

PESQUISA SOBRE O APROVEITAMENTO DE PNEUS USADOS EM OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS

Luciano V. Medeiros, Professor Associado, Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio

Alberto S.F.J. Sayão, Professor Associado, Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio

Vinod K. Garga, Professor, University of Ottawa, Canada

Denise M. S. Gerscovich, Professora Adjunta, Departamento de Estruturas e Fundações, UERJ

Ana C.C.F. Sieira, Doutoranda, Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio

RESUMO

Este trabalho descreve uma pesquisa sobre a técnica de estabilização de encostas com o uso de pneus. Um muro experimental de solo-pneus com 60m de comprimento e 4m de altura foi construído em Jacarepaguá, Rio de Janeiro. O muro foi construído com camadas horizontais de pneus preenchidos com solo compactado e amarrados com corda ou arame. Uma sobrecarga de 2m de solo compactado foi colocada sobre o retroaterro. O muro compõe-se de 4 seções instrumentadas com características diferentes quanto à amarração, geometria e configuração dos pneus (cortados ou inteiros). Dentre as principais conclusões, a utilização de solo-pneus apresenta-se como uma alternativa que combina a eficiência mecânica do pneu e o baixo custo de execução quando comparada às técnicas convencionais de estabilização de encostas. Pode-se ressaltar que o uso de pneus cortados facilita o processo construtivo e reduz a deformabilidade do muro. A amarração dos pneus com corda, apesar de menos eficiente que a amarração com arame, apresenta-se como a melhor alternativa quando se considera a relação custo vs benefício.

INTRODUÇÃO

A partir de meados da década de 70, em função da crescente geração de pneus usados, a preocupação com este rejeito levou alguns países a estabelecerem rígidos critérios de descarte. O armazenamento de pneus é indesejável, já que propicia a proliferação de insetos e vermes, além de constituir um grande risco quanto ao potencial de incêndios, causando graves danos ao meio ambiente. Países como Canadá, Estados Unidos, Japão e alguns da Europa, vem impondo medidas restritivas relativas ao programa do destino final do pneu usado. Mais recentemente, o Brasil, através do Poder Legislativo, está propondo medidas neste sentido.

A reciclagem de produtos como pneus é difícil e onerosa, já que estes são compostos por materiais não biodegradáveis e altamente tóxicos quando incinerados. (Mousinho, 1997)

A reutilização de pneus usados em obras de engenharia pode envolver: construção de muros de gravidade, reforço de aterros, redução de empuxo, proteção de taludes e redistribuição de tensões sobre dutos enterrados. Dentre outras utilidades pode-se também citar: criação de recifes artificiais, defensas marítimas, barreiras de impacto e encontro de pontes. (Long, 1990; Schlosser, 1994).

A primeira aplicação prática usando pneus usados foi em meados de 1970 na rodovia Calif 236 North, onde foi reconstruído um aterro utilizando solo reforçado com pneus espaçados verticalmente de 0.60m. Nesta obra, os pneus foram interligados com alças de metal (Hausmann, 1990).

Na França a primeira pesquisa documentada em solo reforçado usando pneus foi em 1976. Pode-se citar, como exemplo de reutilização de pneus usados na construção de muros de gravidade, o muro de Bussang construído em 1987 que continha 6 trechos distintos, com alturas variando de 2 a 7m e um comprimento total da ordem de 650m (Long, 1990). No caso de aterros reforçados com pneus usados tem-se conhecimento de obras com 1 a 4m de altura e

extensões de até 1200m. (Long, 1990). Até 1994 mais de 250 obras de Engenharia foram construídas utilizando a técnica de pneus e solo (Schlosser e outros, 1994).

No Brasil, a pesquisa relacionada à reutilização de pneus usados em obras de engenharia envolvendo construção de muro de arrimo é pioneira e está inserida dentro de um amplo projeto em andamento na PUC-Rio. Nesse projeto, iniciado em maio de 1995, construiu-se um muro de contenção, instrumentado e composto de 4 seções transversais independentes. Cada seção transversal mede 15m de comprimento, totalizando cerca de 70m incluindo as rampas de acesso. O muro alcançou 4m de altura e ao final foram adicionados 2m de solo de sobrecarga. A PUC-Rio e a Universidade de Ottawa conduzem esta pesquisa que conta com o apoio do International Development Research Centre, Canadá, e da Fundação GEO-Rio.

A execução desse projeto não só viabilizou a prática de trabalho interdisciplinar, como também, possibilitou o intercâmbio com outras instituições públicas e privadas, tais como: UERJ, Defesa Civil, Fundação GeoRio, Secretaria Municipal de Saúde e Desenvolvimento Social do Rio de Janeiro, IPLAN-Rio, COMLURB, Ação Comunitária do Brasil e Centro de Defesa dos Direitos Humanos Bento Rubião.

DESCRIÇÃO DA PESQUISA

O projeto, iniciado em 1995, foi centrado na construção de um muro de arrimo experimental solo-pneus, instrumentado, em uma área de aproximadamente 4.000 m² (Andrade e outros, 1997; Garga, V.K. and O'Shaughnessy, V., 1995; Medeiros e outros, 1997a, 1997b, 1997c; Sieira, 1998; Medeiros e outros, 1999). Durante a construção, os pneus foram dispostos em camadas horizontais e preenchidos internamente com solo local compactado. A amarração foi feita com arame, protegido contra a corrosão por uma cobertura plástica de PVC (Maccaferri), ou corda de polipropileno de 6mm de diâmetro.

O muro foi executado com 4m de altura e 60m de extensão, sendo dividido em 4 seções transversais distintas de 15m cada. As 4 seções apresentam-se com configurações diferentes quanto ao tipo de amarração (corda ou arame), geometria e configuração dos pneus (cortados ou inteiros). Na face posterior do muro de pneus, foi executado um retroaterro constituído do mesmo material utilizado no preenchimento dos pneus. Ao final da construção, foram adicionados 2m de sobrecarga de solo. A figura 1 apresenta a seção transversal típica do muro.

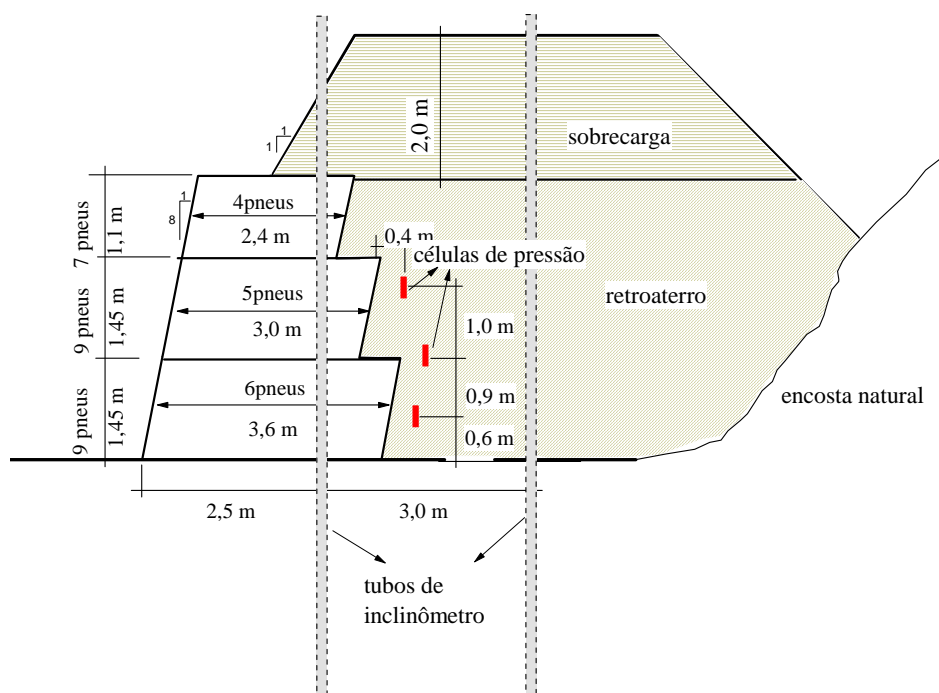


Figura 1 – Seção Transversal Típica do Muro Experimental.

O muro experimental foi totalmente instrumentado. Os movimentos horizontais da massa de solo foram monitorados por 8 inclinômetros, sendo 4 instalados no interior do retroaterro e 4 no interior do muro de solo-pneus. Os recalques verticais foram monitorados por 16 extensômetros magnéticos, instalados em 4 verticais no interior do retroaterro. Os valores de pressão total desenvolvida na interface entre o muro e o retroaterro foram observados por células de pressão instaladas nas diferentes seções transversais.

Neste projeto foram utilizados pneus com aproximadamente 0,60m de diâmetro e 0,20m de largura de banda de rolamento, dimensões correspondentes a pneus utilizados em veículos de passeio. No caso dos pneus cortados, a remoção de uma das bandas laterais era feita com uma máquina especialmente projetada para este fim, com uma produção de cerca de 500 pneus/dia. No total, foram consumidos aproximadamente 20.000 pneus usados. A figura 2 mostra a vista da obra ao final da construção do muro.

O material local utilizado como retroaterro classifica-se como um solo areno-siltoso proveniente do intemperismo de rocha gnáissica. Ensaio de compactação Proctor Normal apresentaram valores de $\omega_{ot} = 17\%$ e $\gamma_{d\text{ máx}} = 17,6 \text{ kN/m}^3$. Após a compactação no campo, o solo apresentou um peso específico de $17,0 \text{ kN/m}^3$ e um grau de saturação médio de 65% (Fontes, 1997).



Figura 2 – Final da Construção do Muro.

CONCLUSÕES

A utilização de pneus usados, na construção de muros de contenção apresenta-se como uma solução que combina eficiência, sob o aspecto mecânico do material em si, e baixo custo, ao se comparar com soluções convencionais. E, igualmente importante, propicia a demanda de um rejeito potencialmente prejudicial ao meio ambiente como é o pneu usado.

O uso de pneus cortados na construção do muro produziu um conjunto solo-pneus mais rígido, mais homogêneo e menos deformável, do que o observado com pneus inteiros. Adicionalmente, no que diz respeito aos aspectos construtivos, a remoção de uma banda lateral acelera a construção, devido à maior facilidade de preenchimento dos pneus com o solo.

A amarração dos pneus com arame (Maccaferri) se mostrou mais fácil e rápida que a amarração com corda, tendo em vista que a corda requer a confecção artesanal de um nó tipo marinheiro. O arame pode ser torcido com alicate comum, o que agiliza o processo. No entanto,

o custo do arame é superior ao da corda, fazendo com que esta última se apresente como a melhor alternativa, quando se leva em conta a relação custo vs benefício.

Como frutos deste projeto, duas dissertações de mestrado já foram apresentadas, sendo que a tese intitulada *Análise do Comportamento de um Muro de Contenção de Encostas Utilizando Pneus*, conquistou, em 1999, o 1º Lugar do Prêmio AEERJ, oferecido pela Associação das Empresas de Engenharia do Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IDRC (International Development Research Centre, Canadá) e à Fundação GeoRio, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e aos engenheiros Luis Otávio Vieira e Márcia Helena Andrade, pela participação nos trabalhos de campo. Os autores agradecem ainda ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil) pela concessão de bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, M.H., Medeiros, L.V., Garga, V.K., Sayão, A.S.F.J. e Vieira, L.O.M., (1997) - *“Construção de Muros de Arrimo com Pneus Usados”*. 1º. Congresso Paraguayo de Ingeniería Geotécnica, Assunção, Paraguai, vol.1, p 147-157.
- Fontes, A.E.B. (1997) - *“Ensaio de Campo e Laboratório no Retroaterro do Muro Experimental de Pneus”*. Dissertação de Mestrado - PUC-Rio, 126pp.
- Garga, V.K. and O’Shaughnessy, V. (1995) - *“Use of Scrap Tires for Embankment Construction”*. 48th Canadian Geotechnical Conference, Vancouver, vol. 1, p. 425-432.
- Hausmann, M.R. (1990) - *“Slope remediation. Stability and Performance of Slope and Embankments-II*. Geotechnical Special Publication n° 31, ASCE, Edited by R.B. Seed and R.W. Boulanger, vol. 2, p 1274-1317.
- Long, N.T. (1990) - *“The Pneusol”*. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, France, publication GT44, 76p.
- Medeiros, L.V.; Sayão, A.S.F.J.; Garga, V.K. ; Andrade, M.H.N. (1997a) - *“Use of Scrap Tires in Retaining Walls”*. International Journal of Environmentally Conscious Design and Manufacturing, vol.6 , No. 4, p19-24.
- Medeiros, L.V.; Garga, V.K.; Andrade, M.H.N. and Sayão, A.S.F.J. (1997b) - *“Use of scrap tires in Geotechnical Engineering”*. 2nd International Conference on Non-Conventional Construction Materials, Bhubaneswar, India, June, 15p.
- Medeiros, L.V.; Sayão, A.S.F.J.; Garga, V.K., Andrade, M.H.N. (1997c) - *“Use of Scrap Tires in Slope Stabilization”*. 2nd Panamerican Symposium on Landslides, 2nd COBRAE, Rio de Janeiro, Brasil, p 637-643.
- Medeiros, L.V.; Garga, V.K.; Gerscovich, D.M.S.; Sayão, A.S.F.J.e Andrade, M.H.N. (1999) *“Analysis of the Instrumentation of an Experimental Scrap Tire Retaining Wall”*. XI Panamerican Conference, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Mousinho, P. (1997) - *“Pneus Usados como um Resíduo Sólido a ser Gerenciado: Quantidades, Fluxo e Destinação no Município do Rio de Janeiro”* - Relatório parcial do projeto do muro experimental, DEC-PUC-Rio.
- Schlosser, F.; Soyey, B. and Wojnarowicz, M., (1994) - *“Aspects Geotechniques de la Gestion des Dechets Industriels en France”*. France. pp 91-100.
- Sieira, A.C.C.F. (1998) - *“Análise do Comportamento de um Muro de Contenção de Encostas Utilizando Pneus”*. Dissertação de Mestrado Departamento de Engenharia Civil PUC-Rio pp 127.