

CAPÍTULO VI

SISTEMAS DE ENTIVAÇÃO

6.1 TALUDES

A utilização de taludes pode apresentar-se como alternativa á utilização de um sistema de entivação. O aspecto fundamental a ter em conta para optar pela utilização ou não de taludes é o aspecto económico onde se devem considerar vários factores:

- custo da escavação na vertical com utilização de entivação
- material adicional que é preciso escavar
- material adicional que é preciso repor e compactar
- custo do material de reposição
- duração da escavação, reposição e compactação adicionais.
- efeito de condições variáveis do terreno

Por vezes para facilitar a remoção do material escavado e conveniente optar por uma solução combinada entre taludes e banquetas. A largura das banquetas deve ser suficiente para permitir a circulação, a diferença de cotas entre banquetas sucessivas não deve exceder 2 metros.

A inclinação a utilizar nos taludes deve ser alvo de estudo por parte de técnicos especializados e depende fundamentalmente do tipo de terreno; várias normas e regulamentos apontam para valores na ordem de:

- terreno incoerente ou pouco coerente: 45 °
- terreno coerente rijo ou semi-rijo: 60 °
- rocha branda: 80 °
- rocha dura: 90 °

Quando estamos na presença de rochas devemos ter em conta e verificar a não existência de fissuras ou diaclases. A presença de água pode inviabilizar a existência de taludes sem entivação.

As normas da *Occupational Safety and Health Administration* classificam os solos em três tipos essenciais e segundo as seguintes características:

- coesão e resistência á compressão
- estado de fissuração
- presença de vibrações de tráfego, cravação de estacas ou efeitos análogos
- estar no seu estado natural ou já ter sido movido
- inclinação do seu talude natural
- teor de humidade

Estas normas indicam também diversos perfis de taludes para cada um dos tipos de solo (A, B ou C). Indicam também processos de entivação de trincheiras até 6 metros de profundidade apresentando tabelas que permitem escolher a configuração dos elementos da entivação sabendo o tipo de solo, a largura e profundidade da trincheira e o espaçamento horizontal das escoras.

6.2 SISTEMAS BÁSICOS DE ENTIVAÇÃO

6.2.1 Entivação em duas faces opostas:

Neste tipo de entivação a estrutura de suporte pretende repor o equilíbrio entre as duas faces expostas da escavação, os principais factores a ter em conta são:

- pode considerar-se o impulso horizontal e os esforços nos elementos de suporte são também horizontais
- o impulso é transferido para as escoras que por sua vez o transmitem às fundações
- os esforços nas barras são maiores do que a força horizontal resultante do impulso do terreno
- as escoras introduzem uma força vertical ascendente nos elementos da entivação em contacto com o terreno a suportar
- o sistema de entivação entra em colapso se o elemento de fundação não for estável
- se as ligações dos elementos de escoramento aos elementos verticais da entivação não resistirem aos esforços presentes a estabilidade do sistema está comprometida

6.2.2 Entivação numa face com escoramento:

Neste processo utilizam-se dois tipos de escoramento; escoras dispostas para o interior da área a escavar ou ancoragens instaladas para o interior do terreno adjacente á escavação, o impulso é transferido para trás dos elementos verticais da entivação em contacto com o terreno a suportar. Os principais factores a ter em conta são:

- os esforços nas ancoragens são maiores do que a força horizontal resultante do impulso do terreno;
- as ancoragens introduzem uma força vertical descendente nos elementos da entivação em contacto com o terreno a suportar
- o sistema de entivação entra em colapso se as ancoragens não forem devidamente estudadas e instaladas;
- se as ligações das ancoragens aos elementos verticais da entivação não resistirem aos esforços presentes, a estabilidade do sistema está comprometida

6.2.3 Entivação numa face com elementos autoportantes:

Os elementos verticais da entivação apresentam rigidez á flexão resistindo por isso por si só ao impulso do terreno. No entanto, a sua utilização deve ter em conta que por muito rígidos que sejam os elementos verticais da entivação, vão-se deformar sob o efeito das cargas, provocando assentamentos que podem por em risco construções próximas. Para ultrapassar esta limitação podem-se utilizar escoras ou ancoragens como referido anteriormente podendo no entanto as distâncias entre os pontos de escoramento ser maior.

Todos os sistemas de entivação têm de ser alvo de estudo por parte de técnicos especializados; estes devem fazer uma análise do terreno a entivar e fazer um projecto de entivação que garanta a segurança. Contudo, nos casos mais simples pode-se optar por diversos sistemas *standard* previamente estudados. Estes sistemas existem no mercado e têm de ter informação sobre os critérios de dimensionamento adoptado e o seu campo de aplicação. Ao técnico responsável pela entivação cabe a decisão do sistema de entivação a utilizar consoante a realidade da obra. Este sistema para além das limitações impostas pelo próprio sistema deve ainda obedecer às seguintes regras:

Estes sistemas devem obedecer a certos critérios para poderem ser utilizados como sistemas de entivação:

- Ter profundidade inferior a 6 metros
- Em trincheira com 2 faces opostas de entivação e sem presença de água
- Para caboucos de fundações implantadas a profundidades inferiores a 6 metros
- Abaixo do nível freático depois da eliminação do problema de água
- Quando estas condições se verificam, mesmo assim devem ser seguidos os seguintes procedimentos:
 - Atender às características do terreno e á inclinação máxima recomendável para o talude a utilizar durante a escavação;
 - Não assumir á partida que a escavação em rocha é necessariamente estável
 - Os trabalhadores envolvidos na escavação e respectiva entivação devem ser conhecedores dos métodos a utilizar para a sua realização
 - Se utilizar um sistema pré-fabricado, os procedimentos devem obedecer rigorosamente às instruções do fabricante do sistema
 - Deve ser cumprida toda a legislação de segurança e regras da boa construção.

6.3 ENTIVAÇÕES NUMA FACE

6.3.1 Entivação por muros de estacas em betão ancoradas no terreno

O princípio de funcionamento deste tipo de entivação baseia-se na transmissão dos impulsos da parede da escavação a estacas encastradas no terreno a uma profundidade superior á profundidade de escavação pretendida. As estacas podem dimensionar-se para serem incluídas na estrutura resistente da construção a edificar. Existem várias maneiras de fazer a disposição destas estacas:

6.3.1.1 Muros de estacas secantes:

Utilizam-se predominantemente em terrenos de má qualidade e em presença de água. Neste processo estacas contíguas são betonadas in situ obtendo um muro contínuo em betão. Depois do muro feito pode-se começar a escavação instalando-se ancoragens nos locais pré-determinados pelo dimensionamento

6.3.1.2 Muros de estacas tangentes

Utilizam-se em terrenos de má qualidade sem presença de água ou exigências de estanquidade, o processo de construção é o mesmo dos muros de estacas secantes.

6.3.1.3 Muros de estacas isoladas com preenchimento do espaço intermédio

Utilizam-se em terrenos razoáveis e sem presença de água, este sistema é também conhecido como entivação berlinesa e pode ser realizado com vários materiais. As estacas de betão são pré-fabricadas e cravadas no terreno ou dispostas em cavidades anteriormente abertas. Quando as estacas estão colocadas pode iniciar-se a escavação e á medida que esta se realiza vai-se colocando entivação horizontal continuamente entre as estacas. As estacas são ancoradas á medida que são escavados os locais pré-determinados pelo dimensionamento. Para permitir a ligação com os elementos horizontais da entivação as estacas pré-fabricadas dispõem de ranhuras verticais, em alternativa podem ter varões de aço em espera que se endireitam e ligam á armadura das peças de entivação horizontal, este processo é conhecido como entivação moscovita.

6.3.2 Entivação berlinesa tradicional

Este sistema é idêntico ao dos muros de estacas com preenchimento do espaço intermédio; neste caso as estacas são realizadas por perfis metálicos em H ou em U. Este sistema não é utilizável em presença de água, por isso os trabalhos abaixo do nível de água devem ser precedidos por uma prévia extração da água.

As vantagens deste sistema são:

- E estrutura principal de suporte é colocada antes da escavação
- Os elementos horizontais podem ser colocados conforme as características do sistema
- Os elementos verticais podem ser retirados e recolocados se isso for conveniente
- Tubagens ou outros obstáculos não acarretam dificuldades acrescidas visto os elementos horizontais poderem ser colocados convenientemente

Este sistema é utilizado em trincheiras ou em entivação simples. Durante os trabalhos podem surgir riscos de soterramento resultantes do colapso dos elementos horizontais que podem provocar deslizamentos; a rotura do sistema de escoramento pode originar problemas mais graves.

6.3.3 Entivação por paredes em betão:

Esta técnica é similar à das paredes de estacas tangentes descrita anteriormente. Os elementos verticais que aqui se utilizam são rectangulares ou de forma oblonga.

De acordo com o sistema de execução das estacas podem distinguir-se, paredes moldadas e paredes constituídas por elementos pré-fabricados. A parede pode ser dimensionada para pertencer á estrutura resistente da estrutura embora possa desempenhar outras funções; frequentemente estas paredes têm a função de:

- Entivação e suporte de terras
- Elemento de suporte de construção
- Estanquidade

6.3.4 Técnica das paredes moldadas

A partir da plataforma de trabalho executa-se uma cavidade no terreno onde se colocam armaduras pré-montadas e de seguida é betonada. A parede vai-se realizando por troços sucessivos e pode atingir uma profundidade de 60 metros. Durante a escavação dos sucessivos troços a cavidade é mantida cheia de lamas bentoníticas para prevenir o aluimento das paredes de escavação. Após a realização da parede moldada inicia-se a escavação e vão-se instalando ancoragens nos locais pré-definidos pelo dimensionamento.

6.3.5 Técnica das paredes constituídas por elementos pré-fabricados

Esta técnica consiste em colocar em cavidades previamente abertas no terreno elementos pré-fabricados de betão armado. Os processos de construção são idênticos aos descritos anteriormente.

Apesar de ter várias vantagens, as paredes em betão apresentam alguns riscos na sua execução. Para minimizar esses riscos podem adoptar-se diversos procedimentos, sendo um deles a execução de muros guia que permitem:

- Encaminhamento do equipamento de escavação
- A sustentação do terreno na parte superior da escavação
- A manutenção de uma reserva de lamas bentoníticas cujo nível superior da escavação deverá ser sempre mantido

A profundidade de execução é normalmente de 1 a 1,5 metros e a sua execução pode apresentar riscos se o solo superficial for de má qualidade. Apesar de normalmente não se ter isso muito em conta se os muros guia forem mal executados ou improvisados, isso constitui um risco de acidente para os trabalhadores.

6.3.6 Entivação por cortinas de estacas prancha

Este sistema consiste em cravar no solo pranchas de madeira que poderão ter as juntas machedas a fim de facilitar esta operação e garantir alguma estanquidade á zona de trabalho. As pranchas vão-se cravando á medida que a escavação vai avançando. Temos de ter em conta que a partir de certa altura os impulsos resultantes deixam de ser absorvidos pelo encastramento das pranchas na base da fundação, pelo que o sistema precisa de escoramento ou atirantamento para garantir condições seguras de trabalho.

A utilização de pranchas de madeira só se pode aplicar em terrenos bons, com pouca água e pequena profundidade de escavação. A existência de rochas pode colocar problemas na cravação das estacas podendo mesmo inibir a utilização das mesmas.

Pode-se também utilizar estacas em aço que trazem diversas vantagens; as estacas metálicas são mais resistentes e permitem atingir profundidades maiores. As estacas metálicas têm sistemas de ligação com os elementos contíguos o que garante uma grande estanquidade da estrutura. Em presença de rocha, estas estacas também podem ser postas de lado. A escolha do tipo de estacas a utilizar depende das características do terreno, do tipo de ancoragem que permite e da resistência que confere aos esforços instalados em serviço.

As estacas apresentam uma considerável resistência á flexão. No entanto, a sua deformação pode provocar assentamentos à superfície pondo em risco construções próximas. Para evitar isso, utiliza-se o escoramento ou a ancoragem; esta última é mais utilizada devido a não provocar atravancamentos e não prejudicando o espaço de trabalho disponível.

No entanto nem tudo são vantagens. O sistema das estacas prancha tem como desvantagens:

- Custo de cravação elevado
- A cravação é um processo em geral ruidoso
- O custo das estacas é elevado, embora estas possam ser reutilizadas
- Os equipamentos de cravação e extracção são caros.

6.4 ENTIVAÇÃO DE VALAS OU TRINCHEIRAS

6.4.1 Entivação após escavação

a) Entivação por meio de painéis pré-fabricados com escoramento posterior

Consiste em realizar uma gaiola de protecção em primeiro lugar, constituída por dois painéis ligados por um sistema de escoramento provisório. De seguida é colocado o escoramento definitivo; este processo requer a pré-fabricação dos painéis que devem estar preparados para receber o escoramento

Este sistema permite montar e desmontar os elementos de entivação sem por em risco os trabalhadores e é vantajoso economicamente para valas de pequena profundidade (2 a 2,5 metros). Requer bastante mão de obra e os painéis têm um numero limite de reutilizações. O trabalho é lento visto que as operações de montagem e desmontagem da entivação são demoradas. Permite a utilização em valas com formas diversas.

b) Entivação por meio de pranchas e quadros metálicos independentes

Neste processo os trabalhadores não ficam expostos ao risco de soterramento. Consiste em instalar na vala quadros metálicos na posição vertical e seguidamente colocar pranchas entre quadros sucessivos, fixadas lateralmente. Em primeiro lugar colocam-se os quadros metálicos na vala, põe-se de seguida o sistema de suporte lateral das pranchas fixando-o convenientemente aos montantes dos quadros já colocados. Por fim introduzem-se no terreno as pranchas a partir do exterior da vala.

Este sistema requer menos mão de obra do que o sistema anterior e permite um andamento mais rápido dos trabalhos. No entanto tem uma flexibilidade limitada causada pela geometria fixa dos quadros.

c) Entivação por meio de pranchas e quadros metálicos deslocáveis

Este sistema também evita que os trabalhadores fiquem expostos ao risco de soterramento. Em primeiro lugar faz-se um troço inicial de entivação com painéis de madeira constituídos por pranchas verticais e longarinas horizontais. Desce-se de seguida o escoramento provisório deste primeiro troço. O escoramento provisório é constituído pelos quadros metálicos em número igual ao das longarinas instaladas que se colocam sobre cada uma delas. Nesta fase os trabalhadores podem descer ao primeiro troço da vala sem riscos. Ajustam-se de seguida os fusos das escoras dos quadros metálicos contra as pranchas verticais e procede-se à instalação do escoramento definitivo contra as longarinas dos painéis. A parte dos quadros metálicos que se situa depois da zona entivada serve de guia á colocação de pranchas verticais para a entivação do troço seguinte, actua-se sobre as escoras dos quadros metálicos escorando provisoriamente o segundo troço. Faz-se o escoramento definitivo do 2.º troço mediante a instalação de longarinas de madeira no alinhamento das anteriores. Por fim aliviam-se os fusos dos quadros metálicos o que vai permitir com que deslizem o suficiente para deixar parte dos quadros metálicos para além da zona já entivada.

Economicamente este sistema requer bastante mão de obra e a durabilidade das pranchas limita o seu numero de utilizações. O progresso do trabalho é lento visto que as operações de montagem e desmontagem da entivação são demoradas

d) Entivação por meio de caixas rígidas em pranchas de madeira

Este sistema é pré-fabricado e é constituído por módulos de dois painéis ligados entre si por escoras metálicas extensíveis. O sistema pode ser colocado integralmente na sua posição desde o exterior ou por operação dos trabalhadores no interior da vala de uma forma segura. A execução da entivação divide-se em 3 fases; em primeiro lugar e do exterior da vala faz-se a união entre os dois painéis e a regulação aproximada das escoras constituindo-se assim os módulos da entivação. Depois descem-se os módulos para a vala com a ajuda de um equipamento de elevação. Por fim, a partir do interior da vala faz-se o bloqueamento dos dois painéis contra o terreno através dos dispositivos de regulação das escoras; esta regulação deve ser feita dos elementos superiores para os inferiores. Este sistema tem a vantagem de permitir atingir profundidades superiores com menos custos. Em termos de segurança é bom e deixa para os trabalhadores bastante espaço de operação no interior da vala em virtude do espaçamento entre as escoras. Requer menos mão de obra e permite um avanço rápido nos trabalhos

e) Entivação por meio de caixas rígidas metálicas

É um sistema parecido com o anterior; os módulos de entivação são constituídos por dois painéis metálicos ligados entre si por escoras metálicas extensíveis. Os painéis podem ser de aço maciço, ligas leves ou alumínio. A progressão da entivação pode ser feita por dois processos alternativos; por tracção, em que as duas caixas rígidas são solidarizadas e vão-se arrastando ao longo da vala á medida das necessidades. No processo por deslocamento regular retira-se sistematicamente a ultima caixa da progressão da vala e coloca-se em primeiro lugar.

Este sistema permite um avanço rápido dos trabalhos uma vez que não há necessidade de montar e desmontar os elementos. Deixa um bom espaço de trabalho para os trabalhadores e economicamente,

apesar do elevado custo inicial, a durabilidade do material é muito elevada podendo ser muitas vezes reutilizado.

f) Entivação por meio de caixas rígidas deslocáveis

Este sistema é em tudo idêntico ao sistema descrito anteriormente procurando imitar o processo de progressão por tracção. Economicamente, acarreta um menor custo inicial mas a durabilidade do material também é menor

g) Entivação com mantas de geotextil escoradas

Este sistema é apenas utilizável em terrenos com boa coesão e em valas de profundidade reduzida. Os painéis rígidos são substituídos por mantas de geotextil reforçadas por barras horizontais de fibra de vidro. As mantas são mantidas contra a parede da vala por acção de quadros metálicos em liga leve com duas escoras extensíveis.