

## ANEXO VII. Medidas de controlo e proteção

Para desenvolver a temática da gestão do risco de instabilidades, apresentada no capítulo 6 deste documento, torna-se necessário uma realizar uma análise de alternativas nas quais deve ter-se em consideração as condicionantes em cada caso, sejam estas de nível económico, técnico ou do meio ambiente. Esta análise tem por objetivo propor as alternativas que cumpram de forma mais satisfatória todos requisitos necessários e selecionar aquela que cumpra mais adequadamente os critérios de custo-benefício.

Este anexo apresenta uma descrição das diferentes medidas que são geralmente utilizadas, classificando-as em dois grupos: medidas de correção e estabilização de taludes e encostas que, de uma forma ativa e através da consolidação por reforço do talude, visam evitar que a instabilidade ocorra; e medidas de controlo e proteção contra a queda de blocos rochosos que visam evitar que os materiais que possam desprender-se do talude, como consequência do desenvolvimento de uma instabilidade, atinjam o elemento que se pretende proteger.

Para isso foi concebida uma ficha, para cada uma das medidas propostas, onde se faz uma descrição da medida, detalha as suas características técnicas, usos e aplicações, vantagens e inconvenientes e onde se apresentam recomendações de utilização. Também é fornecida uma lista de documentos normativos que devem ser considerados no dimensionamento ou na implementação das soluções. O estado de atualização dos documentos referidos deve ser sempre verificado no momento da aplicação, bem como de outras normas que possam ser aplicáveis.

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.1 Modificação da geometria: Reperfilamento e escavação da cabeceira

#### Descrição:

Consiste em modificar o talude, mediante reperfilamento, até obter um perfil adequado ou escavar a cabeceira do talude para reduzir o peso da mesma.

#### Caraterísticas técnicas:

O reperfilamento pode obter-se por escavação ou por aterro do talude. Na escavação da cabeceira alivia-se a parte superior do talude pois é esta que fornece uma maior força atuante sobre a massa de deslizamento. É importante calcular a massa a escavar para garantir a estabilidade do talude e obter o fator de segurança requerido em cada caso.

#### Usos e aplicações:

Aplica-se num grande número de casos, particularmente em roturas circulares.

#### Vantagens:

É adequado sobretudo em solos friccionais. Em princípio constitui uma opção vantajosa pelo seu baixo custo, quando comparado com outras opções, e pela possibilidade de deslocar a massa da cabeceira para o pé do talude, melhorando a sua estabilidade global.

#### Inconvenientes:

Alguns dos inconvenientes mais comuns são a dificuldade de acesso para realizar os trabalhos de movimentos de terras, a ripabilidade dos materiais, a disponibilidade de zonas para vazadouro de materiais e a sua possível reutilização.



Figura VII.1.1 - Reperfilamento por escavação.

#### Recomendações:

A modificação da geometria do talude deve prever um sistema de drenagem adequado e evitar a infiltração de águas pluviais. Para a melhoria do coeficiente de segurança, obtido em função do material mobilizado, e da análise comparativa com outras medidas, podem ser adotados critérios técnico-económicos para otimizar as medidas de estabilização mais apropriadas.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- Para infraestruturas de estradas, consultar o PG-3: Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes. Publicado pela Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG-3/75) em 1976 (Espanha).

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.2 Modificação da geometria: Reforço do pé do talude com aterros ou enrocamentos

#### Descrição:

Consiste em aumentar o peso do pé do talude, sendo a alteração que se realiza com mais frequência nos taludes.

#### Caraterísticas técnicas:

A base do aterro deve apresentar uma granulometria adequada, que garanta a drenagem do mesmo.

#### Usos e aplicações:

Aplica-se principalmente nos casos de instabilidades por deslizamentos rotacionais.

#### Vantagens:

Se combinado com a escavação da cabeceira do talude, o material retirado pode ser utilizado para reforçar o pé do talude, o que elimina o transporte do material a vazadouro. A construção de reforços do pé do talude aumenta as tensões normais sobre a superfície de rotura, melhorando a estabilidade ao aumentar a resistência ao corte.

#### Inconvenientes:

Requer que haja espaço suficiente na cabeceira e no pé do talude.



Figura VII.1.2 - Reforço do pé do talude.

#### Recomendações:

Para a drenagem da base do talude é necessário instalar um material filtrante entre o aterro drenante e o material do talude.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 13383-1: 2010 Enrocamentos; parte 1: Especificações;
- Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera. (Ministerio de Fomento, Espanha, 2006); e
- Recomendaciones para el diseño y construcción de muros de escollera en obras de carreteras. (Ministerio de Fomento, Espanha, 1998).

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.3 Modificação da geometria: Banquetas intermédias

#### Descrição:

Trata-se de escalonar o talude construindo bancadas ou banquetas intermédias que contribuem para evitar as roturas superficiais que afetam toda a face do talude.

#### Caraterísticas técnicas:

É conveniente que a altura das banquetas seja significativa e com ângulos de inclinação suficientemente acentuados de forma a que se consigam larguras adequadas à funcionalidade das mesmas. No entanto, deve ter-se em consideração que, quanto mais larga a banqueteta, maior o risco de esforços de tração na crista da mesma, o que pode originar fendas e desprendimentos. As larguras das banquetas variam, geralmente, entre os 3 e os 5 metros.

#### Usos e aplicações:

São indicadas para taludes de altura significativa, principalmente, no caso de serem constituídos por rochas facilmente meteorizáveis. São também utilizadas no caso de roturas pouco profundas do terreno.

#### Vantagens:

Facilitam o processo construtivo e as operações de manutenção do talude. Retêm os blocos rochosos caídos e roturas pontuais no talude. Facilitam a drenagem.

#### Inconvenientes:

Nas zonas angulosas das banquetas produz-se uma concentração de tensões que pode induzir a rotura. Ao aumentar a inclinação do talude pode ser também potenciada a instabilidade no mesmo.



Figura VII.1.3 - Talude com banqueta.

#### Recomendações:

Ter em conta a possibilidade de instalar medidas de controlo face a desprendimentos.

#### Documentos normativos aplicáveis:

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.4 Drenagem superficial

#### Descrição:

A drenagem superficial tem por objetivo canalizar as águas de escoamento de forma a evitar a erosão da face do talude e a infiltração de água.

#### Caraterísticas técnicas:

A drenagem superficial é realizada através de valas e valetas de drenagem que podem ser transversais, longitudinais ou ainda em "espinha de peixe" de forma a abranger uma maior superfície.

#### Usos e aplicações:

A drenagem superficial deve fazer parte de qualquer medida de intervenção em taludes com problemas de instabilidade ou suscetíveis de os apresentar. É um método necessariamente complementar a qualquer outra medida que se tome.

#### Vantagens:

As medidas de drenagem diminuem a água presente no talude, portanto, diminuem as pressões intersticiais que são um fator decisivo na instabilização de superfícies de rotura e fendas de tração. São técnicas de baixo custo e fáceis de instalar. A drenagem superficial também serve para transportar a água extraída nas drenagens profundas.

#### Inconvenientes:

Se não for efetuada uma vigilância ativa do estado dos drenos, estes podem ficar inutilizados por acumulação de detritos.



Figura VII.1.4 – Drenagem superficial.

#### Recomendações:

Se existem fissuras na cabeceira do talude, é conveniente, além de instalar o sistema de drenagem, realizar a selagem das mesmas de modo a evitar pressões intersticiais que poderiam causar uma rotura no talude. Deve ter-se em consideração que é nas zonas de cabeceira e, no caso de taludes escalonados, nas banquetas onde se acumula mais água, sendo isso importante drenar estas zonas.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- D.G. de Publicaciones. Centro de Publicaciones. Mº de Fomento (2002).  
Construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones. PG-3.

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.5 Drenagem profunda

#### Descrição:

Com a drenagem profunda pretende-se extrair a água presente no maciço a fim de baixar o nível freático.

#### Caraterísticas técnicas:

A drenagem profunda categoriza-se por:

- drenos horizontais, perfurados na superfície do talude, com um diâmetro entre 100 e 150 mm e 30 ou 40 m de comprimento;
- poços verticais, perfurados a partir da superfície do talude, com diâmetros que variam entre 30 e 150 cm;
- galerias de drenagem, que são construídas paralelamente ao talude e a uma profundidade considerável; e
- poços drenantes, que consistem em poços de grande diâmetro (1,5-2 metros), ligados entre si.

#### Usos e aplicações:

Aplica-se a taludes suscetíveis de saturação de água ou com infiltrações importantes que geram instabilidades devido à diminuição da resistência ao corte no solo.

#### Vantagens:

Possibilidade de drenar zonas profundas, eliminando as pressões intersticiais e aumentando a resistência ao corte.

#### Inconvenientes:

Requer equipamentos de perfuração de elevado custo. São sistemas de complexa execução e necessitam de manutenção permanente.

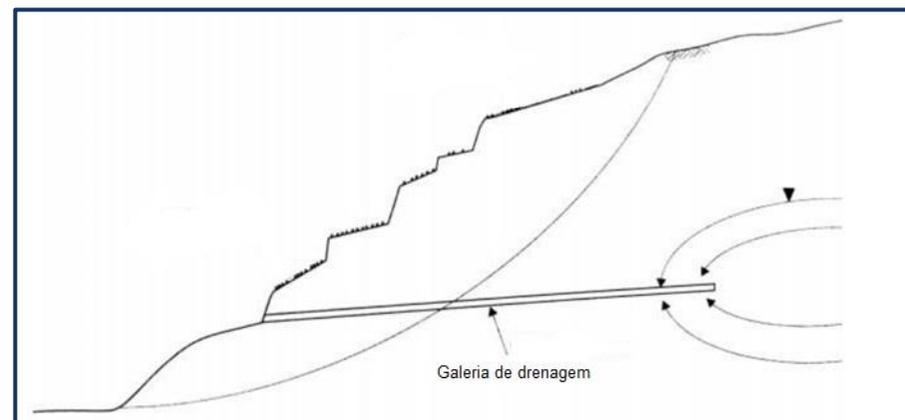


Figura VII.1.5 - Drenagem profunda.

#### Recomendações:

Deve ser sempre dimensionada em função do caudal a drenar, das características hidrogeológicas dos materiais e do raio de ação do elemento drenante. Deve garantir-se que as escavações ou perfurações atinjam cotas suficientemente baixas para drenar de forma eficaz o maciço. Deve assegurar-se a extração dos caudais drenados até zonas sem ligação hidráulica ao aquífero. O uso de geotêxteis é conveniente para evitar a colmatção com finos.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- UNE-EN 15237:2011 Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Drenaje vertical;
- D.G. de Publicaciones. Centro de Publicaciones. Mº de Fomento (2002). Construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones. PG-3; e
- D.G. de Carreteras. Mº de Fomento (2004). Orden Circular 17/2003: Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera.

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.6 Ancoragens

#### Descrição:

São elementos formados por cabos ou barras que se ligam às zonas estáveis do maciço, trabalham à tração e proporcionam uma força contrária ao movimento e um aumento das tensões normais sobre a superfície de rotura. Classificam-se em:

- ativas: a ancoragem é tensionada, na fase de instalação, até a sua carga admissível;
- passivas: a ancoragem começa a trabalhar com a existência do movimento do bloco ou do maciço; e
- mistas: a ancoragem é tensionada com uma carga inferior à carga admissível.

#### Caraterísticas técnicas:

Distinguem-se três partes essenciais nos elementos: a zona de ancoragem, que é fixada ao terreno de modo a transmitir os esforços; a zona livre, que é a parte que não se fixa ao terreno envolvente o que permite a deformação livre ao entrar em carga; e, a cabeça, que é a zona de união da armadura com a placa de apoio sobre a qual é exercida a ação exterior. O comprimento das ancoragens é muito variável, normalmente, entre 15 e 40 metros e a sua capacidade de carga normalmente varia entre 60 e 120 toneladas por ancoragem.

#### Usos e aplicações:

Utilizam-se para amarrar os maciços rochosos fraturados, fixar os blocos de rocha, evitar o deslizamento de taludes, sustentar escavações ou estruturas em betão armado. As ancoragens podem ser isoladas ou unidas pela cabeça através de elementos rígidos de betão ou aço.

#### Vantagens:

É um método muito utilizado para a estabilização dos maciços rochosos com superfícies de rotura profundas.

#### Inconvenientes:

Em geral têm um elevado custo dependendo do acesso e facilidades para a sua instalação. As ancoragens permanentes devem garantir as condições exigidas de durabilidade a longo prazo. Podem ser muito vulneráveis à corrosão.



Figura VII.1.6 – Ancoragens unidas através de uma viga de betão

#### Recomendações:

A execução e os ensaios de carga devem realizar-se segundo as normativas em vigor e recomendações para o efeito.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP-EN 1537:2016. Execução de obras geotécnicas especiais; Ancoragens no terreno; e
- Centro de Publicaciones. Mº de Fomento (2001). Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera.

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.7 Muros

#### Descrição:

Os muros são utilizados para reforço da zona do pé do talude, para contenção de impulsos e para proteção contra os processos de erosão.

#### Caraterísticas técnicas:

Existem diferentes tipos em função dos requisitos exigidos:

- muro de gabiões: são muros flexíveis que funcionam por gravidade e são constituídos por materiais granulares de rocha não friável contida numa malha de aço com a forma de um prisma retangular;
- muro de gravidade: são muros que trabalham de forma passiva, na qual o peso próprio é a força estabilizadora;
- muro de terra armada: são muros formados por um paramento exterior pré-fabricado que pode ser em betão ou chapas metálicas e um aterro composto por solo reforçado por bandas ou tirantes de material sintético que se prendem ao paramento e ao talude; e muro ancorado: são muros de betão armado reforçados com ancoragens para aumentar a resistência ao derrubamento e ao deslizamento da estrutura.

#### Usos e aplicações:

São utilizados como elementos de contenção, suporte ou revestimento.

- contenção: requerem a escavação no pé do talude e evitam deformações superficiais do terreno;
- suporte: contruídos com um afastamento ao talude e aterrados a tardo com material estabilizador; e
- revestimento: protegem o terreno da erosão e meteorização, além de adicionar um peso estabilizador ao talude.

#### Recomendações:

É muito importante realizar uma instalação de drenagem do muro uma vez que, à exceção dos muros de gabiões, os muros são executados com materiais impermeáveis. Para o dimensionamento do muro é necessário executar adequadamente a sua fundação em terreno estável, particularmente em superfícies inclinadas.



Figura VII.1.7 - Muro de gabiões (esquerda) e muro de terra armada em construção (direita).

#### Vantagens:

Os muros de gabiões permitem a drenagem do talude, além disso, por serem flexíveis absorvem melhor a energia dos impactos originados pela queda de rochas. Na construção de muros de terra armada podem ser utilizados materiais do próprio talude.

#### Inconvenientes:

Requerem a escavação do pé do talude o que pode originar instabilidades temporárias. As dimensões e o grau de ancoragem do muro limitam a sua capacidade estabilizadora. No caso de roturas profundas os muros não são eficazes. Devem ser fornecidos em proporção suficientes elementos de drenagem. As malhas que formam os muros de gabiões estão expostas à corrosão.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP-EN13251:2017 Geotêxteis e produtos relacionados; Características requeridas para a utilização em obras de terra, fundações e estruturas de suporte;
- NP-EN 15258:2012 Produtos pré-fabricados em betão; Elementos de muro de contenção;
- UNE 36730:2006 Gaviones y gaviones recubrimiento de enrejado de malla hexagonal de alambre de acero galvanizado o galvanizado y recubierto de PVC;
- NP-EN 10223-8:2013 Fio de aço e produtos de arame para cercas e redes; Parte 8: Produtos de malha soldada de gabião; e
- Reglamento de Productos de Construcción (UE) N° 305/2011.

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.8 Cortinas de estacas e microestacas e colunas de jet grouting

#### Descrição:

Trata-se de executar alinhamentos destes elementos, separados entre si, de tal forma que se consiga uma estrutura relativamente contínua. Essa estrutura deve atravessar a zona instável até atingir a zona estável para a qual se transmitem os esforços.

#### Caraterísticas técnicas:

A principal diferença entre estacas e microestacas é o seu diâmetro. As estacas têm diâmetros entre 0,5 e 2 metros e são encastradas à superfície por uma viga de betão, enquanto que, as microestacas têm diâmetros inferiores (aproximadamente 0,12-0,15 m) e os seus comprimentos atingem entre 12 e 20 metros. São executadas com um tubo de aço que se preenche, por injeção, com uma calda de cimento. As microestacas também podem ser encastradas e penetrar o terreno com diferentes inclinações em relação à vertical.

As colunas de jet-grouting consistem em perfurações entre 0,4 e 1 metro de diâmetro, que se injetam com calda de cimento a alta pressão através de um equipamento, que gira a grande velocidade, penetrando o terreno envolvente.

#### Usos e aplicações:

São utilizadas para o suporte de taludes escavados e como medida estabilizadora de deslizamentos existentes ou potenciais. O jet-grouting é utilizado principalmente em solos granulares.

#### Vantagens:

Podem instalar-se antes da escavação de modo a não afetar a estabilidade do talude durante a construção e protegê-lo contra outras potenciais instabilidades.

Permitem reduzir o espaço usado para escavação, bem como o material extraído.

#### Inconvenientes:

Não são eficazes em deslizamentos do tipo profundo ou rotacional.



Figura VII.1.8 – Microestacas.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP-EN 16228-1:2014 Equipamento de perfuração e fundação; Segurança; Parte 1: Requisitos comuns;
- NP-EN 12716:2018 Execução de obras geotécnicas especiais; Jet Grouting;
- NP-EN 14199:2019 Execução de obras geotécnicas especiais; Microestacas;
- NP-EN 1536:2011+A1:2015 Execution of special geotechnical work; Bored piles;
- NP-EN 12699:2015 Execution of special geotechnical works; Displacement piles;
- CEDEX. Recomendaciones para ejecución del hormigonado de pilotes y pantallas "in situ" R-21;
- CEDEX. Carga de hundimiento por punta de pilotes en rocas. M-71; e
- D.G. de Carreteras. Mº de Fomento (2005). Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera.

## VII.1. Medidas de correção e estabilização de taludes e encostas

### VII.1.9 Medidas contra a erosão

#### Descrição:

Trata-se de evitar a erosão superficial do talude utilizando técnicas de recobrimento superficial tais como:

- muros de revestimento;
- mantas com sementeiras de vários tipos, com ou sem cobertura (biomantas);
- hidrossementeiras, tanto herbáceas como lenhosas; e
- mantas e redes orgânicas.

#### Caraterísticas técnicas:

As hidrossementeiras não são adequadas para grandes inclinações. Por sua vez, as malhas e as mantas orgânicas retêm as camadas superficiais do terreno, fornecendo matéria orgânica aquando da sua decomposição, e favorecem os processos enraizamento e desenvolvimento da vegetação. A sua aplicação permite executar taludes com maior inclinação até 45°. As malhas são feitas com juta e coco, enquanto que nas mantas utilizam-se a palha, o coco e o esparto ou combinações destes materiais.

#### Usos e aplicações:

São utilizadas para prevenir a erosão superficial e contribuir para evitar que a água se infiltre no talude.

As mantas são adequadas para taludes inclinados e com problemas significativos de erosão.

As malhas ou redes são usadas em taludes com menor inclinação e para estabilização temporária, pois decompõem-se mais rápido do que as mantas.

#### Vantagens:

Proporcionam um impacto visual reduzido ou corrigem o impacto da intervenção.

#### Inconvenientes:

Para as mantas com sementeiras são necessários taludes pouco inclinados que possam reter a água de que as plantas precisam.



Figura VII.1.9 – Manta orgânica.

#### Recomendações:

Devem utilizar-se espécies que se adaptem às condições do local. A plantação contínua de espécies herbáceas e gramíneas é geralmente mais eficaz do que com espécies de arbóreas.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP-EN 13253:2017 Geotêxteis e produtos relacionados; Características requeridas para a utilização em obras para controlo da erosão (proteção costeira e revestimento das margens);
- ETA-13/0524 - Hexagonal double twisted wire meshes in rolls and hexagonal double twisted wire meshes with inserted wire ropes; e
- UNE-EN 795:2012: Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje (Ratificada por AENOR en octubre de 2012.).

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.1 Medidas ativas ou de estabilização: Remoção de blocos e saneamento

#### Descrição:

Consiste na remoção de blocos instáveis presentes na superfície do talude ou na sua cabeceira, sempre que sejam acessíveis e cujo volume não seja excessivo. Neste caso, devem considerar-se outras alternativas, tal como a fixação *in situ*. Esta medida é geralmente o ponto de partida na estabilização do talude ou da encosta.

#### Caraterísticas técnicas:

O saneamento pode ser realizado por meios mecânicos se as zonas a tratar são acessíveis ou, manualmente, caso não o sejam. Para remover os blocos manualmente é necessária uma equipa especializada em trabalhos verticais para detetar eventuais blocos ou fragmentos de rocha instáveis e provocar a sua queda.

#### Usos e aplicações:

Medida utilizada, em zonas de passagem, para evitar a queda de blocos isolados que estão acessíveis, ou blocos de grandes dimensões que sobressaiam no talude.

#### Vantagens:

É uma medida de baixo custo que elimina, de forma eficaz, blocos ou fragmentos antes da eventual queda e antes da implementação de outras medidas, evitando que os blocos causem danos ou diminuam a eficácia das medidas adotadas.

#### Inconvenientes:

No caso de taludes ou encostas onde na sua base circulam pessoas ou veículos, é necessário encerrar o acesso para evitar danos. Se o saneamento não for realizado com cuidado pode causar a deterioração da superfície no pé do talude. Deve evitar-se que a queda de grandes blocos danifique o pavimento da estrada.



Figura VII.2.1 – Saneamento de rochas após um desprendimento.

#### Recomendações:

Requer a inspeção frequente dos troços potencialmente perigosos para detetar e remover os blocos de forma controlada antes que caiam naturalmente.

Deve estudar-se quais os blocos a remover para evitar desestabilizar outros que até esse momento estão numa situação de estabilidade.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- UNE-EN 795:2012: Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje (Ratificada por AENOR en octubre de 2012.).

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.2 Medidas ativas ou de estabilização: Uso de explosivos

#### Descrição:

Consiste em introduzir explosivos em perfurações efetuadas na rocha de forma a fragmentar o material rochoso e facilitar sua extração.

#### Caraterísticas técnicas:

Existem diferentes técnicas de utilização de explosivos:

- em pré-corte: trata-se de provocar uma superfície de descontinuidade no terreno, que coincida com o ângulo do talude predefinido, antes da fase de detonação dos explosivos. É o método mais utilizado, pois previne a abertura de descontinuidades e fraturas na rocha;
- em furos entalhados: efetuam-se aberturas ao longo do furo para direcionar a fratura aproveitando a concentração de tensões nas extremidades dos entalhes. Com esta técnica reduz-se consideravelmente o consumo de explosivos; e
- em tubos com arestas abertas: os explosivos são alojados no interior de tubos metálicos com fissuras laterais. O tubo concentra as tensões num local específico e protege a restante parte do furo.

#### Usos e aplicações:

Utiliza-se para corrigir a geometria do talude ou para facilitar e agilizar a remoção de blocos de grande dimensão que se desprenderam e causaram, por exemplo, o encerramento de uma determinada estrada.

#### Vantagens:

É um método rápido e eficaz que permite realizar o desmonte de blocos rochosos de forma a obter um talude de um só plano em situações de rochas duras que não podem ser desmontadas com um *ripper* ou retroescavadora. Permite obter taludes mais estáveis, uma vez que se reduz o volume de rocha solta em situação de estabilidade precária, e assim prescindir da implementação de banquetas, pregagens ou outro tipo de intervenções no talude.

#### Inconvenientes:

Com o passar do tempo pode originar instabilidades devido à fratura que ocorre na rocha e que aumenta a abertura de descontinuidades já existentes.



Figura VII.2.2 – Utilização de explosivos (Fonte: portal da OE).

#### Recomendações:

Após a remoção dos blocos, através da utilização de explosivos, é conveniente realizar o saneamento do talude de modo a remover os fragmentos de rocha derivados das explosões. Devem ser estudadas as possíveis instabilidades decorrentes do uso de explosivos.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP-EN 13630-1:2009 Explosivos para uso civil; Cordões detonantes e rastilhos; Parte 1: Requisitos;
- NP-EN 13763-1:2013 Explosivos para uso civil; Detonadores e relés; Parte 1: Requisitos (EN 13763-1:2004);
- NP-EN 13631-1:2009 Explosivos para uso civil; Altos explosivos; Parte 1: Requisitos;
- UNE 22381:1993 Control de vibraciones producidas por voladuras;
- NP-EN 13857-1:2009. Explosivos para uso civil; Parte 1: Terminologia; e
- NP-EN 13857-3:2014. Explosivos para uso civil; Parte 3: Informações a prestar ao utilizador pelo fabricante ou pelo seu representante autorizado.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.3 Medidas ativas ou de estabilização: Pregagens

#### Descrição:

As pregagens são sistemas para fixar permanentemente a rocha ao talude. Podem considerar-se como ancoragens passivas de baixa capacidade. São instaladas no terreno em furos que são depois preenchidos com resina ou argamassa.

A sustentação da instabilidade é obtida através de uma placa que é apertada ao varão de aço, roscado na extremidade externa, e pressionada contra a rocha.

#### Caraterísticas técnicas:

Têm comprimentos que variam entre 3 e 8 metros e diâmetros 20 e 40 mm. A carga admissível está entre 5 e 15 toneladas por pregagem.

#### Usos e aplicações:

São utilizadas em situações de risco elevado, como quedas de blocos por basculamento ou por erosão diferencial.

São também utilizadas a fim de minimizar os desprendimentos por roturas ao longo de fraturas superficiais.

#### Vantagens:

Permitem fixar blocos rochosos que não podem ser removidos, devido às suas dimensões, com o saneamento do talude.

#### Inconvenientes:

Menos eficazes em solos ou rochas brandas. Vida útil limitada pelos efeitos de corrosão. A execução dos trabalhos de instalação é complicada caso a zona a tratar seja de difícil acesso.



Figura VII.2.3 – Pregagem.

#### Recomendações:

Deve ser realizado um bom levantamento geomecânico do talude de forma a verificar a espessura do bloco ou zona a tratar e a estabilidade do maciço que vai suportar a fixação das pregagens, de modo a que as mesmas tenham as dimensões adequadas em termos de comprimento e diâmetro.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- UNE 22781:1985 Bulonado. Bulones de anclaje puntual; e
- UNE-EN 795:2012: Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje (Ratificada por AENOR en octubre de 2012.).

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.4 Medidas ativas ou de estabilização: Amarração de blocos

#### Descrição:

Consiste em fixar um determinado bloco de rocha ao talude por meio de uma rede de cabos e pregagens. A rede de cabos consiste numa malha metálica de desempenho superior ao da malha de tripla torção.

#### Caraterísticas técnicas:

A rede é composta por cabos de aço galvanizado, entrelaçados, que formam um padrão de losangos, cujos vértices são fixados através de grampos metálicos anti deslizantes.

#### Usos e aplicações:

Utiliza-se para reter blocos instáveis apoiados no talude que, devido ao seu volume, a sua remoção por saneamento não é recomendada.

#### Vantagens:

Permite a imobilização *in situ* de blocos de rocha instáveis.

#### Inconvenientes:

A dificuldade de acesso pode condicionar esta solução.



Figura VII.2.4 – Amarração de blocos.

#### Recomendações:

Requer a inspeção detalhada, com a compilação de dados geomecânicos do maciço, de forma a determinar a eficácia das pregagens e o dimensionamento adequado da rede de cabos.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- UNE 22781:1985 Bulonado. Bulones de anclaje puntual;
- NP EN 10223-3:2018: Arames e produtos trefilados de aço para redes e vedações; Parte 3: Redes hexagonais de arame de aço para utilização em engenharia civil;
- NP EN 12385-1:2002+A1:2011 Cabos de aço; Segurança; Parte 1: Requisitos gerais;
- NP EN 12385-2:2002+A1:2014 Cabos de aço; Segurança; Parte 2: Definições, designação e classificação;
- NP EN 12385-3:2004+A1:2013 Cabos de aço; Segurança; Parte 3: Informação para uso e manutenção; e
- UNE-EN 795:2012: Equipos de protección individual contra caídas. Dispositivos de anclaje (Ratificada por AENOR en octubre de 2012.).

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.5 Medidas ativas ou de estabilização: Sistema misto de cabos e malha

#### Descrição:

Consiste numa malha metálica de tripla torção ajustada à superfície do terreno, que é reforçada e ligada ao talude com uma rede de cabos de aço, que por sua vez é fixada ao maciço rochoso com pregagens. O objetivo é evitar o movimento dos fragmentos de rocha.

#### Caraterísticas técnicas:

É uma proteção ativa e ajustada à superfície do terreno de forma que o contacto entre a malha e o talude seja o maior possível.

#### Usos e aplicações:

Utiliza-se em taludes instáveis com perigo generalizado de queda de blocos.

#### Vantagens:

Evita a fixação individual de blocos rochosos. É um sistema económico e de instalação fácil e rápida.

#### Inconvenientes:

Não é adequado para blocos de grandes dimensões. Requer uma instalação por pessoal especializado, especialmente, quando se tratam zonas muito heterogéneas com áreas de maior instabilidade.

Se a rede for deficientemente instalada, a malha pode abrir-se e perder a sua funcionalidade.



Figura VII.2.5 – Sistema misto de cabos e malha.

#### Recomendações:

Deve ser realizado um estudo geomecânico da encosta ou talude para dimensionar as pregagens e a rede de malha. A malha deve ser corretamente fixada à encosta.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- UNE 22781:1985 Bulonado. Bulones de anclaje puntual;
- NP EN 10223-3:2018: Arames e produtos trefilados de aço para redes e vedações; Parte 3: Redes hexagonais de arame de aço para utilização em engenharia civil;
- NP EN 10223-4:2018: Arames e produtos trefilados de aço para redes e vedações; Parte 4: Redes de arame de aço soldado;
- UNE-EN 10223-5:2013 Alambres de acero y productos de alambre para cerramientos y mallas. Parte 5: Malla anudada;
- NP EN 10218-2:2016: Arames e produtos trefilados de aço; Generalidades; Parte 2: Dimensões e tolerâncias dos arames;
- NP EN 12385-1:2002+A1:2011 Cabos de aço; Segurança; Parte 1: Requisitos gerais;
- NP EN 12385-3:2004+A1:2013 Cabos de aço; Segurança; Parte 3: Informação para uso e manutenção; e
- ETA-13/0524 - Hexagonal double twisted wire meshes in rolls and hexagonal double twisted wire meshes with inserted wire ropes.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.6 Medidas ativas ou de estabilização: Betão projetado

#### Descrição:

Consiste na aplicação de uma ou mais camadas de betão projetado sobre a superfície do talude, a fim de evitar a degradação e alteração da sua superfície rochosa, preencher fissuras e conter pequenas instabilidades. Quando se pretende dotar a solução com resistência à tração instalam-se, em complemento, sobre a superfície do talude, malhas eletrossoldadas, grampos de aço ou fibras de vidro.

#### Caraterísticas técnicas:

O betão deve ser doseado com uma granulometria de diâmetro inferior a 25 mm. Quando o tamanho máximo do agregado é limitado abaixo dos 8 mm, o produto é denominado gunite. Em ambos casos a granulometria deve ser contínua. A água é misturada com o agregado e o cimento na boquilha da mangueira ou canhão de projeção. A relação água-cimento da mistura deve estar entre 0,38 e 0,40, pois com uma proporção menor, parte do cimento não chega a molhar o que origina uma quantidade significativa de poeira aquando da projeção, caso contrário, com uma proporção superior à indicada, diminui a aderência à superfície. Geralmente, também pode ser conveniente adicionar aditivos à mistura, tais como aceleradores da presa.

#### Usos e aplicações:

Esta técnica é utilizada para reduzir a degradação, alteração ou erosão da superfície do talude e para evitar desprendimentos localizados ou superficiais.

#### Vantagens:

É uma técnica de aplicação fácil e, se bem executada, é uma solução fiável e duradoura.

#### Inconvenientes:

Produz um impacto visual elevado embora atualmente existam pigmentos que ajudam a minimizar o impacto do betão projetado na paisagem. Uma execução deficiente ou a inadequada decisão da utilização desta medida faz com que, em alguns casos, perca a sua eficácia a curto prazo.



Figura VII.2.6 - Betão projetado com pigmentos (esquerda) e betão projetado sem coloração (direita).

#### Recomendações:

Para garantir a aderência à superfície o talude deve ser alvo de saneamento. É necessário controlar o processo de execução garantindo a aplicação correta, a espessura, o recobrimento completo da superfície a ser tratada, etc. uma vez que, caso contrário o material projetado pode destacar-se do talude. A presença de materiais argilosos pode desaconselhar a utilização de betão projetado ou gunite devido a problemas de aderência. É necessário dotar o talude de mecanismos de drenagem ao longo da sua superfície e particularmente na base do mesmo.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 934-5:2008 Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção; Parte 5: Adjuvantes para betão projectado; Definições, requisitos, conformidade, marcação e etiquetagem;
- UNE 83601:2013 Hormigón proyectado. Determinación del tiempo de fraguado;
- NP EN 14487-1:2008 Betão projectado; Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2:2008 Betão projectado; Parte 2: Execução; e
- UNE 83607:2014 IN Hormigón proyectado. Recomendaciones de utilización.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.7 Medidas passivas ou de proteção: Redes de encaminhamento

#### Descrição:

São malhas de arame de aço que são estendidas desde a cabeceira até ao pé do talude, cobrindo toda a sua superfície, a fim de controlar a queda de fragmentos rochosos e impedi-los de ressaltar e ganhar energia. Assim, os blocos são guiados para a base onde podem ser facilmente removidos.

#### Caraterísticas técnicas:

São sempre fixadas no topo do talude ou da encosta e, quer sejam ancoradas ao terreno por intermédio de pregagens, quer estejam soltas, devem ser afastadas da superfície do talude, para permitir que os fragmentos desprendidos caiam até à parte inferior do mesmo, a cerca de 0,5 1 metro do pé, a fim de facilitar os trabalhos de manutenção. Para facilitar a recolha podem executar-se, no pé do talude, valas de receção, cortinas ou bolsas de captação conhecidas como "*drape bags*".

#### Usos e aplicações:

São indicadas para taludes de elevada inclinação ou muito extensos, quer vertical quer horizontalmente, e onde se produzem desprendimentos de blocos de pequena dimensão que são, desta forma, conduzidos até à base do talude de onde podem ser removidos.

#### Vantagens:

É um sistema adequado para controlo de pequenos fragmentos de rocha instáveis. A instalação é fácil e seu o custo é baixo.

#### Inconvenientes:

Esta técnica não é adequada para instabilidades que afetam blocos de médias ou grandes dimensões ou para grandes volumes. Em condições de má acessibilidade, os custos podem ser significativos.



Figura VII.2.7 – Rede de encaminhamento.

#### Recomendações:

Sempre que seja possível deve ser construída uma banquetta ou uma vala de receção como elemento de contenção que facilite a manutenção do talude. As malhas hexagonais de tripla torção são as mais resistentes e, por esse motivo, as mais recomendadas.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- UNE 22781:1985 Bulonado. Bulones de anclaje puntual;
- NP EN 10223-3:2018: Arames e produtos trefilados de aço para redes e vedações; Parte 3: Redes hexagonais de arame de aço para utilização em engenharia civil;
- NP EN 10223-4:2018: Arames e produtos trefilados de aço para redes e vedações; Parte 4: Redes de arame de aço soldado;
- UNE-EN 10223-5:2013 Alambres de acero y productos de alambre para cerramientos y mallas. Parte 5: Malla anudada;
- NP EN 10218-2:2016: Arames e produtos trefilados de aço; Generalidades; Parte 2: Dimensões e tolerâncias dos arames;
- NP EN 12385-1:2002+A1:2011 Cabos de aço; Segurança; Parte 1: Requisitos gerais; e
- ETA-13/0524 - Hexagonal double twisted wire meshes in rolls and hexagonal double twisted wire meshes with inserted wire ropes.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.8 Medidas passivas ou de proteção: Valas de receção

#### Descrição:

Consiste em executar uma vala ou valeta no pé do talude cujo objetivo é reter os fragmentos rochosos provenientes do mesmo.

#### Caraterísticas técnicas:

As dimensões do elemento dependem das dimensões dos blocos ou fragmentos rochosos a conter. No fundo da vala é, geralmente, colocada uma camada de material granular para absorver a energia das rochas em queda, evitando o seu ressalto. Em alternativa, se necessário, pode ser instalada uma barreira ou rede a fim de evitar que as rochas em queda ultrapassem a vala de receção. É um bom complemento às redes de encaminhamento.

#### Usos e aplicações:

Aplica-se aos taludes constituídos por rocha fragmentada instável, onde não é possível evitar a queda de fragmentos rochosos com outras medidas ou como complemento às redes de encaminhamento. Aplica-se também para receção do material que se desprende por roturas planas, em cunha e por basculamento.

#### Vantagens:

Em taludes de estrada evita que os blocos ou fragmentos rochosos que se desprendem do talude atinjam a via.

#### Inconvenientes:

Não é adequado em taludes que favoreçam o ressalto de blocos ou fragmentos rochosos uma vez que esse facto exigiria uma superfície livre e suficientemente extensa no pé do talude. Em determinadas condições, esta medida pode causar um aumento da instabilidade no pé do talude. É necessária a manutenção periódica para evitar a colmatação da vala.



Figura VII.2.8 – Vala de receção.

#### Recomendações:

Deve ser realizado um estudo das possíveis trajetórias dos elementos, existentes no talude, suscetíveis de desprendimento a fim de dimensionar corretamente a vala de receção.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- Para infraestructuras de carreteras, consultar el PG-3 Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes. Publicado pela Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG-3/75) em 1976 (Espanha)

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.9 Medidas passivas ou de proteção: Muros de contenção

#### Descrição:

São muros de betão que se constroem onde for mais conveniente, na base ou noutra seção da encosta ou do talude de escavação em rocha. Têm por finalidade reter as rochas que não devem ser removidas do talude, pois nesse caso poderiam causar maiores instabilidades.

#### Caraterísticas técnicas:

São construídos *in situ* em betão ou em betão projetado reforçado com malhas de aço em várias camadas. Podem fixar-se ao terreno através de ancoragens.

Tal como outras estruturas deste tipo, devido à sua impermeabilidade, é necessário instalar um sistema de drenagem para escoar a água a tardo das mesmas.

#### Usos e aplicações:

São utilizados para estabilizar ou prevenir zonas instáveis, ou com deslizamentos a pouca profundidade, ou como medida complementar a outras.

#### Vantagens:

Em determinadas condições podem ser mais económicas quando comparadas com outras medidas.

Permitem dotar o pé do talude com elevada rigidez quando as condições de estabilidade assim o exigiam.

Oferecem uma frente de proteção contínua ao longo do pé do talude, ante impulsos laterais, desde que a resistência do muro não seja excedida ou que a instabilidade não ocorra numa posição que envolva o pé do talude.

#### Inconvenientes:

O seu dimensionamento deve ser eficaz contra impulsos ativos e passivos e pressões intersticiais.

A sua fundação deve proporcionar estabilidade suficiente face a movimentos de deslizamento e derrubamento.

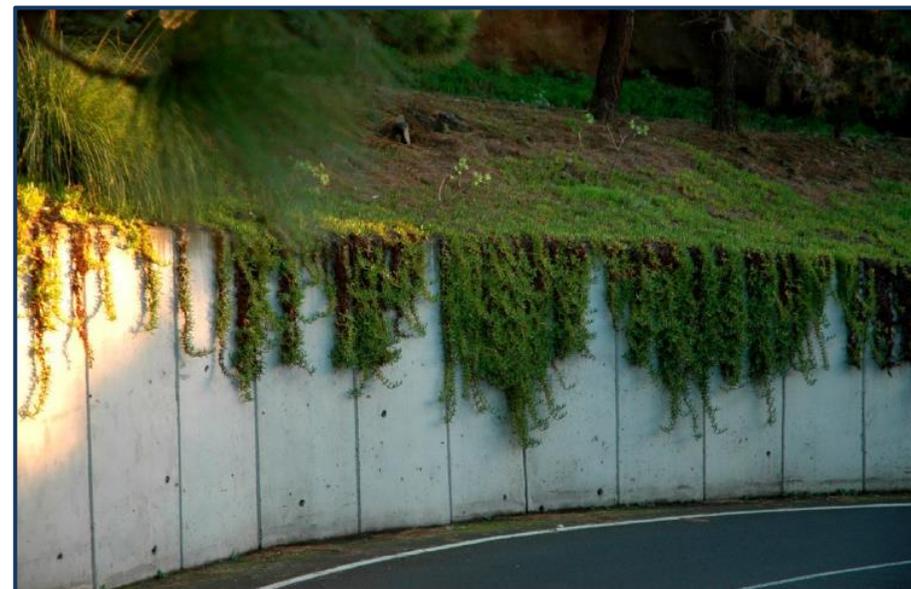


Figura VII.2.9 – Muro de contenção.

#### Recomendações:

Deve garantir-se que a estrutura seja capaz de conter a superfície de deslizamento. As medidas de drenagem do talude ou encosta são essenciais e devem ser dimensionadas em condições adequadas às previsíveis a longo prazo.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 13251:2017 Geotêxteis e produtos relacionados; características requeridas para a utilização em obras de terra, fundações e estruturas de suporte; e
- NP EN 15258:2012 Produtos pré-fabricados em betão; Elementos de muro de contenção.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.10 Medidas passivas ou de proteção: Barreiras ou redes de proteção

#### Descrição:

São compostas por elementos rígidos com os quais se pretende interceptar os blocos ou fragmentos rochosos, que possam desprender-se do talude ou encosta, e são baseadas na robustez ou inércia de seus componentes.

#### Caraterísticas técnicas:

São resistentes a energias baixas, geralmente, até 70 kJ e são formadas por elementos metálicos, como malhas de aço eletrossoldadas ou de arame entrelaçado. Os postes rígidos podem ser formados por perfis de aço que são encastrados em muros, maciços de betão ou diretamente no terreno.

#### Usos e aplicações:

São utilizadas para reter blocos pequenos ou médios e com baixa energia de impacto.

#### Vantagens:

São mais económicas do que as barreiras dinâmicas, tanto em termos de material como da própria instalação, e de fácil instalação.

#### Inconvenientes:

Os postes são vulneráveis a impactos significativos devido à sua rigidez. Uso limitado a pequenos desprendimentos, ou seja, baixa energia e dimensões reduzidas de blocos.



Figura VII.2.10 – Redes de proteção.

#### Recomendações:

Limitação de utilização pela capacidade de absorção de energia de impacto e altura. Requer um estudo das trajetórias dos elementos que devem conter, bem como a altura de ressalto.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 10223-3:2018: Arames e produtos trefilados de aço para redes e vedações; Parte 3: Redes hexagonais de arame de aço para utilização em engenharia civil;
- NP EN 10223-4:2018: Arames e produtos trefilados de aço para redes e vedações; Parte 4: Redes de arame de aço soldado;
- UNE-EN 10223-5:2013 Alambres de acero y productos de alambre para cerramientos y mallas. Parte 5: Malla anudada; e
- NP EN 10034:1998: Perfis estruturais I e H de aço de construção; Tolerâncias de forma e dimensões.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.11 Medidas passivas ou de proteção: Redes ou barreiras dinâmicas

#### Descrição:

São instaladas perpendicularmente ao eixo da trajetória provável dos blocos rochosos a fim de interceptá-los e retê-los. A barreira dinâmica é um sistema flexível que contraria a força de uma massa rochosa em queda, no momento do impacto com esta, absorvendo grande quantidade de sua energia cinética por deformação dos seus elementos. São compostas por postes metálicos articulados na base e dissipadores de energia. Na base dispõem de um elemento de fecho formado por uma rede de cabos com elevada capacidade de deformação. A transmissão das forças de reação aos outros elementos é realizada através de dois cabos longitudinais, um na parte superior do poste e outro próximo da base. Existem duas classes de barreiras dinâmicas de acordo com o tipo de deformação: as elásticas e as elasto-plásticas. A diferença entre estas reside no dissipador de energia: molas elastoméricas (elásticas) e de atrito ou corte (elasto-plásticas).

#### Caraterísticas técnicas:

A capacidade nominal de absorção de energia varia em função do tipo de barreira, sendo as barreiras elásticas mais apropriadas para absorver energias baixas e as barreiras elasto-plásticas para energias elevadas.

#### Usos e aplicações:

Para retenção de blocos que se desprendem do talude, num determinado ponto da sua trajetória, de modo a evitar que atinjam o pé do talude.

#### Vantagens:

Podem instalar-se em qualquer ponto da trajetória de possíveis elementos em queda e, uma vez instaladas, retêm os elementos que não podem ser estabilizados *in situ* por se situarem em zonas de difícil acesso.

#### Inconvenientes:

É, geralmente, uma medida com custos elevados.



Figura VII.2.11 – Barreira dinâmica.

#### Recomendações:

Requer o estudo das trajetórias de possíveis desprendimentos, do cálculo de energias de impacto e alturas de ressalto, bem como uma análise que determine as possíveis áreas de origem dos blocos rochosos.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 10034:1998: Perfis estruturais I e H de aço de construção; Tolerâncias de forma e dimensões;
- ETAG 027 Guideline for European technical approval of falling rock protection kits, publicado por EOTA (European Organisation for Technical Approvals) em 2012 (emendado em 2013); e
- Guideline for the approval of rockfall protection kits, publicado por SAEFL (Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape) and the Swiss Federal Research Institute WSL Berne, 2001.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.12 Medidas passivas ou de proteção: Estruturas em betão armado

#### Descrição:

São muros de betão armado construídos *in situ*, cuja fundação é executada por intermédio de valas escavadas no terreno abaixo da superfície de rotura, o que confere uma significativa melhoria à estabilidade do talude. É uma técnica semelhante à utilizada nas cortinas de estacas com a diferença de que o muro é um elemento contínuo e distribui melhor os esforços.

#### Caraterísticas técnicas:

O muro pode atingir profundidades de 40 metros, em função do equipamento de escavação. Deve contar-se com um estrato inferior estável e resistente. Para evitar problemas de estabilidade durante a construção, a escavação deve ser efetuada por painéis entre 3 e 6 metros de comprimento e a largura da vala entre 0,45 e 1 metro.

#### Usos e aplicações:

Para terrenos onde a superfície de rotura está localizada a grandes profundidades e o material é facilmente escavável.

#### Vantagens:

A fundação abaixo da superfície de rotura garante a estabilidade do conjunto e evita o derrubamento do muro pelo impulso do terreno.

#### Inconvenientes:

Em terrenos com estratos muito duros ou rochosos são necessários meios de escavação dispendiosos. A escavação da vala pode gerar instabilidades durante a construção.



Figura VII.2.12 – Estrutura de suporte

#### Recomendações:

Nos casos em que existam substratos inferiores muito duros a construção de uma cortina de estacas é mais recomendada.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 1538:2010+A1:2015 Execution of special geotechnical works; Diaphragm walls.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.13 Medidas passivas ou de proteção: Falsos túneis

#### Descrição:

São estruturas de betão que são construídas em forma de túnel a fim de proteger estradas, ou outro tipo de vias, contra a queda de blocos ou avalanches rochosas.

#### Caraterísticas técnicas:

A estrutura, em betão armado, deve ser dimensionada para resistir à queda de blocos rochosos de acordo com a pré-análise dos desprendimentos. Na parte superior dispõe de uma "almofada de impacto", formada por material granular, com o fim de dissipar a energia de impacto e evitar o ressalto dos blocos rochosos.

A parte interna da estrutura assenta diretamente no talude, no entanto a parte externa pode requerer fundações complexas devido à inclinação do terreno.

#### Usos e aplicações:

Aplicável a condições específicas de localização orográfica e onde sejam previsíveis quedas significativas e frequentes de blocos rochosos.

#### Vantagens:

Oferecem boa proteção das vias, sendo essa proteção muito segura e duradoura.

#### Inconvenientes:

É uma solução de elevado custo. Em taludes muito inclinados, a fundação da parte externa pode ser muito complexa.

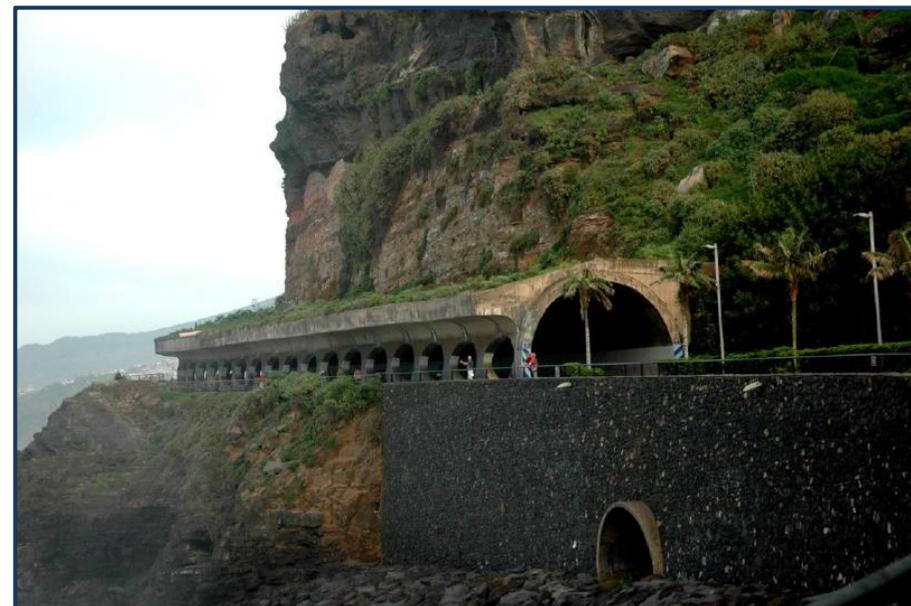


Figura VII.2.13 – Falso túnel.

#### Recomendações:

É necessária uma análise da relação custo-benefício, antes de decidir a sua implementação, tendo em conta outras possíveis soluções.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 13491:2019 Barreiras geossintéticas; Características requeridas para a utilização na construção de túneis e estruturas subterrâneas associadas.

## VII.2. Medidas de controlo e proteção contra a queda de rochas

### VII.2.14 Medidas passivas ou de proteção: Estruturas em consola e galerias dinâmicas

#### Descrição:

São barreiras dinâmicas colocadas horizontalmente como um pórtico de modo a proteger uma via da queda livre de blocos rochosos.

#### Caraterísticas técnicas:

Têm as mesmas características das barreiras dinâmicas verticais embora, mas necessitam de um sistema de proteção de impactos na união articulada entre o poste e a base. Adicionalmente, são sujeitas a uma medida de segurança que consiste num cabo de aço que suporta a extremidade do poste e transmite à base os esforços gerados pelo impacto de blocos rochosos, no caso de falha da união.

#### Usos e aplicações:

São recomendadas em taludes com elevadas inclinações e de difícil implementação de outras medidas.

#### Vantagens:

Fornecem uma cobertura contínua contra a queda de blocos rochosos. Têm menor impacto visual, quando comparadas com estruturas de betão. São de fácil instalação e manutenção e podem ser reforçadas.

#### Inconvenientes:

A sua eficácia depende da energia de impacto para a qual foi dimensionada. Necessita de manutenção e remoção das rochas caídas.



Figura VII.2.14 – Galeria dinâmica.

#### Recomendações:

A altura de implantação da galeria é de elevada importância uma vez que esta deve respeitar a bitola mínima mesmo durante um desprendimento de blocos rochosos.

#### Documentos normativos aplicáveis:

- NP EN 10034:1998: Perfis estruturais I e H de aço de construção; Tolerâncias de forma e dimensões;
- ETAG 027 Guideline for European technical approval of falling rock protection kits, publicado por EOTA (European Organisation for Technical Approvals) em 2012 (emendado em 2013); e
- Guideline for the approval of rockfall protection kits, publicado por SAEFL (Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape) and the Swiss Federal Research Institute WSL Berne, 2001.