais convencionais, utilizando concreto convencional e gabião preenchido com gnaisse, e materiais alternativos, aplicando solo-pneu e gabião preenchido com RCC. Posteriormente, foram desenvolvidos orçamentos considerando comprimentos de muro de 5, 10 e 15 metros e comparados os resultados atingidos. Identificou-se que os muros construídos com materiais alternativos possuem dimensões similares aos convencionais. Além disso, para todos os comprimentos verificados, o muro de gabião com RCC apresentou economia apenas em relação ao muro de gabião com gnaisse, enquanto os muros de solo-pneu exibiram os menores valores. A geometria esbelta do muro de solo-pneu exibiu valores inferiores à escalonada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilidade de Taludes, Muro de Arrimo, Sustentabilidade, Solo-pneu, Resíduo da Construção Civil.

**ABSTRACT:** The constant increase in resource consumption and the frequency of natural disasters has driven the search for more sustainable solutions in geotechnical engineering, highlighting the use of soil-tires and construction waste in retaining walls. In this context, the present work aimed to analyze the feasibility of applying these materials in gravity walls, using as a case study a slope located in Jaraguá do Sul/SC. To this end, structures composed of conventional materials were designed, using conventional concrete and gabion filled with gneiss, and alternative materials, applying soil-tire and gabion filled with construction waste. Subsequently, budgets were developed considering wall lengths of 5, 10 and 15 meters and the achieved results were compared. It was identified that walls built with alternative materials have similar dimensions to conventional ones. Furthermore, for all lengths verified, the gabion wall with construction waste showed savings only in relation to the gabion wall with gneiss, while the soil-tire walls showed the lowest values. The slender geometry of the soil-tire wall exhibited lower values than the stepped one.

**KEYWORDS:** Slope Stability, Retaining Wall, Sustainability, Soil-tire, Construction Waste.

## 1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais, segundo Tominaga (2009), são fenômenos naturais que afetam áreas habitadas pelo homem, causando-lhe danos. Apesar disso, ações antrópicas, como ocupação irregular, desmatamento, uso inadequado do solo e exploração descontrolada dos recursos naturais, contribuem para a potencialização dos efeitos, aumentando a vulnerabilidade do meio ambiente e sociedade (Cardona, 2003). Neste cenário, a sustentabilidade surge com o objetivo de restaurar o equilíbrio do ecossistema, envolvendo as dimensões social, ambiental e econômica, conforme descrito por Elkington (2004, tradução nossa). De maneira a

contribuir com esta perspectiva, a Geotecnia tem se voltado para pesquisas sobre a reutilização de materiais e o emprego de técnicas alternativas visando a redução do consumo de recursos (Reddy, 2014, tradução nossa). Exemplo disso são os muros de arrimo de solo-pneu e gabião preenchido com resíduos da construção civil (RCC), objetos de estudo deste trabalho.

Os muros de gabião com preenchimento em RCC, em termos construtivos, são semelhantes aos gabiões convencionais. Porém, apresentam o preenchimento preferencialmente em material cinza, resíduo derivado do concreto, e alturas de estrutura de até 5,5 metros, garantindo a viabilidade técnica (Camelo, 2019; Maccaferri, 2015).

Quanto aos muros de solo-pneu, tem-se execução a partir do posicionamento de camadas de pneus amarrados entre si e colocados de maneira descasada (Gerscovich; Danziger; Saramago, 2016). O interior dos pneus e o espaço existente entre eles é preenchido com solo compactado, enquanto a amarração pode ser efetuada com arame de gabião ou corda de polipropileno de 6mm (Medeiros *et al.*, 2000; Sieira, 2010). Sugere-se a realização de uma estrutura com inclinação entre 70° e 90° e uma altura máxima de 5 metros (Fundação Instituto de Geotecnia do Município do Rio de Janeiro, 2000; O'Shaughnessy, 1997).

Com base neste contexto, a presente pesquisa teve por objetivo analisar a viabilidade de aplicação de alternativas sustentáveis na construção de muros de arrimo de gravidade, comparando dimensões e custos das estruturas de gabião com RCC e solo-pneu com soluções convencionais.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de Estudo

Para definição de uma base comparativa, empregou-se como estudo de caso um talude localizado em Jaraguá do Sul, município da região nordeste de Santa Catarina. Caracterizado como talude de corte, tem sua área destinada a loteamento. A topografia do local foi disponibilizada por Empresa A e o peso específico, de 14,59 kN/m<sup>3</sup>, bem como parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo – correspondentes a 30,17° para ângulo de atrito e 10,36 kPa para coesão – foram determinados por Empresa B.

### 2.2 Procedimentos

Com o intuito de verificar a estabilidade do talude em questão, fundamentado na teoria do equilíbrio limite, empregou-se o *software Slide* (Rocscience, 2024). Após confirmação da instabilidade, justificando a necessidade de aplicação de estruturas de contenção, efetuou-se o dimensionamento dos muros para os materiais de concreto convencional, gabião preenchido com gnaiss, gabião preenchido com resíduo da construção civil e solo-pneu. De maneira a padronizar as estruturas e possibilitar posterior comparação, adotou-se terrapleno de 12°, altura fixa de 4 metros, parcela enterrada de muro de 0,5 metro e aplicou-se uma inclinação mínima na face frontal do muro. A verificação da estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga foi efetuada seguindo a NBR 11682 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009). Para estabilidade global, assumiu-se o valor do fator de segurança igual a 1,5.

O sistema de drenagem dos muros de contenção foi estruturado considerando a existência de drenagens do tipo superficial e subsuperficial. Referente à drenagem subsuperficial, adotou-se um colchão drenante de 0,40 metro de largura e drenos barbacã de 75 milímetros, posicionados a cada 2 m<sup>2</sup> de parede de muro. Para a drenagem superficial, empregou-se os projetos-tipo do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2018), considerando aplicação de valetas na porção posterior da crista e no pé do muro, além de descidas d'água em degraus. O sistema de drenagem completo foi contabilizado apenas para muros de concreto convencional e solo-pneu. Para muros de gabião, em razão da capacidade drenante da estrutura, conforme exposto por Barros *et al.* (2017), adotou-se apenas a valeta no pé do muro.

Por fim, com auxílio das tabelas de composição do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e do Sistema de Custos Referenciais de Obra (SICRO), realizou-se estimativa de custos das estruturas projetadas considerando comprimentos de muro de 5, 10 e 15 metros.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Fator de Segurança no Talude Sem Estrutura de Contenção

Verificando-se a estabilidade do maciço anteriormente à intervenção geotécnica, obteve-se fator de segurança (FS) de 1,416 (Figura 1), valor inferior à 1,5, considerando a situação mais desfavorável exposta na NBR 11682 (ABNT, 2009). A análise foi efetuada considerando apenas uma das seções que o compõe, classificada como seção tipo do talude e, em vista da ausência de informações a respeito do perfil estratigráfico do solo, adotou-se para todas as profundidades o solo com peso específico e parâmetros de resistência ao cisalhamento identificados pela Empresa B.

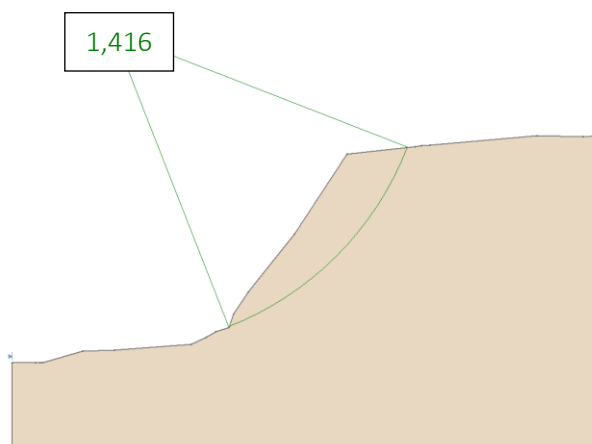


Figura 1. Fator de Segurança do talude.

#### 3.2 Dimensionamento dos Muros de Arrimo de Gravidade

Para realização do dimensionamento do muro de concreto convencional, considerando o exposto na NBR 6120 (ABNT, 2019), empregou-se peso específico de 24 kN/m<sup>3</sup> para a estrutura e considerou-se a utilização da geometria trapezoidal. As dimensões finais do muro, bem como a análise de estabilidade global do sistema solo-muro estão indicadas na Figura 2. Os fatores de segurança identificados para estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga apresentaram valores de 4,0, 1,5 e 3,0, respectivamente.

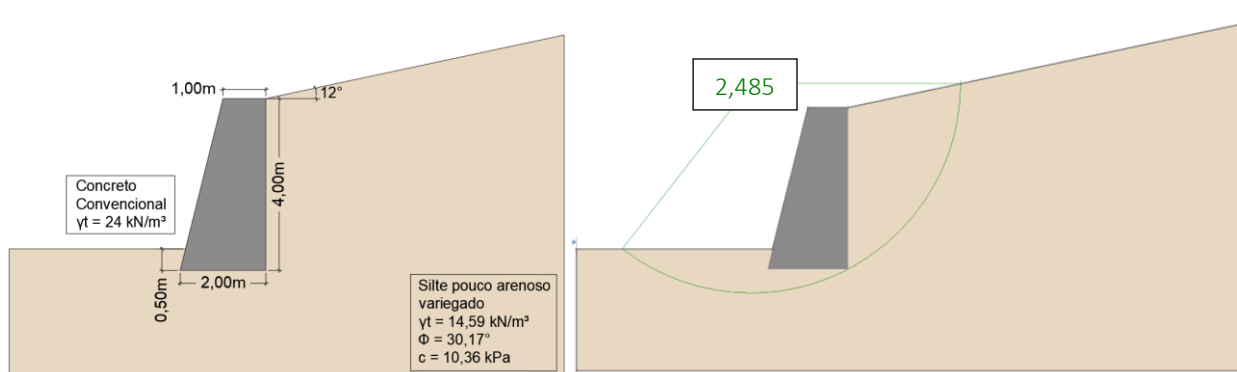


Figura 2. Geometria e estabilidade global do sistema solo-muro de concreto convencional.

O muro de gabião convencional foi dimensionado considerando a aplicação de rocha gnáissica, de peso específico ( $\gamma_p$ ) 25 kN/m<sup>3</sup> segundo Barros *et al.* (2017), em razão de se tratar de uma rocha facilmente encontrada na região. Ao se considerar uma porosidade (n) de 30% e aplicando a Equação 1 indicada por Barros *et al.* (2017), obteve-se um peso específico para o muro ( $\gamma_g$ ) de 17,5 kN/m<sup>3</sup>. Referente a geometria,

adotou-se uma estrutura escalonada, com degraus internos, inclinação de 6° em relação à vertical e uma altura fixa de 1 metros para cada gabião.

$$\gamma_g = \gamma_p \cdot (1 - n) \quad (1)$$

Na Figura 3, verifica-se a representação da estrutura final dimensionada, assim como a análise de estabilidade global efetuada. Com relação à verificação da estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga, atingiu-se valores para os fatores de segurança de 5,5, 1,8 e 3,3, respectivamente.

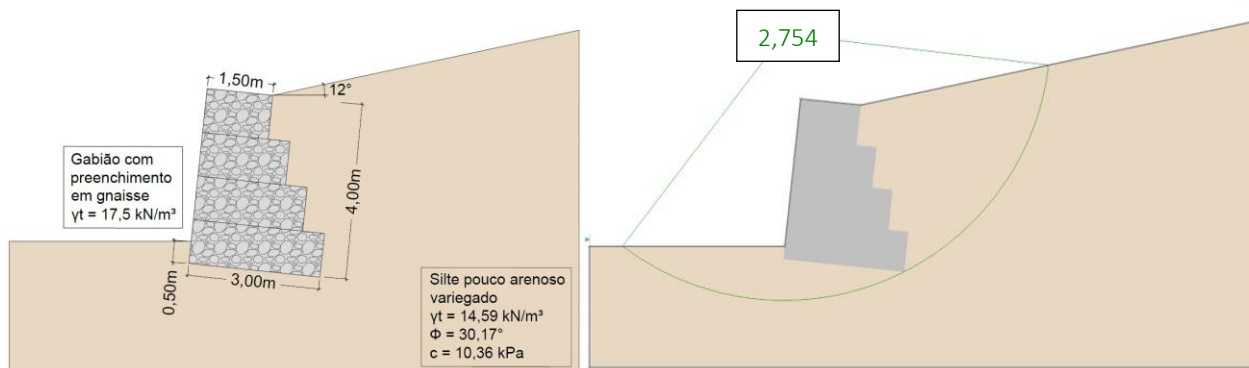


Figura 3. Geometria e estabilidade global do sistema solo-muro de gabião preenchido com gnaise.

Referente ao muro de gabião preenchido com resíduo da construção civil (RCC), seguindo o indicado por Maccaferri (2015), empregou-se como material de preenchimento o resíduo derivado do concreto, denominado de material cinza, o qual garante uma elevada resistência à compressão e um peso específico próximo ao da pedra rachão tradicionalmente utilizada. Aplicado na estrutura, o sistema atinge um peso específico de 15 kN/m³. A geometria adotada é similar a do muro de gabião com rocha do tipo gnaise, com formato escalonado, degraus internos, inclinação de 6° em relação à vertical e gaiolas com 1 metro de altura cada. As dimensões finais e a análise da estabilidade global estão indicadas na Figura 4. Realizadas as verificações quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga, obteve-se os fatores de segurança equivalentes a 5,0, 1,6 e 3,7, respectivamente.

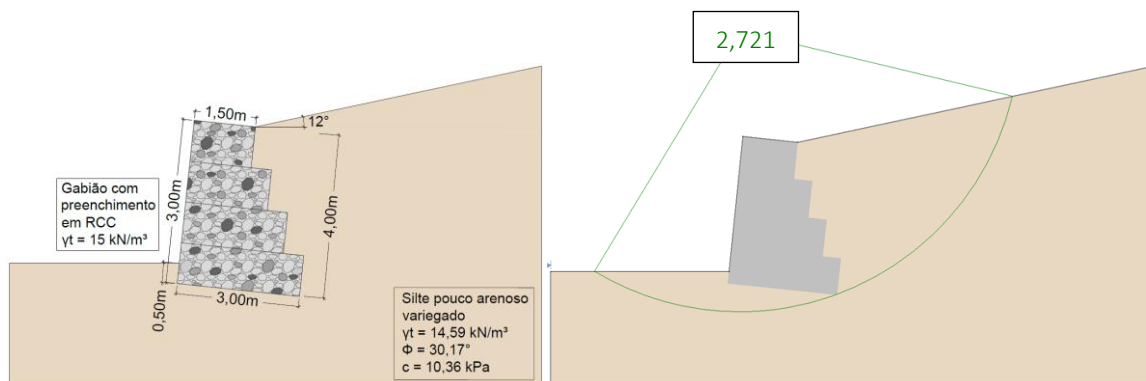


Figura 4. Geometria e estabilidade global do sistema solo-muro de gabião preenchido com resíduo da construção civil.

Com relação aos muros de solo-pneu, adotou-se o solo local para preenchimento dos pneus visando a redução nos custos. Os pneus estabelecidos foram de veículos de passeio, com cerca de 0,60m de diâmetro e 0,20m de largura de banda de rolamento, facilitando o preenchimento com solo e reduzindo o índice de vazios em comparação aos pneus de veículos comerciais (Baroni; Specht; Pinheiro, 2012).

Quanto à geometria do muro, analisou-se ambos os formatos escalonado e esbelto, certificando-se a aplicação de uma largura de seção transversal mínima de 3 pneus, conforme indicado por Sieira *et al.* (2001b). A largura do muro foi determinada pela Equação 2, conforme Pimenta (2019), e empregou-se uma angulação de aproximadamente 83° entre a face e a base do muro, estando em conformidade com a inclinação entre 70°

e 90° indicada por O'Shaughnessy (1997, tradução nossa).

$$L = D_e + \frac{\sqrt{3}}{2} D_e (n - 1) \quad (1)$$

Sendo:

$L$  = largura do muro [m];

$D_e$  = diâmetro externo do pneu [m];

$n$  = número de linhas de pneu na direção do comprimento do muro.

O peso específico do conjunto solo-pneu utilizado nos cálculos foi de 15,4 kN/m<sup>3</sup>, valor referente ao estudo efetuado por Sieira *et al.* (2001a). A determinação deste valor depende das características do solo e o tipo de pneu empregado, sendo necessários ensaios para definição. De maneira a simplificar, optou-se pelo valor mencionado, uma vez que, de maneira semelhante ao presente estudo, os autores empregaram pneus de veículos de passeio inteiros na construção da estrutura e os valores de coesão e ângulo de atrito dos solos utilizados como preenchimento se mostraram bastante próximos.

As dimensões e análises de estabilidade global obtidas para as estruturas de solo-pneu esbelto e escalonado estão indicadas nas Figuras 5 e 6, respectivamente. Referente à verificação da estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga dos muros, para o muro esbelto se obteve os valores de 4,8, 1,7 e 3,7, enquanto para o escalonado, os fatores de segurança foram equivalentes a 5,8, 1,8 e 4,6, nesta ordem.

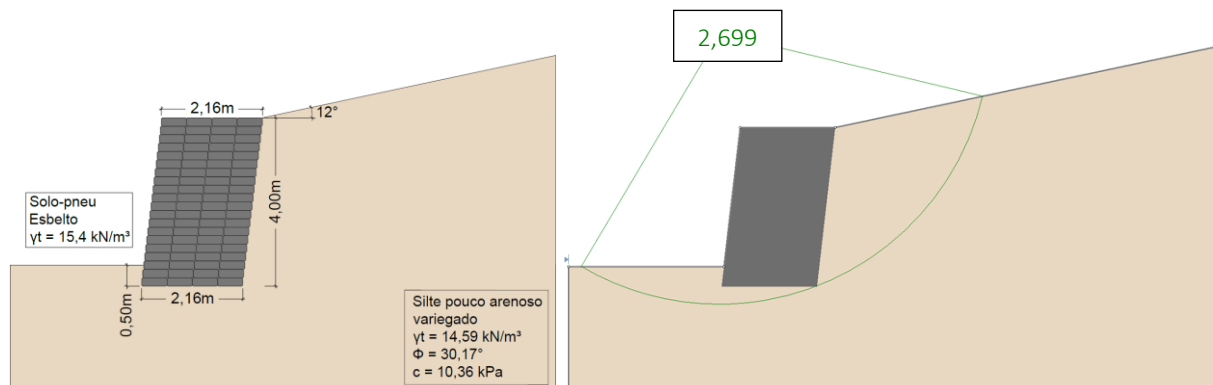


Figura 5. Geometria e estabilidade global do sistema solo-muro de solo-pneu esbelto.

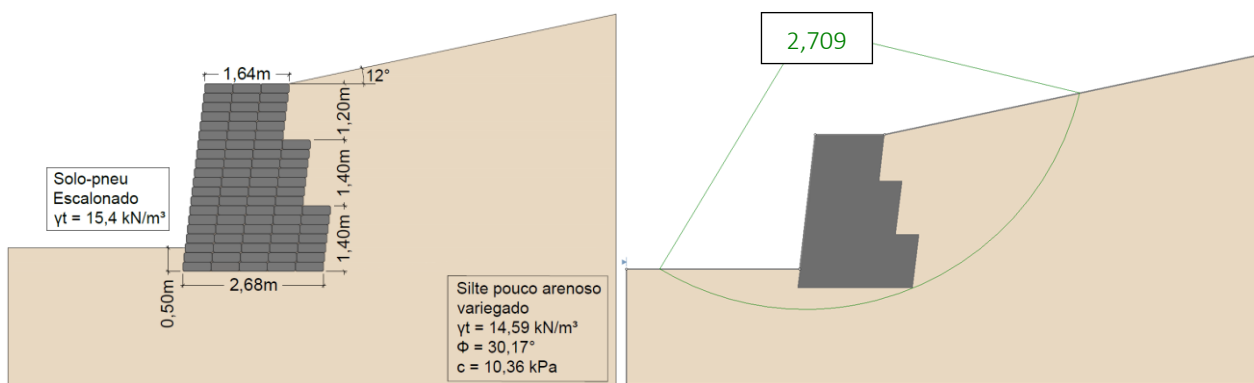


Figura 6. Geometria e estabilidade global do sistema solo-muro de solo-pneu escalonado.

### 3.3 Avaliação de Custo das Estruturas

Determinadas as dimensões das estruturas de contenção, verificou-se a metragem quadrada obtida para a seção de cada estrutura (Figura 7) e estimou-se os custos, com base no SINAPI de dezembro de 2023 e SICRO de outubro de 2023, para os comprimentos de muro de 5, 10 e 15 metros.

Nos cálculos foram levados em consideração os custos com mão de obra, equipamentos e insumos necessários. Os itens comuns a todas as estruturas foram suprimidos do orçamento.



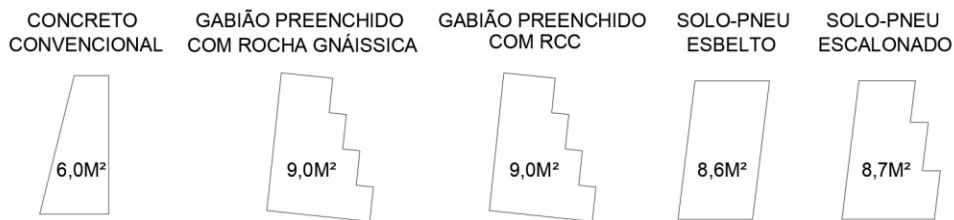


Figura 7. Metragem quadrada das seções dos muros.

Para a obtenção da composição orçamentária do muro de concreto convencional, considerou-se um concreto usinado bombeável, com britas 0 e 1, e resistência característica a compressão de 25 MPa. Além disso, em vista da inexistência de composições referentes a fôrmas para muro de contenção, empregou-se fôrmas para viga baldrame, de código 96536 no SINAPI. Quanto à impermeabilização da estrutura, foi utilizada a composição de código 98557 do SINAPI, correspondente a um impermeabilizante de superfície com emulsão asfáltica.

O muro de gabião preenchido com rocha gnáissica teve custo calculado com base na composição de código 92743 do SINAPI. Para dimensões de caixa diferentes do exposto no código, realizou-se um comparativo entre o volume da caixa de gabião e o custo unitário.

Referente ao muro de gabião com preenchimento em resíduo da construção civil, fez-se uso da mesma composição empregada para o muro de gabião preenchido com rocha do tipo gnaisse. A exceção foi a utilização do agregado reciclado cinza como material de preenchimento, de código 40438 do SINAPI.

Por fim, para os muros de solo-pneu, adotou-se comprimentos de 5,4, 10,2 e 15 metros - equivalentes a nove, dezessete e vinte e cinco pneus, respectivamente - devido ao diâmetro dos pneus de 0,6m. Não foi estabelecido custo para os pneus, pois se considerou a obtenção a partir de doação e recolhimento de pneus descartados. A amarração entre pneus foi efetuada com cordas de polipropileno de 6mm para redução de custos, uma vez que, conforme Medeiros *et al.* (2000), apesar de necessitar de comprimento superior se comparado à utilização de arames de gabião, o custo deste material ainda se apresenta inferior. Para quantificação da metragem necessária para uma única amarração, seguiu-se o exposto por Souza (2002), o qual afirma que é preciso 1 metro de arame para realização da amarração entre pneus, e Medeiros *et al.* (2000), que expõe a necessidade de um comprimento 100% maior para a corda em relação ao arame de gabião. Assim, calculou-se que, para amarração de volta única, demanda-se de 2 metros do material, enquanto para duas voltas é preciso de 4 metros. A dupla volta foi realizada na amarração de pneus externos e a volta única, em pneus internos (Fundação Instituto de Geotecnia do Município do Rio de Janeiro, 2000). Além disso, seguindo o indicado por Medeiros *et al.* (2000), a interligação entre pneus internos foi realizada a apenas quatro pneus adjacentes, bem como não se realizou ligação vertical entre pneus.

Devido à inexistência do insumo de corda de polipropileno ou de material semelhante nos sistemas de composição de custos utilizados, efetivou-se uma pesquisa de mercado avaliando 5 empresas distintas e realizando uma média para obtenção do custo final. O custo unitário obtido para o insumo foi de R\$ 1,63.

A compactação do solo aplicada foi manual, com soquete elétrico e considerou-se a execução de hidrossemeadura na estrutura finalizada objetivando a proteção contra a erosão, raios ultravioletas e a possibilidade de incêndio (Gerscovich *et al.*, 2004, tradução nossa; Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016). A mão de obra empregada para construção do muro, contabilizando o posicionamento dos pneus e amarração com cordas de polipropileno, foi calculado com base na composição do muro de gabião.

Os resultados obtidos referentes aos custos dos distintos muros de arrimo e comprimentos de estruturas estão indicados na Figura 8 em gráfico comparativo.

Nota-se que, para ambos os comprimentos de 5, 10 e 15 metros, os maiores custos obtidos são referentes aos muros de gabião com preenchimento em rocha gnáissica e gabião preenchido com RCC. Posteriormente, tem-se o muro de concreto convencional, seguido dos muros de solo-pneu escalonado e solo-pneu esbelto. À medida que o comprimento da estrutura aumenta, observa-se uma maior disparidade nos custos.

Ao analisar cada muro de material alternativo e confrontar com os muros de materiais convencionais, para o muro de gabião preenchido com RCC, obteve-se uma redução apenas em relação ao muro de gabião preenchido com gnaisse, equivalente a 6,5% para todos os comprimentos analisados. Em contrapartida, os muros de solo-pneu apresentaram reduções variando de 14,5% a 49,9% para geometria esbelta e de 13,3% a 46,4% para escalonada, sendo verificadas as reduções mais significativas para estruturas de maiores comprimentos.

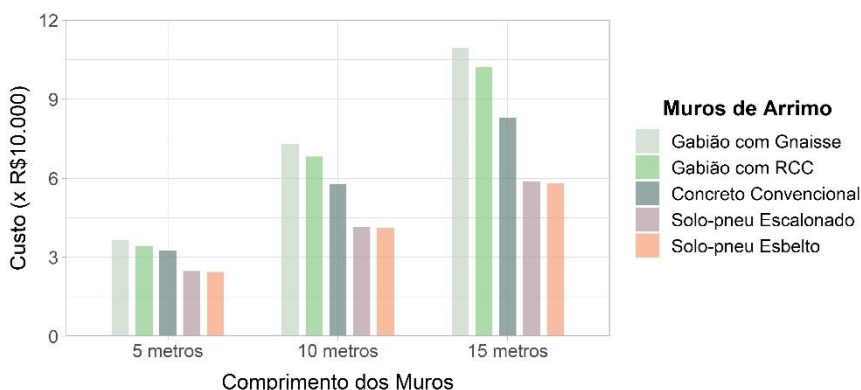


Figura 8. Comparativo entre custos dos distintos muros e comprimentos de estrutura.

#### 4 CONCLUSÃO

A partir dos cálculos e resultados obtidos, constatou-se que muros de arrimo de gravidade com materiais convencionais e alternativos apresentam dimensões semelhantes entre si, não exigindo maior área para aplicação de estruturas mais sustentáveis.

Além disso, ao efetuar a análise dos custos, identificou-se que o muro de solo-pneu foi a estrutura que garantiu o menor valor entre todas as alternativas analisadas, com reduções variando de 13,3% a 49,9% em relação às estruturas convencionais. Referente à geometria, o formato esbelto exibiu custos inferiores ao de formato escalonado. Ainda, concluiu-se que, para estruturas de maiores comprimentos, os muros de solo-pneu garantem uma redução mais significativa no orçamento final se comparado às outras estruturas.

Com relação ao muro de gabião com preenchimento em resíduo da construção civil, obteve-se que esse apresentou menor valor apenas em comparação ao muro de gabião preenchido com rocha gnáissica, com uma redução nos custos equivalente a 6,5% para todos os comprimentos de muro analisados. Embora não garanta o menor orçamento, o muro de gabião com RCC se trata de uma alternativa que combina a flexibilidade e permeabilidade do gabião convencional, com uma redução no custo e maior sustentabilidade no sistema e, portanto, deve ter a utilização considerada a depender da situação em estudo.

Assim, analisando-se tanto no aspecto técnico, quanto econômico, os muros de gravidade com aplicação de materiais sustentáveis se caracterizam como soluções viáveis. Pois, além de contribuírem para a redução de custos, a depender da estrutura em comparação, esses auxiliam na minimização dos impactos ambientais ao retirar resíduos do meio ambiente e reduzem a necessidade de extração de matérias-primas. Porém, salienta-se que, no momento de escolha da estrutura mais adequada, é preciso se atentar à disponibilidade de materiais e à distância de transporte dos resíduos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). NBR 11682. *Estabilidade de encostas*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). NBR 6120. *Ações para o cálculo de estruturas de edificações*. Rio de Janeiro.
- Baroni, M., Specht, L. P., Pinheiro, R. J. B. (2012). Construção de estruturas de contenção utilizando pneus inservíveis: análise numérica e caso de obra. *Rem: Revista Escola de Minas*, 65(4), p. 449–457. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0370-44672012000400004>>. Acesso em: 21 out. 2023.
- Barros, P. L. de A., Fracassi, G., Duran, J. da S., Teixeira, A. M. (2017). *Manual técnico: obras de contenção*, Maccaferri, São Paulo.
- Camelo, D. G. (2019). *Estudo da utilização de resíduos de construção civil para preenchimento de gabiões caixa*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, Universidade Nove de Julho. Disponível em: <<https://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/2111>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

- Cardona, O. D. (2003). The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: Bankoff, G.; Frerks, G.; Hilhorst, D. *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, Eartscan Publishers, Londres.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (2018). *Álbum de projetos – tipos de dispositivos de drenagem*, 5. ed., IPR, Rio de Janeiro. Disponível em: <[https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/publicacao-ipr-736/ipr\\_736\\_atualizado-com-a-republicacao-da-emenda-2\\_04-03-2024.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/publicacao-ipr-736/ipr_736_atualizado-com-a-republicacao-da-emenda-2_04-03-2024.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2023.
- Elkington, J. (2004). Enter the triple bottom line. In: Henriques, A.; Richardson, J. (org.). *Enter the triple bottom line*, Earthscan, London, p. 1-16.
- Fundação Instituto de Geotecnia do Município do Rio de Janeiro (2000). *Manual técnico de encostas*, Rio de Janeiro.
- Gerscovich, D. M. S., Danziger, B. R., Saramago, R. (2016). *Contenções: teoria e aplicações em obras*, 2. ed., Oficina de Textos, São Paulo.
- Gerscovich, D. M. S., Sieira, A. C. C. F., Medeiros, L. V. de, Sayão, A. S. F. (2004). Scrap tire: a civil engineering material. *International Journal of Engineering*, p. 1-24. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/deptos/professor/123/JOURNAL2009.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- Maccaferri (2015). *Manual técnico MacSoil: dimensionamento e considerações gerais*, Maccaferri, São Paulo.
- Medeiros, L. V. de, Sayão, A. S. F. J., Gerscovich, D. M. S., Sieira, A. C. C. F. (2000). Reuso de pneus em geotecnia. In: Seminário Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, São Paulo. *Anais... Fiesp/Ciesp*, p. 1-19. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/artigos/pneu/fiesp2000.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- O'Shaughnessy, V. (1997). *Reinforcement of earth structures using scrap tires*. Tese de Doutorado, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Ottawa. Disponível em: <<https://ruor.uottawa.ca/items/64dca527-f71f-4038-a9c7-5f73723111be>>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- Pimenta, A. A. G. (2019). *Obtenção de parâmetros para estudo de dimensionamento de um muro de contenção com pneus e coproduto siderúrgico de aciaria*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7754399](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7754399)>. Acesso em: 15 nov. 2023.
- Reddy, K. R. (2014). Evolution of geoenvironmental engineering. *Environmental Geotechnics*, 1 (3). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1680/envgeo.13.00088>. Acesso em: 2 nov. 2023.
- Rocscience (2024). *Slide2*, Toronto.
- Sieira, A. C. C. F. (2010). Geossintéticos e pneus: alternativas de estabilização de taludes. *Engevista*, 11 (1). Disponível em: <<https://doi.org/10.22409/engevista.v11i1.227>>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- Sieira, A. C. C. F., Gerscovich, D. M. S., Medeiros, L. V. de, Sayão, A. S. F. J. (2001a). Simulação numérica de um muro experimental solo-pneus. In: IV Encontro Sobre Modelagem Computacional, Friburgo. *Anais... IPRJ/UERJ*, p. 251-260. Disponível em: <<http://www.labbas.eng.uerj.br/~denise/artigos/pneu/boletim%202006.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- Sieira, A. C. C. F., Sayão, A. S. F. J., Medeiros, L. V. de, Gerscovich, D. M. S. (2001b). Comportamento de um muro de pneus para estabilização de encostas. *Geotecnia*, 91, p. 39–55. Disponível em: <[https://doi.org/10.14195/2184-8394\\_91\\_3](https://doi.org/10.14195/2184-8394_91_3)>. Acesso em: 23 out. 2020.
- Souza, A. N. de (2002). Muro de contenção utilizando pneus: análise e alguns comparativos de custos. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3226?show=full>>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- Tominaga, L. K. (2009). Desastres naturais: por que ocorrem?. In: Tominaga, L. K.; Santoro, J.; Amaral, R. (org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, p. 11-23.