

CAPÍTULO 6. Gestão do risco

6.1. Análise de alternativas de sistemas de proteção

A gestão do risco refere-se à análise de soluções alternativas que conduzam à mitigação e controlo da queda de rochas, através da aplicação de critérios técnicos e económicos, e, também, daqueles que tenham impacto social e ambiental. Para isso, devem ser analisadas as diferentes alternativas de medidas de estabilização, proteção e prevenção que, de forma individual ou combinada, conduzam ao objetivo de redução de risco. Na Figura 6.1 apresenta-se um esquema detalhado da metodologia para a gestão do risco de queda de rochas.

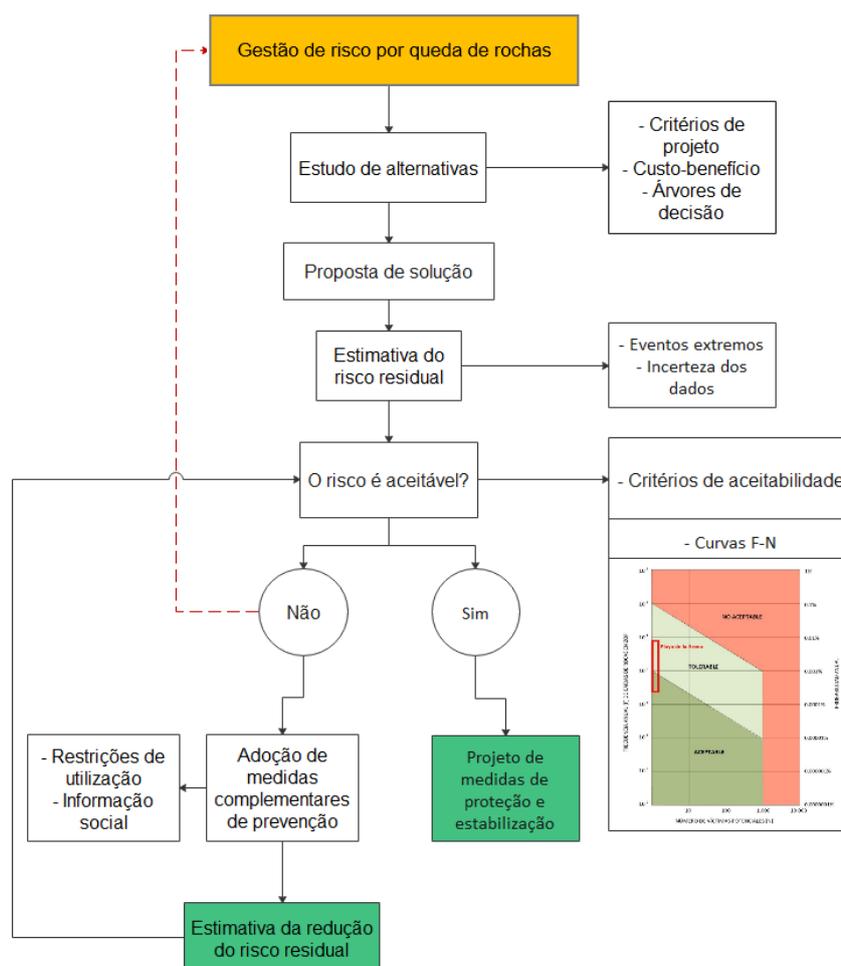


Figura 6.1. Esquema metodológico para a gestão de riscos aplicado à queda de rochas.

Para encontrar a solução mais adequada a cada caso, deve ser realizada uma análise de possíveis alternativas que tenha em conta as condicionantes económicas, técnicas e os aspetos ambientais, de modo a identificar as alternativas para as quais os critérios de aceitabilidade são compatíveis com os de custo-benefício. As análises probabilísticas com recurso a árvores de decisão permitem combinar diferentes fatores sendo úteis para a seleção de alternativas.

6.2. Tipo de medidas

As medidas de estabilização ou controlo das quedas de blocos rochosos podem ser medidas ativas e/ou passivas. O objetivo das medidas ativas é evitar quedas de blocos rochosos através da consolidação por reforço do maciço rochoso. Com as medidas passivas pretende evitar-se que as quedas de blocos rochosos atinjam o objeto a proteger. Nesta secção apresentam-se exemplos de medidas a utilizar para a estabilização de taludes com problemas de instabilidade parcial ou total (Quadro 6.1).

Quadro 6.1. Resumo de diferentes medidas ativas de estabilização de taludes (IGME, 1987).

Medidas de estabilização	
Objetivo	Medidas
Diminuição das forças instabilizadoras	- Reperfilamento - Escavação da cabeceira
Aumento da resistência ao corte do terreno mediante o incremento das tensões normais em zonas apropriadas da superfície de rotura	- Reforço do pé do talude (com aterros ou enrocamentos) - Banquetas intermédias
Aumento da resistência ao corte do terreno reduzindo pressões intersticiais	- Drenagem superficial - Drenagem profunda
Proporcionar uma força contrária ao movimento da massa deslizante	- Ancoragens - Pregagens
Evitar o deslizamento mediante contenção ou suporte	- Muros tipo gravidade - Muros de suporte ancorados
Evitar o deslizamento pela transmissão esforços às camadas estáveis em níveis inferiores	- Cortinas de estacas e microestacas

No Quadro 6.2 apresentam-se medidas para o controlo de quedas de blocos rochosos.

No Anexo VII deste documento apresenta-se uma descrição dos dois tipos de medidas, através de uma série de fichas que indicam, para cada solução, as características técnicas, aplicações, vantagens, desvantagens e recomendações de utilização.

Quadro 6.2. Resumo de medidas para o controlo de queda de blocos rochosos (Modificado de IGME, 1987).

Medidas de proteção de queda de rochas	
Objetivo	Medidas
Eliminação do risco	<ul style="list-style-type: none"> - Saneamento - Escavações - Uso de explosivos
Evitar ou reduzir a erosão e meteorização da superfície do talude, evitando a sua degradação e a queda de fragmentos rochosos.	<ul style="list-style-type: none"> - Redes de encaminhamento - Mantas com sementeiras (biomantas) - Betão projetado - Canalização de águas superficiais na cabeceira e no pé do talude
Evitar a abertura de descontinuidades e posterior rotura do talude.	<ul style="list-style-type: none"> - Ancoragens - Pregagens - Amarração de blocos - Sistema misto de cabos e malhas - Betão projetado
Intercetar a queda de rochas evitando atingir o elemento a proteger	<ul style="list-style-type: none"> - Barreiras dinâmicas (redes de cabos e malhas). - Estruturas de betão armado e falsos túneis - Estruturas em consola (rígidas) - Valas de receção - Aterros de terra armada e blocos de betão pré-fabricado

6.3. Projeto de medidas de proteção contra a queda de rochas

No caso de que, após a análise de alternativas quantificando os custos e benefícios, tanto funcionais como económicos e ambientais, se considere que a solução mais adequada consiste na implementação de medidas passivas, recomenda-se, para a fase

do seu projeto, que sejam seguidas as indicações metodológicas apresentadas no anexo VIII deste documento.

Na Figura 6.2 apresentam-se diferentes sistemas de proteção contra a queda de rochas em função da sua capacidade de absorção de energia de impacto.

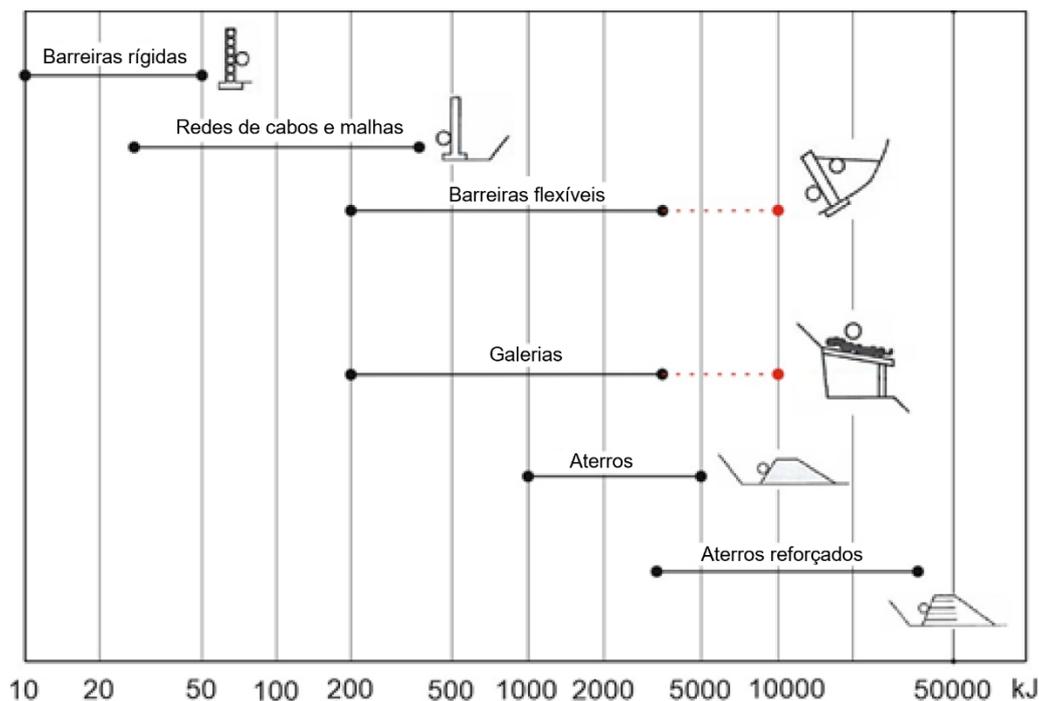


Figura 6.2. Sistemas de proteção contra a queda de rochas em função de sua capacidade de absorção de energia de impacto (Modificado de Vogel et al., 2009).

6.4. Risco residual

O risco residual refere-se ao risco remanescente após a adoção de medidas de controlo. Ainda que nos cálculos se estime que a redução do risco seja de 100%, na prática verifica-se que podem continuar a existir riscos não contemplados, para além das próprias incertezas do sistema.

No risco residual incluem-se os eventos extremos que, ainda que muito pouco prováveis, tenham uma certa possibilidade de ocorrência, assim como as incertezas resultantes das informações e hipóteses utilizadas. Considerar-se-ão os tamanhos de blocos não previstos quer seja pelo seu volume, quer pelas suas possíveis trajetórias, assim como os produzidos em consequência de riscos extraordinários, tais como

terramotos de magnitudes superiores às estabelecidas por regulamentos de ação sísmica, fortes chuvas e tempestades, furacões, erupções vulcânicas etc.. Todos estes eventos são incluídos na categoria de riscos muito pouco frequentes, cuja probabilidade anual é inferior a 1/500. Para o cálculo do risco residual utilizam-se procedimentos probabilísticos.

6.5. Critérios de aceitabilidade do risco

O risco resultante após a adoção das medidas de controlo em conjunto com o risco residual representa o risco total. Para determinar o grau de aceitabilidade é necessário dispor de critérios que regulem os limites entre o aceitável e não aceitável.

Os critérios de aceitabilidade baseiam-se em estudos sobre a relação de perdas económicas e de vidas em função do número de acidentes ou falhas que produziram tais perdas e que foram compilados por vários autores. Estes estudos permitiram estabelecer acordos ou consensos sobre o que é aceitável ou inaceitável. Assim, foi então definida a denominada Zona Tolerável ou ALARP (As Low As Reasonably Practicable), que indica o intervalo de probabilidade para o qual um determinado risco seria tolerável, depois de serem adotadas medidas de controlo, mitigação e prevenção. Se ainda assim o risco é inaceitável, a solução proposta deve ser revista até se atingir uma maior redução do risco, adotando inclusive, medidas preventivas complementares, tais como restrições de utilização ou informação social, até alcançar um nível tolerável.

Os critérios para determinar a aceitabilidade do risco variam em função de vários parâmetros, tais como a utilização que tem a infraestrutura ou instalação que possa vir a ser afetada, os possíveis danos económicos ou vítimas e o tipo de risco (voluntário, involuntário, individual e social).

O denominado risco social (societal risk) refere-se a um perigo que pode afetar ao mesmo tempo e com a mesma origem, numa ou várias zonas, um número significativo de pessoas. Neste caso, o nível de aceitabilidade do risco é menor relativamente ao risco individual, ou seja, é necessário atingir uma probabilidade muito menor para que o risco seja tolerável.

Na Figura 6.3 apresenta-se a relação F-N, amplamente utilizada nas análises de riscos, onde se considera a frequência ou a probabilidade de eventos (F), e o número de

potenciais vítimas (N). A figura corresponde à aplicação de um diagrama F-N a um caso de risco devido à queda de blocos rochosos numa praia.

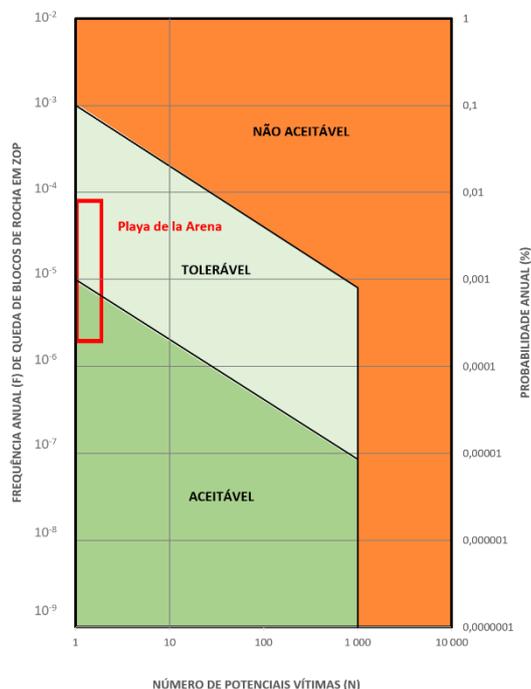


Figura 6.3. Relação F-N aplicada a um caso de desprendimentos numa praia.

De acordo com a Figura 6.3, estabelecem-se três níveis de aceitabilidade aplicáveis quando as consequências do risco possam produzir vítimas:

- **RISCO ACEITÁVEL:** Corresponde a uma probabilidade inferior a 10^{-5} , o equivalente a um risco aceitável pela sociedade sem restrições.
- **RISCO TOLERÁVEL:** Corresponde a uma probabilidade entre 10^{-3} e 10^{-5} , conforme definido pelo critério "ALARP" (acrónimo de "*as low as reasonably practicable*"), o que implica a necessidade de adotar medidas de proteção e prevenção capazes de reduzir o risco até valores razoáveis de acordo com seu custo-benefício.
- **RISCO INACEITÁVEL:** Corresponde a uma probabilidade superior a 10^{-3} , inaceitável em qualquer circunstância.

6.6. Justificação da solução recomendada

A solução adotada deve ser justificada de acordo com o procedimento indicado, estimando o fator de segurança adotado e sua conformidade com os critérios de aceitabilidade.

Nos casos em que não é possível reduzir o risco a valores aceitáveis ou toleráveis, bem como nos casos em que se pretenda maior segurança, podem ser adotadas medidas preventivas alternativas tais como as restrições de utilização, total ou parcial, e/ou a realização de ações de informação social para consciencializar os utilizadores dos riscos a que estão expostos e das medidas de segurança que devem seguir.

Caso tenham sido emitidos alertas metrológicos, as medidas preventivas podem variar desde o encerramento de uma estrada até à total restrição de utilização de uma zona recreativa, ou apenas o seu encerramento noturno, de modo a reduzir o risco.



MACASTAB

