



Primeiro-Tenente (EN) Flávio dos Ramos de Sousa Mendonça

Ajudante da 2ª Divisão de Obras da DOCM. Graduado em Engenharia Civil com ênfase em Mecânica dos Solos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestrando em Engenharia Civil – Estruturas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

1 - Considerações Iniciais

Na tentativa de estabilizar um talude⁽¹⁾ de maciço de solo, uma série de dispositivos e técnicas podem ser utilizados, e sua escolha é condicionada por fatores de ordem econômica, técnica e estética, dentre outros.

Uma das técnicas mais utilizadas atualmente são as cortinas atirantadas. Esse método baseia-se no princípio da fixação de um elemento estrutural no interior do maciço de solo resistente aos esforços de tração provenientes do deslocamento indesejado da massa de solo, com o objetivo de contê-la. (Figuras 1a e 1b)

O método de contenção do maciço de solo de cortinas ancoradas inspirou-se na técnica de ancoragens de rochas em escavações enterradas, sendo introduzido no Brasil, segundo Nunes e Barata (1968), a partir de 1957 no Rio de Janeiro, nas rodovias Rio-Teresópolis e Grajaú-Jacarepaguá, e diversos estudiosos do assunto trataram de aprimorá-lo.



Figura 1a - Cortina atirantada executada na Rodovia BR-116 no trecho entre as cidades de Miracatu e Barra do Turvo (SP) - Fonte: www.sobrenco.com.br



Figura 1b - Cortina atirantada utilizada em obra de contenção de encosta em trecho da rodovia BR-116-RJ
Fonte : www.sopengeenharia.com.br

2 - Generalidades

Uma cortina atirantada é uma estrutura constituída por uma placa de concreto armado, com espessura variável, em geral, entre 20 e 40 cm, dependendo das cargas nos tirantes, fixadas ao maciço de solo através da protensão (aplicação de tensão) dos tirantes.

O princípio básico de uma cortina atirantada é basicamente aumentar a resistência ao cisalhamento⁽²⁾ do solo através de um acréscimo da tensão normal efetiva no seu interior, este provocado pelo acréscimo de tensão normal que atua na superfície de ruptura. Esse acréscimo é decorrente da transferência das cargas nos tirantes para o bulbo ancorado além da superfície de ruptura do maciço terroso.

O paramento de concreto pode ser moldado “*in loco*”, pré-fabricado ou pré-moldado, sendo a escolha do processo de obtenção do mesmo em função do tipo e das características da obra em questão e deve ser dimensionada, de tal forma a suportar o puncionamento devido às cargas de protensão nos tirantes.

(1) - Talude – superfície inclinada que delimita um maciço terroso ou rochoso.

(2) - Cisalhamento – ruptura, deslizamento ou deslocamento de camadas do solo.



2.1 - Tirante

O tirante é constituído por três partes: cabeça, comprimento livre e comprimento ancorado como ilustrado na Figura 2:

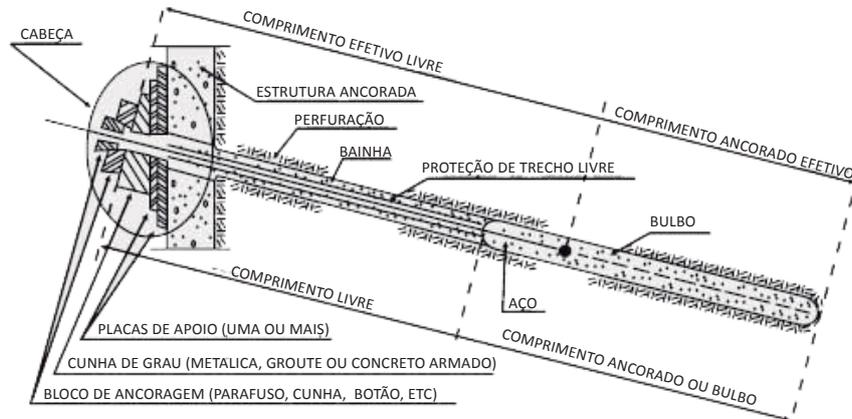


Figura 2 - Ancoragem típica permanente - Fonte: www.benapar.com.br

Cabeça

A cabeça do tirante é a única estrutura desse sistema situada fora do terreno contido, e tem como característica básica a fixação do tirante ao paramento de concreto armado e, em casos de tirantes definitivos, protege o aço tracionado e o bloco de ancoragem (composto de porca e, eventualmente, contraporca, clavetes denteados e botões) contra a corrosão através da execução de um bloco de concreto, geralmente, em forma trapezoidal ao redor desses dispositivos. Assim, é constituída basicamente de três elementos básicos: placa de apoio, cunha de grau e bloco de ancoragem.

A placa de apoio é uma estrutura destinada a distribuir as tensões de compressão do tirante sobre a face de concreto de uma forma aceitável estruturalmente sendo formada por uma ou mais chapas metálicas.

A cunha de grau permite o alinhamento correto entre o eixo do tirante e a placa de apoio, favorecendo a obtenção do ângulo de inclinação desejado com a face de concreto armado. É basicamente de formato prismático de lados não paralelos na base e no topo e, em casos de carga de trabalho no tirante não tão relevante, constituída por uma única peça com a placa de apoio.

O bloco de ancoragem é formado por porcas, arruelas e outros dispositivos para a correta prensagem do tirante. Em um sistema monobarra, ou seja, o tirante formado por uma única barra, a porca prende o aço previamente rosqueado e, eventualmente, uma contraporca é necessária.

Comprimento livre

O comprimento livre é a parte do tirante compreendida entre a cabeça e o comprimento ancorado no interior de um tubo de PVC rígido, com dimensões entre 75 e 100 mm de diâmetro e espessura mínima de 1 mm, que é totalmente preenchido de graxa. O comprimento livre está isento de injeção de calda de cimento e é protegido contra a corrosão com pintura anticorrosiva e apresenta a peculiaridade de permitir a livre deformação do aço.

Comprimento ancorado

É a estrutura encarregada de transmitir os esforços de tração ao terreno através do bulbo formado pela injeção da calda de cimento aderida ao aço e ao terreno.

É necessária a utilização de espaçadores para centralizar o tirante e permitir o correto envolvimento pela calda no trecho ancorado. Esses espaçadores são normalmente de plásticos e espaçados em intervalos de 2 a 3 m (ver Figuras 3 e 4).

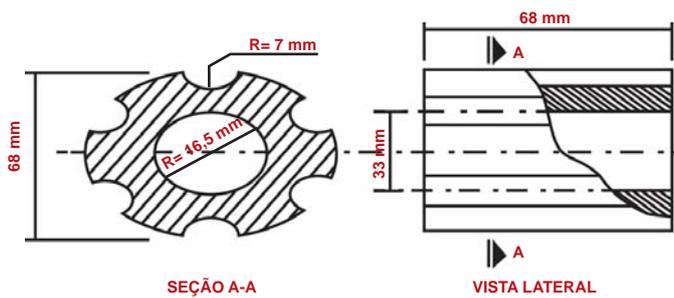


Figura 3 - Espaçador tipo anel para tirante de barra (Hachich et al, 1998).

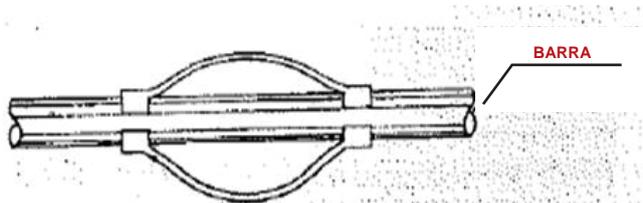


Figura 4 - Espaçador tipo nervura para tirante de barra (Hachich et al, 1998).

2.2 - Etapas construtivas

De acordo com o Manual Técnico de Encostas da GeoRio (GeoRio,2000), Nunes e Barata (1968), as cortinas atirantadas podem ser executadas em corte pelo método descendente, de acordo com as seguintes etapas:

- A escavação é executada alternadamente em nichos da primeira fileira;
- Um chapisco de cimento e areia é realizado na face exposta do maciço terroso; e
- É perfurado o maciço terroso para a implantação dos tirantes e injeção da calda do cimento no interior do bulbo de ancoragem (ver Figura 5);



Figura 5 - Perfuração do maciço terroso.
Fonte: www.naresi.blogspot.com

- Concretagem da primeira fileira dos nichos escavados e, posterior protensão nas ancoragens até atingir a carga de trabalho;
- Execução dos nichos restantes da primeira fileira;
- Escavação da segunda fileira após o término da concretagem dos nichos da primeira fileira (ver Figura 6); e



Figura 6 - Escavação em nichos alternados da segunda fileira. Fonte: www.naresi.blogspot.com

- Seguir as recomendações anteriores para as demais fileiras necessárias de acordo com a altura de contenção requerida (ver Figura 7).



Figura 7 - Escavação em nichos da terceira fileira.
Fonte: www.naresi.blogspot.com



Figura 8 - Concretagem dos nichos da terceira fileira.
Fonte: www.naresi.blogspot.com.

3 - Vantagens e desvantagens

3.1 - Vantagens das cortinas atirantadas

Segundo Nunes e Barata (1968), Hachich et al (1998) e More (2003), as vantagens de utilização das cortinas atirantadas são:

- Utilização de ancoragens com o objetivo de aumentar o fator de segurança contra a ruptura de taludes naturais que sofreram modificações em sua geometria para se adaptarem aos projetos urbanísticos, como o corte de encostas para aumento da área lateral em duplicações de leito rodoviário.

- Utilização de tirantes provisórios para a sustentabilidade de um maciço de terra em corte, por exemplo, em subsolos de edifícios comerciais e residenciais, onde a escavação é primeiramente escorada por paramentos diversos (perfis metálicos, pranchões de madeira ou outros) e suportados com a utilização de tirantes e, posteriormente os esforços são transmitidos às lajes e aos elementos estruturais de sustentação.

- Utilização corrente em obras de contenção de encostas, com método executivo amplamente difundido entre profissionais e que apresenta vários casos de sucesso;

- Pode ser utilizada para a contenção de maciços de altura consideráveis, ao passo que a realizada por outra técnica de contenção poderia ser mais onerosa e, às vezes, inviável.

- Baixo custo de manutenção;

- Os tirantes podem ser retirados em uma futura escavação sem maiores problemas, sendo realizada apenas a retirada dos mesmos;

- As cargas nos tirantes podem ser verificadas a qualquer momento por dispositivos adequados de instrumentação.

3.2. Desvantagens no uso das cortinas atirantadas

Segundo Nunes e Barata (1968), Hachich et al (1998) e More (2003), as desvantagens de utilização das cortinas atirantadas são:

- Os tirantes perdem a carga de trabalho com passar do tempo;

- Método executivo demorado e oneroso;

- Alto custo de implantação;

- Necessita de uma área livre grande para implantação da linha de tirantes e, podem ocorrer interferências em terrenos vizinhos e, caso existam, será necessária uma autorização do proprietário vizinho liberando a execução de uma ou mais partes da execução do tirante em seu terreno.



4 - Conclusão

A escolha da técnica de estabilização de taludes deve ser subsidiada, pela análise apurada dos diversos fatores envolvidos como: a disponibilidade de materiais e de mão de obra especializada, o fornecimento de energia elétrica pela concessionária local e a investigação geotécnica, a fim de se ter a solução mais apropriada do ponto de vista técnico e econômico.

Neste contexto, a técnica de cortinas atirantadas apresenta-se como um das mais viáveis, por ser largamente difundida entre os profissionais da área, por constar de equipamentos facilmente encontrados no mercado e de manuseio relativamente simples.

É recomendada nos casos em que a superfície potencial de ruptura é a mais profunda, sendo utilizada em cortes verticais, logo, uma opção bastante adequada nestes casos devido à sua eficiência.

5 - Referências Bibliográficas

FABRÍCIO, J.V.F., 2006, Análises Probabilísticas de Estabilidades de Taludes e Contenções. Dissertação de M.Sc., Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

HACHICH, WALDEMIR., FALCONI, F.F., SAES, J.L. et al, 1998, Fundações Teoria e prática. 2 ed. São Paulo, Pini.

HENRIQUES JUNIOR, P.R.D., 2007, Simulação Numérica de Ensaio de Arrancamento de Grampos. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MORE, J.Z.P., 2003, Análise Numérica do Comportamento de Cortinas Atirantadas em Solos. Dissertação de M.Sc., Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

NUNES, A.J.C., BARATA, F.E., 1968, Curso de Extensão Universitária de Estabilização de Taludes e Construção em Encostas. Rio de Janeiro, Associação dos antigos alunos da escola Politécnica.

ORTIGÃO, J.A.R., SAYAO, F.J., 1999, Manual Técnico de Encostas. 1 ed., volume 4. Rio de Janeiro, GeoRio.

SANT'ANA, G., 2006, Análise de Estabilidade de Obra de Contenção Realizada no Município de Nova Friburgo. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<http://sobrenco.com.br>. Acesso em 30/08/2011.

<http://solofort.com.br>. Acesso em 30/08/2011.

www.naresi.blogspot.com. Acesso em 05/10/2011.