

Movimentos em massa no norte de Portugal. Factores da sua ocorrência

Carlos Bateira*
Laura Soares*

Resumo:

Neste artigo pretende-se definir e caracterizar os factores de ordem natural e antrópica que estão na base da ocorrência de movimentos em massa no Norte de Portugal. A exposição dos vários factores de risco é feita com base em quatro casos previamente estudados.

Palavras chave:

Geomorfologia. Movimentos em massa. Factores de risco. Norte de Portugal.

Résumé:

Dans cet article on vise la définition et caractérisation des facteurs d'ordre naturelle et anthropique responsables par les mouvements de terrain dans le Nord du Portugal. L'exposition des divers facteurs de risque est illustrée avec quatre occurrences déjà étudiés.

Mots clés:

Géomorphologie. Mouvements de terrain. Facteurs de risque. Nord du Portugal.

Abstract:

This article pretends to define and characterise the natural and anthropic factors, which are responsible for mass movements at the North of Portugal. The analysis of risk factors is based on presentation of four study cases.

Key words:

Geomorphology. Mass movements. Risk factors. North of Portugal.

Introdução

A definição de áreas de risco potencial à ocorrência de processos de instabilidade geomorfológica integra-se no âmbito de um projecto que temos vindo a desenvolver nos últimos anos, reunindo o estudo sistemático de vários tipos de movimentos em massa verificados no Norte de Portugal.

Na sequência deste estudo, o presente artigo visa definir e caracterizar os factores de ordem natural e antrópica que estão na base da ocorrência destes processos na área referida, de forma a que possam ser tomadas medidas de prevenção e/ou minimização das suas consequências.

Para concretizar tal objectivo, vamos basear-nos na apresentação de 4 casos previamente analisados, que ilustram de forma bastante concreta a contribuição dos vários factores de risco para o desenvolvimento dos movimentos em massa (Quadro 1).

Os exemplos referidos demonstram o carácter violento que podem atingir processos "pseudo-naturais" (uma vez que muitos são influenciados e mesmo desencadeados pela actividade humana), pondo em risco pessoas e bens.

E talvez fosse possível prevenir e até evitar este tipo de acontecimentos se existisse um planeamento físico eficaz, que, definindo áreas de risco potencial, permitisse uma tomada de decisões coerente e fundamentada.

Assim, embora de uma forma simples, este trabalho pretende igualmente alertar para a importância que o

* Assistente. Instituto de Geografia. Faculdade de Letras. Universidade do Porto.

	Processo	Data e local da ocorrência	Consequências	Factores Determinantes			
				Hydroclimáticos	Geológicos	Geomorfológicos	Antrópicos
Cavez	Fluxo de Detritos	Dezembro de 1981 Arosa (Cab. de Basto)	Morte 15 pessoas Destruição 1 casa Destruição campos agrícolas	Precipitação abundante e prolongada	Manto de alteração sobreposto a granito pouco alterado que funciona como soleira de escorregamento	Forte declive Bacia de recepção na parte superior da vertente	Construção de casa em linha de água. Abertura de caminho. Ruptura canalizações. Tanques de rega ao longo do valeiro
Covelo do Gerês	Fluxo de Detritos Queda de Blocos Ravinamentos Abatimentos	Fevereiro de 1966 Sapateira(Montalegre)	Destruição 8 Casas Destruição campos agrícolas	Precipitação abundante e prolongada	Contacto Litológico Espesso Manto de Alteração Falhas	Forte declive	Presença de casas no alinhamento do curso de água.
Porto	Queda de Blocos Deslizamentos/ Desmoronamentos	Várias Ocorrências (notícias desde séc. XIX) Maior frequência na escarpa dos Guindais	Essencialmente prejuízos materiais (destruição casas e veículos) Ocasionalmente feridos graves e ligeiros Relato de mortes no séc.XIX	Precipitação abundante e prolongada Sismo seguido de precipitação abundante	Afloramentos Rochosos Densa Fracturação Falhas Alteração Granitos	Forte declive Abrupto rochoso	Inexistência de eficaz sistema de canalização esgotos e águas pluviais. Acumulação detritos nas vertentes. Pressão habitações clandestinas. Edifícios abandonados e em ruínas Intensidade tráfego. Aterros
Cavalum	Cheias. Erosão, transporte e sedimentação em canal	Janeiro de 1996 Bacia Hidrográfica do Rio Cavalum	Destruição 4 pontes Destruição de campos agrícolas Destruição caminhos Destruição azenhas Submersão ETAR	Precipitação abundante e prolongada	Pouco significativos	Alternância de vales amplos com planície de inundação e vales estreitos e encaixados Declives fortes em alternância com declives fracos ao longo do perfil longitudinal do canal	Ocupação dos leitos de inundação. Aterros nas margens dos cursos de água. Desvio e canalização das linhas de água. Infraestruturas a jusante de estrangulamentos, rupturas de declive e confluência de linhas de água.

Quadro 1 - Factores de risco no Norte de Portugal, em quatro situações estudadas.

planeamento físico, praticamente inexistente nos planos de ordenamento do território, pode assumir na prevenção e gestão de riscos e impactes.

Antes de focarmos em concreto os factores que podem levar à ocorrência de movimentos em massa, gostaríamos ainda de definir o suporte teórico-metodológico em que assentam os vários estudos elaborados. Começamos precisamente por esclarecer as noções de Impacte, que, derivando da relação Homem/Ambiente, foram estabelecidas em 1990 por M. PANNIZA (fig. 1).

Do ponto de vista geomorfológico, o factor AMBIENTE pode ser subdividido em dois elementos principais: a PERIGOSIDADE, que poderíamos definir como todo o conjunto de processos de instabilidade geomorfológica susceptíveis de ocorrer numa área específica, tais como um deslizamento ou uma inundação; e os RECURSOS inerentes a essa mesma área, nomeadamente, vertentes e cursos de água.

Os elementos ligados ao HOMEM, definem-se pela sua INTERVENÇÃO no meio, considerando todo o conjunto de modificações que introduz no meio natural e a VULNERABILIDADE de populações, infra-estruturas e actividades socio-económicas às agressões do meio.

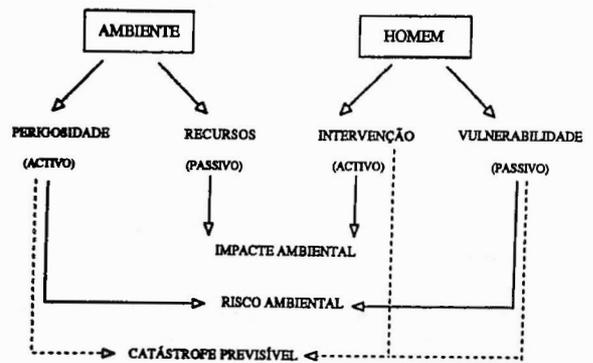


Fig. 1 - Relação Homem/Ambiente (PANNIZA, 1990)

Se estabelecermos agora a relação entre PERIGOSIDADE geomorfológica, em que o meio actua como agente activo, e a VULNERABILIDADE antrópica, que vai funcionar como elemento passivo, obtemos a noção de RISCO AMBIENTAL. Por exemplo, uma avalanche que destrói uma série de habitações e, que à partida, foi motivada por causas exclusivamente naturais. Estaríamos perante um meio de perigosidade geomorfológica evidente ou activa e perante uma série de construções vulneráveis.

Se estabelecermos agora a relação entre os RECURSOS ambientais e a INTERVENÇÃO do Homem, fica definida a noção de IMPACTE AMBIENTAL, em que o homem actua agora como agente activo e o meio como elemento passivo. Por exemplo, a modificação de uma vertente para construção de uma estrada.

No entanto, estas relações não são sempre tão lineares. O absurdo de combinar a INTERVENÇÃO antrópica com a PERIGOSIDADE geomorfológica, resulta inevitavelmente numa catástrofe previsível. Por exemplo, a construção de casas em áreas periodicamente sujeitas a deslizamentos ou avalanches. Conhece-se a perigosidade, mas mesmo assim intervém-se.

Desta exposição, pensamos que resulta clara a importância que os estudos de Geomorfologia poderão ter na avaliação e prevenção dos riscos naturais ou "pseudo-naturais", devendo constituir um elemento importante para o planeamento físico e ordenamento do território.

Para concretizar tal objectivo, PANNIZA (1990) propõe um esquema metodológico para avaliação dos riscos, esquema que temos vindo a seguir nos nossos trabalhos (fig. 2).

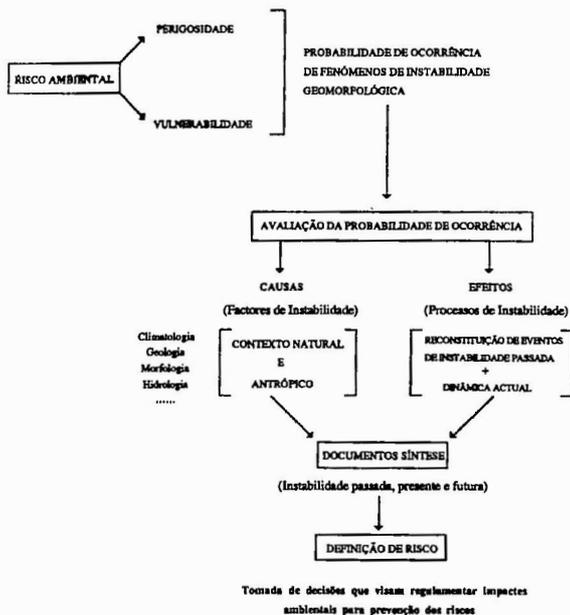


Fig. 2 - Metodologia de avaliação dos riscos (PANNIZA, 1990)

Vimos anteriormente, que o risco ambiental é definido pela PERIGOSIDADE do meio e pela VULNERABILIDADE antrópica. Assim, o nosso objectivo será no fundo tentar determinar a probabilidade de ocorrência de um certo fenómeno de instabilidade geomorfológica (no nosso caso movimentos em massa) em dado território.

Para avaliarmos essa probabilidade, temos necessariamente de fazer o levantamento das causas dessa instabilidade, ou seja, de todo o conjunto de factores de ordem natural e antrópica que a promovem e também dos seus efeitos, ou seja, a forma e processos passados e actuais

Resumindo, só uma análise integrada dos factores naturais e antrópicos a que se associa um estudo de dinâmica geomorfológica, poderá permitir a definição da perigosidade de dada área e a sua vulnerabilidade perante a acção humana.

Desta análise conjugada, será possível a obtenção de documentos síntese, que permitam esclarecer as condições específicas da instabilidade geomorfológica passada, presente e futura. Permitindo a definição de áreas de risco, estes documentos serão um instrumento essencial à tomada de decisões por parte das entidades envolvidas no planeamento e ordenamento do território, visando regulamentar os impactos ambientais de forma a poder existir uma efectiva prevenção dos riscos.

Factores responsáveis pela ocorrência de movimentos em massa no norte de Portugal

Factores de ordem hidroclimática

Apesar dos estudos que temos vindo a desenvolver sobre esta questão terem um pendor fortemente geomorfológico, é óbvio que não podemos esquecer os factores de ordem hidroclimática, para explicar a ocorrência dos movimentos em massa.

Aliás, é impossível ignorar a forte ligação que existe entre a ocorrência destes processos e os episódios chuvosos, que podemos mesmo considerar o "factor de ignição", aquele que vai despertar o conjunto de todos os outros factores de risco.

Com efeito, qualquer que seja o movimento em causa (deslizamento, fluxo de detritos, queda de blocos, etc.), ele ocorre sempre na sequência de períodos de precipitação abundante.

E podemos ilustrar esta afirmação com alguns dos exemplos definidos no quadro 1.

– O fluxo de detritos de Cavez, verificou-se no dia 27 de Dezembro de 1981 (C. BATEIRA e L. SOARES, 1992; A. PEDROSA e B.S. MARQUES, 1994). Consultando os valores de precipitação relativos a este mês, verificamos que foi atingido um total de 527,5mm, valor pouco habitual nesta área, que equivale a um tempo de retorno de 15 anos e uma probabilidade de ocorrência, segundo análise da distribuição lognormal, de 6%.

Recorrendo agora aos dados de precipitação diária, assinalam-se valores importantes a partir do dia 13,

que se mantêm, com algumas flutuações, até final do mês (fig. 3).

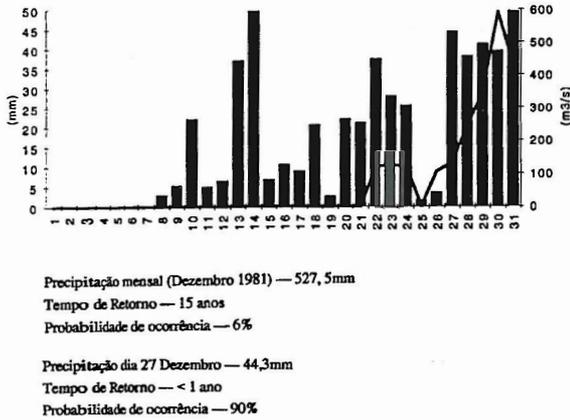


Fig. 3 - Precipitações e caudais na ribeira de Cavez, Dezembro de 1981

— No caso de Covelo do Gerês (A. PEDROSA, C. BATEIRA e L. SOARES, 1995) o panorama é semelhante, embora com valores mais elevados. O mês de Fevereiro de 1966 registou uma precipitação total de 856,6mm, contrapondo-se a valores médios mensais de 294,8mm. De igual modo, a partir do dia 8 assinalam-se precipitações diárias significativas, chegando a ultrapassar os 95mm (fig. 4).

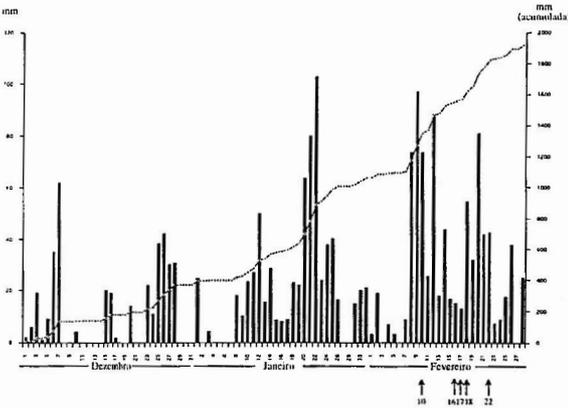


Fig. 4 - Precipitação diária e acumulada em Paradelo do Rio (Covelo), Dezembro de 1965 e Janeiro-Fevereiro de 1966. As setas indicam os dias de ocorrência dos movimentos em massa.

— No caso de Cavalum, embora não nos seja possível, para já, apresentar dados concretos, parecem-nos importante assinalar que os factos observados surgiram precisamente na sequência imediata de precipitações muito intensas e localizadas.

Por outro lado, é fundamental referir que, apesar da dependência que existe entre a intensidade de precipitação e a ocorrência dos movimentos, alguns

elementos levam-nos a pensar que mais importante do que a intensidade é o prolongamento, no tempo, dos episódios chuvosos. Ou seja, os valores de precipitação diária ou mensal analisados isoladamente, não nos dão indicações significativas sobre a sua importância no desencadear dos movimentos de massa: é mais importante uma chuva persistente ao longo de vários dias. E pode mesmo verificar-se um desfaseamento temporal entre o máximo de precipitação e o momento em que ocorreu o movimento. E tal está concertado associado às condições de infiltração, circulação e capacidade de armazenamento de água no solo.

No dia em que ocorreu o fluxo de detritos de Cavez, registaram-se 44,33 mm de chuva, valor que apresenta um tempo de retorno inferior a um ano, sendo de 90% a probabilidade de ocorrerem precipitações superiores. Aliás, embora pouco significativo, é de referir que no momento em que ocorreu o fluxo não chovia.

Por outro lado e como já salientamos, a partir do dia 8 de Dezembro iniciou-se uma sequência chuvosa que se manteve até final do mês, definindo-se quantitativos importantes nos dias 13, 14, 22, 23 e 24. No período compreendido entre os dias 15 e 21, a intensidade de precipitação sofreu oscilações importantes, diminuindo até aos 2,5mm; nos dois dias anteriores ao movimento seguiu esquema semelhante, com valores, respectivamente, de 1,5 e 3,5mm. Só a partir do dia 27 se retomam quantitativos superiores a 40mm.

Porque motivo o movimento não se processou antes do dia 27, se, por exemplo, no dia 14 foi observado o valor máximo de precipitação? Porquê este desfaseamento?

Pensamos que tal está associado precisamente à capacidade de infiltração, circulação e armazenamento de água no solo. Na altura, não nos foi possível fazer uma avaliação quantitativa destas variáveis através de métodos directos. Recorremos, por isso, ao cálculo do balanço hídrico diário e mensal e ao estudo dos caudais da Rib^a de Cavez, o que nos permitiu ter uma ideia sobre o período em que se esgotou a capacidade de infiltração e armazenamento da água no solo passando a alimentar directamente o escoamento superficial, o que se traduziria pelo aumento do caudal da referida ribeira (C. BATEIRA, L. SOARES, 1992).

Pelo cálculo do balanço hídrico, já no dia 13 estaria esgotada a capacidade de armazenamento de água no solo. Com efeito, é nesta data que se regista um superavit hídrico que atinge, no dia 27, os 43,74mm. Poderíamos pois pensar que já nesta altura estariam reunidas as condições para o desencadear do fluxo. Mas, como é óbvio, este não é o único factor que contribuiu para o movimento. E, por outro lado, o arranjo da vertente em socacos favorece a infiltração, retardando os escoamentos superficiais.

Considerando que após o dia 13 choveu ininterruptamente, é provável que a saturação efectiva dos solos só se tenha verificado numa data muito próxima do dia 27. Até essa altura, teríamos um eficaz processo de infiltração ajudado pelo próprio arranjo da vertente e pela textura grosseira do solo, contribuindo igualmente para o domínio do fluxo interno sobre o escoamento superficial.

Será que a análise dos caudais nos pode ajudar na comprovação desta hipótese?

Se analisarmos o gráfico que relaciona a precipitação do mês de Dezembro com os caudais registados neste mesmo período na Rib^a de Cavez, talvez seja possível fazer algumas observações importantes e confirmativas (cf. fig. 3).

Note-se que até ao dia 27 de Dezembro, não há uma relação directa entre os valores de precipitação e os caudais. Embora estes registem uma subida progressiva apenas com ligeiras oscilações, só a partir do dia 27, e principalmente 28, é que estes disparam, quase duplicando de dia para dia.

Poderíamos pois dizer que, até à data referida, dominou a infiltração e circulação de água no solo, prevalecendo o fluxo interno na alimentação da Rib^a de Cavez. Por isso, os seus caudais aumentam gradualmente. A partir do dia 27, a relação entre precipitação e caudais traduz-se por picos semelhantes, o que traduz uma generalização do escoamento superficial, por se ter esgotado a capacidade de infiltração, armazenamento e circulação de água no interior do solo.

Foi assim necessária uma sucessão de 20 dias de chuva para proporcionar a saturação dos solos e generalização do escoamento superficial, que favoreceu a ruptura dos materiais.

No caso de Covelo do Gerês e abreviando, podemos também verificar que os dias em que ocorreram as principais movimentações (16, 17 e 18 de Fevereiro) registaram valores de precipitação inferiores aos que ocorreram anteriormente, denunciando o desfasamento inicialmente focado (cf. fig. 4). Desde meados de Janeiro e até final de Fevereiro, há uma sequência de chuvas abundantes e sobretudo persistentes, reafirmando a importância da duração sobre a intensidade dos períodos chuvosos no desencadear dos movimentos de massa.

Note-se que o início das movimentações (dia 10 de Fevereiro) coincide praticamente com o ponto em que o valor da precipitação diária acumulada atinge um valor próximo dos 1200 mm. É provável que tal corresponda ao momento em que se verificou um esgotamento da capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo, que, excedendo um dado limiar, provocou a ruptura dos materiais.

Mas, como já referimos, esta “ruptura” foi totalmente diferente da de Cavez processando-se por

etapas, talvez devido às características morfológicas e litológicas da área.

No dia 10, como vimos atrás, deu-se a primeira movimentação, colocando de sobreaviso os habitantes. Verificou-se próximo das casas, a jusante da estrada que ligava Paradela a Covelo, mas foi de pequena dimensão. Só no dia 16 se torna a verificar nova movimentação, a mais importante de todas, responsável pela destruição de 8 casas e pela derrocada da estrada referida. Seguem-se nos dias 17 e 18 novas ocorrências, mais pequenas, até que no dia 22 é registada a última movimentação.

Destes elementos, é importante notar o seguinte:

- o movimento deu-se de jusante para montante, por um processo similar a uma erosão regressiva;
- o primeiro movimento, que surge após prolongada sequência chuvosa, veio pôr em causa a estabilidade da vertente ao “retirar-lhe” o seu suporte basal;
- entre este e o segundo movimento, decorreram 5 dias de aparente estabilidade em que a chuva persistiu, embora com menor intensidade;
- o movimento do dia 22 verificou-se após 3 dias de chuvas importantes.

Parece-nos que uma vez abalada a estabilidade das vertentes, é possível que os processos geomorfológicos se possam desenvolver com maior facilidade, desde que se verifique persistência das precipitações. Ou seja, atingido um novo ponto de equilíbrio, só a repetição de precipitações abundantes permite o desencadear de novo movimento.

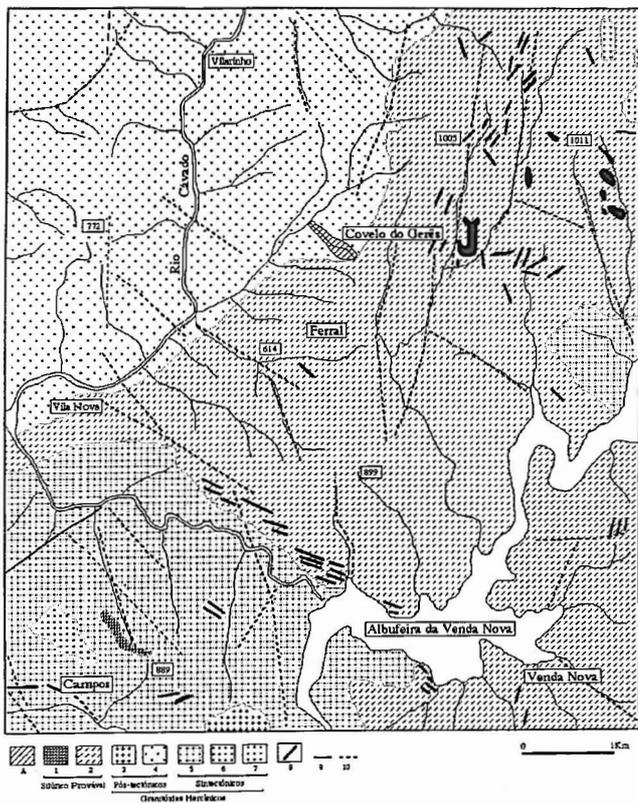
Neste caso, pensamos que o espesso manto de alteração, capaz de armazenar grandes quantidades de água, foi o factor que permitiu retardar o movimento. Ou seja, a continuação do movimento também depende da morfologia e condicionamentos ligados a questões litológicas.

Factores de ordem geológica

Os aspectos estruturais, quer no âmbito da litologia, quer da tectónica, exercem uma influência importante no desenvolvimento dos movimentos em massa. Por vezes, podem mesmo assumir um papel de destaque, condicionando o tipo de movimento, as suas dimensões e a evolução futura da área afectada.

Neste contexto, o caso de Covelo do Gerês é o que melhor traduz os condicionamentos de ordem geológica, evidenciando uma conjugação extremamente eficaz de factores de risco neste domínio.

Em primeiro lugar, verifica-se que o ponto de ruptura dos materiais coincide precisamente com a área de contacto entre duas rochas distintas (fig. 5). Com efeito, a cicatriz do fluxo marca a transição entre os xistos pelíticos do Silúrico e o granito do Gerês, caracterizado pela sua textura porfiróide,



Fonte: Folha 6-A da Carta Geológica de Portugal.

Fig. 5 - Esboço geológico do Covelo do Gerês. A - Área afectada; 1 - Xistos pelíticos com abundantes níveis de xistos quartzíticos; 2 - Xistos pelíticos com raros níveis de xistos quartzíticos; 3 - Garnito de Penedos; 4 - Granito do Gerês; 5 - Granito de Montalegre, Pondras e Borralha; 6 - Granitóides de Sezelhe, Campos e Borralha; 7 - Granito de Telhado; 8 - Aplitos e/ou Pegmatitos; 9 - Falha; 10 - Fracturas.

grão médio a grosseiro e biotite dominante, evidenciando uma forte alteração.

Como referimos anteriormente, as diferentes movimentações verificaram-se de jusante para montante aproveitando a fragilidade dos materiais, interrompendo-se quando são atingidos os metassedimentos, de cariz mais resistente. A partir de então, o processo sofre transformações, sendo substituído por uma posterior queda de blocos, que permanece activa até à actualidade (fot. 1). Neste caso, poderíamos pensar que o contacto geológico funcionou de três formas distintas:

- como barreira à progressão do movimento; processou-se facilmente enquanto encontrou material desagregado proveniente da alteração do granito;
- como área de descontinuidade, facilitando a ruptura dos materiais;
- por outro lado, como que define o ponto a partir do qual há uma transformação no tipo de movimento em massa. O afloramento dos metassedimentos mais resistentes, apesar de extremamente fracturados, vai

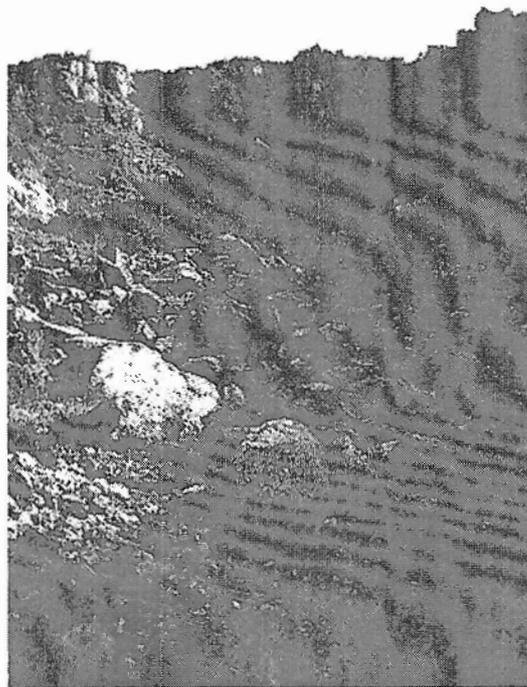
implicar que sobre o vazio criado pela movimentação da massa do granito alterado, se vá assistindo à queda de blocos provenientes da cornija exposta.

E neste ponto, é importante assinalar um outro aspecto estrutural condicionador: a presença de abruptos rochosos. Sem dúvida que constituem um factor de risco e, exemplificando, podemos analisar o que se passa na cidade do Porto.

Os movimentos mais frequentes nesta área são as quedas de blocos (F. REBELO, 1991 e 1994). Se observarmos o mapa de localização destes processos (fig. 6), desde logo constatamos que estão praticamente limitados à área ribeirinha com principal incidência nos Guindais e a alguns sectores no interior da cidade onde permanecem escarpas rochosas.

No entanto, ultimamente algumas destas áreas de risco têm vindo a ser intervencionadas. Poderíamos citar como exemplos: a escarpa da Avenida da Ponte (fot. 2); parte da escarpa dos Guindais (fot. 3) e a escarpa do Palácio na rua da Restauração (fot. 4).

Pena é que só se tenha tomado consciência desta necessidade após terem ocorrido algumas movimentações que, felizmente, apenas têm provocado, nos últimos anos, prejuízos materiais (fot. 5). Mas é importante não esquecer que estas áreas, com destaque para a escarpa dos Guindais, continuam a manter características de perigosidade. Daí a importância dos estudos de reconstituição histórica dos eventos, para a definição de áreas de risco.



Fot. 1 - Cicatriz principal do fluxo de detritos do Covelo do Gerês.

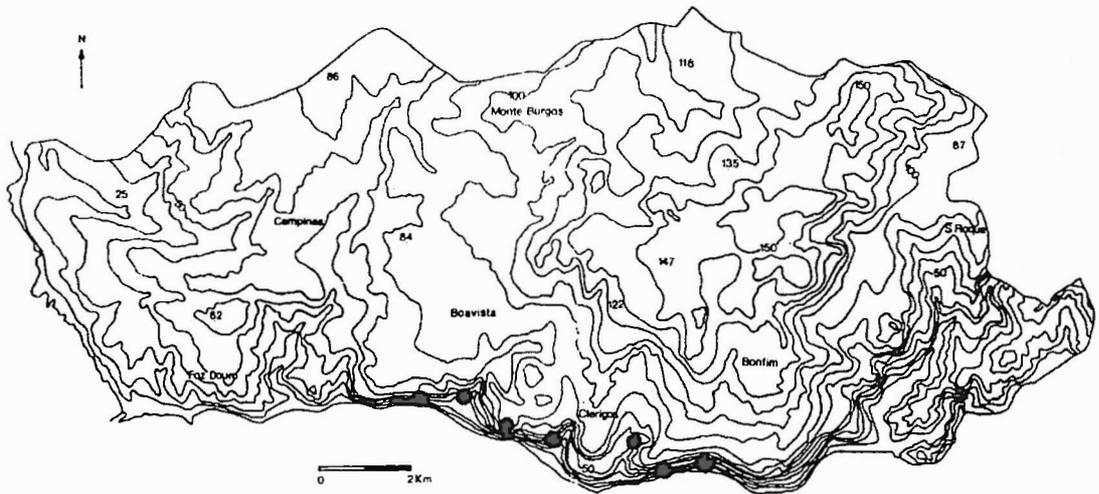


Fig. 6 - Localização dos principais sectores de risco de queda de blocos na cidade do Porto.



Fot. 2 - Escarpa da Avenida da Ponte.

Por outro lado, as intervenções que têm vindo a ser promovidas, parecem mais uma solução de remedeio a curto ou médio prazo. E, além disso, podem desencadear novas situações de perigo. Basicamente o que tem sido feito é remover blocos rochosos que se encontram mais instáveis, cimentando-se depois

todo o conjunto de fissuras do afloramento (cf. fot. 2). No entanto, será que esta é uma boa medida? Por onde se processará a drenagem das águas pluviais que se vão infiltrando nos maciços rochosos? Preenchendo-se as discontinuidades que funcionavam como canais de escoamento natural, até quando vão resistir os afloramentos à pressão da água que se vai acumulando? Não poderá este tipo de intervenção provocar uma tragédia de grandes proporções?



Fot. 3 - Escarpa dos Guindais. Remoção das Barracas.



Fot. 4 - Escarpa do Palácio na rua da Restauração. Obra de protecção.



Fot. 5 - Escarpa dos Guindais. Movimentações recentes.

Aproveitando o ponto anterior, outro aspecto de ordem estrutural extremamente importante, é a rede de falhas e fracturas que afectam as áreas onde ocorrem os movimentos em massa.

No caso da queda de blocos, é óbvio que se a presença de abruptos rochosos é condição necessária ao seu desenvolvimento, o grau de fracturação que evidenciam os materiais é fundamental para que se verifique a ruptura. No Porto, este aspecto é evidente. As próprias intervenções, mal ou bem feitas, assim o demonstram. Nos sectores analisados é bem evidente a densa rede de fracturas que afecta os maciços, rede essa que vai aumentando em número e dimensões à medida que progride a alteração da rocha, facilitada pela infiltração de água ao longo das descontinuidades originais do afloramento.

Mas em Covelo do Gerês, este aspecto estrutural actuou ainda de forma mais clara. Toda a área se encontra afectada por um entrecruzamento de falhas e fracturas, reais e prováveis, extremamente importante (fig. 7). Inclusive, segundo o Prof. Cotelto Neiva (que efectuou um estudo do processo pouco tempo após a sua ocorrência), um dos factores que contribuiu para o movimento foi a existência de

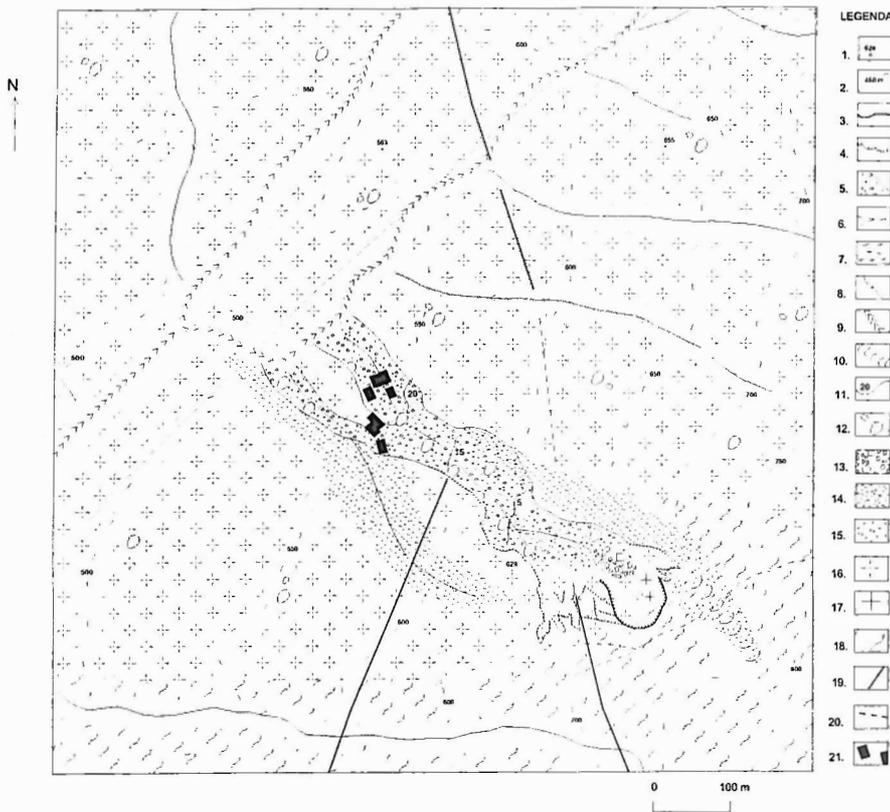


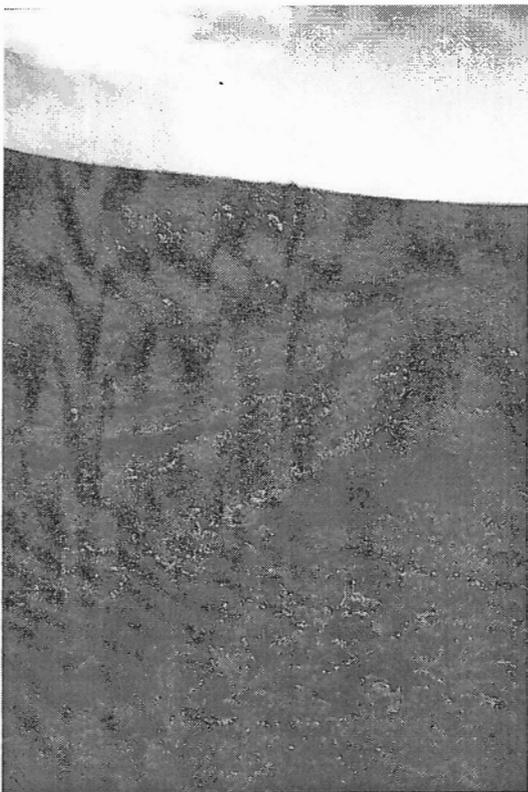
Fig. 7 - Esboço geomorfológico do fluxo de detritos do Covelo do Gerês. 1 - Ponto cotado; 2 - Curva de nível; 3 - Cicatriz do fluxo de detritos com mais de 50 m; 4 - Idem, com mais de 20 m; 5 - Limite da área de acumulação; 6 - Fendas profundas; 7 - Área com fendas superficiais; 8 - Ravina; 9 - Vale em forma de V; 10 - Vale em forma de berço; 11 - Rebordo de acumulação com altura de 20 metros; 12 - Bolas graníticas; 13 - Escombreira de gravidade; 14 - Detritos movimentados pelo fluxo; 15 - Depósito de vertente argiloso; 16 - Granito do Gerês, muito alterado; 17 - Granito do Gerês; 18 - Metassedimentos; 19 - Falha; 20 - Falha provável; 21 - Casas.

várias falhas, uma das quais coincidiria com a cicatriz, definindo o contacto entre os dois tipos de materiais.

Embora na Carta Geológica não esteja registada esta observação, o trabalho de campo permitiu-nos identificar a presença de pelo menos uma rede de fracturação importante, que afecta paralelamente e na perpendicular a área abrangida pelo movimento, bem como toda a envolvente. Esta rede parece inclusivamente estar na origem do desenvolvimento de uma série de fendas que afectam o terreno, algumas superficiais mas outras de profundidade apreciável. Coincidindo com áreas de fracturação, estas fendas parecem resultar da separação lateral dos materiais rochosos frequentemente seguida pelo seu abatimento, fazendo com que em toda a vertente sejam visíveis vários patamares que muitas vezes lembram socacos agrícolas abandonados (fot. 6).

Mas além da influência directa que a rede de falhas e fracturas parece exercer, ela contribui igualmente para facilitar a alteração das rochas, ao permitir que a infiltração da água se faça de uma forma mais eficaz e atinja níveis progressivamente mais profundos.

E entramos no último aspecto estrutural que nos parece imprescindível analisar: a influência que a presença de mantos de alteração exerce no desenvolvimento dos movimentos de massa.



Fot. 6 - Fendas de separação dos materiais em Covelo do Gerês.

No caso específico de Covelo do Gerês, esta influência parece-nos evidente. Em primeiro lugar, a existência de uma massa de material desagregado e francamente arenoso facilitou todo um conjunto de processos erosivos, como reflecte o grande número de ravinas que se encontram em toda a área.

Por outro lado, sabemos que os mantos de alteração são capazes de absorver grandes quantitativos de água, permitindo inclusivamente que a alteração vá progredindo de forma cada vez mais intensa e profunda.

No Covelo do Gerês os perfis analisados são extremamente espessos e, sem dúvida, facilitaram o desenvolvimento do fluxo de detritos. A influência que exercem processa-se a vários níveis:

- a sua espessura e características friáveis são em parte responsáveis pelas dimensões que o fluxo assumiu. Já vimos que ele progrediu até encontrar a barreira de rochas resistentes, constituída quer pelos metassedimentos do topo da cicatriz, quer por afloramentos de granito relativamente são que travaram a sua expansão lateral;

- estas características (espessura e textura) favoreceram igualmente a eficaz infiltração da água até que se atingiu um ponto de saturação, a partir do qual o terreno começou a ceder sob o peso da pressão que esta exerce;

- de qualquer forma, o facto de existir um manto de alteração espesso, permitiu provavelmente o retardar do movimento e o seu desenvolvimento por etapas, ao longo de vários dias. Neste contexto, actuou como um factor benéfico, uma vez que deu tempo para a tomada de medidas de precaução, evitando, pelo menos, a perda de vidas humanas;

- por outro lado, ultrapassado o limiar que define a capacidade de absorção e armazenamento de água, este material transformou-se numa massa liquefeita, que, funcionando como uma matriz, foi envolvendo todo o tipo de detritos que encontrou no seu percurso, demonstrando uma intensa capacidade e competência de transporte ao arrastar blocos de granito com diâmetro próximo dos 4 metros.

No caso de Cavez, temos um panorama distinto. Embora existam mantos de alteração com espessura visível de cerca de 4 metros na base da vertente afectada pelo fluxo e para jusante, onde é possível detectar movimentos recentes, na área específica em que se desenvolveu o movimento a alteração é pouco profunda, servindo apenas de base a um solo agrícola já de si pouco espesso.

Neste caso, o factor de ordem estrutural mais importante para o desenvolvimento do fluxo, foi a existência de uma soleira de granito bem conservado a pouca profundidade, que funcionou como um plano de deslizamento eficaz. Sobre este plano mais "impermeável", o material sobrejacente sofreu uma rápida saturação esgotando-se qualquer capacidade

de infiltração e armazenamento de água, transformando-se numa massa fluida que ao aproveitar a "soleira" de rocha sã atingiu grande velocidade, capacidade e competência de transporte.

Antes de passar ao ponto seguinte, queremos apenas chamar a atenção, tendo em conta os casos apresentados, para o facto da influência exercida pelos mantos de alteração sobre os movimentos de massa não ser linear, dependendo muito das suas características.

Factores de ordem geomorfológica

O declive é o factor morfológico determinante na evolução de vertentes e constitui um dos critérios que nos poderá fornecer elementos para a definição das áreas de risco potencial. No que se refere aos fluxos de detritos e aos movimentos em massa em geral, parece evidente que os declives necessários para o desencadear deste tipo de processos são, de uma forma geral, elevados, rondando os 30° a 34°. Com efeito, tanto no fluxo de detritos de Cavez como no de Covelo, o declive das vertentes, onde se desenvolveram as cicatrizes, ronda os 33°. Em áreas de montanha, considerando as características estruturais já descritas, e em especial a textura grosseira dos mantos de alteração, podemos considerar que os declives necessários ao desenvolvimento de movimentos em massa, com características predominantemente naturais, são bastante elevados. Pelo contrário, em áreas de estrutura sedimentar onde dominam a argila e/ou os complexos silto-argilosos, os declives necessários ao desenvolvimento deste tipo de processos são menores, e, por vezes, ocorrem a declives próximos dos 15° (C. BATEIRA, 1991).

Se considerarmos que no Norte de Portugal as áreas ocupadas por granitóides é muito extensa, teremos de concluir que a influência dos mantos de alteração no desenvolvimento dos processos geomorfológicos de evolução de vertentes abrange largos sectores do maciço antigo.

Assim, as condições de infiltração que são propiciadas pelos mantos de alteração resultantes da degradação química dos diversos granitóides são muito favoráveis à circulação das águas no interior dos materiais das vertentes, o que retarda o efeito de saturação e, portanto, não facilita a instabilidade das vertentes. Por estes motivos, os declives necessários para o desenvolvimento de movimentos em massa são elevados. Esta é a razão principal que justifica o facto da existência de movimentos em massa com características quase exclusivamente naturais se limitar às áreas de montanha, onde a actividade humana é pouco importante. No entanto, basta uma intervenção um pouco mais profunda para que a ocorrência dos

processos geomorfológicos em causa se desencadeie a declives mais baixos. Nesse sentido, torna-se imperioso o estudo dos diversos tipos de intervenções antrópicas capazes de reduzir consideravelmente os declives a que se desenvolvem os movimentos em massa. Dessa forma, poderemos definir áreas de risco em sectores que não tenham as características morfológicas de montanha. É o caso dos vales médios do NW de Portugal, cuja ocupação urbana está em franca expansão.

Juntamente com o declive, a forma da vertente exerce um papel determinante na criação de condições favoráveis ao desenvolvimento de processos de evolução de vertentes. As rupturas de declive, sobretudo se promovem o aumento do declive para jusante, constituem factor de agravamento das condições de ocorrência dos movimentos. Havendo sectores da vertente com declives menores na parte superior, é provável que os processos de infiltração sejam mais importantes do que em vertentes rectilíneas, onde o escoamento superficial poderá ocorrer com mais facilidade. Quando a rede hidrográfica apresenta várias fases de encaixe, a forma da vertente reflecte essa evolução, o que contribui para a existência de declives mais fortes nos sectores inferiores das vertentes. A montante destes sectores a infiltração é um processo importante para o escoamento da água das chuvas. Isso contribui para a saturação dos mantos de alteração das áreas mais declivosas das vertentes, conduzindo à instabilidade e ao desenvolvimento dos processos geomorfológicos de evolução de vertentes por movimentos em massa.

A morfologia da vertente poderá influir de forma decisiva no escoamento e, com isso, constituir-se como factor decisivo na sua evolução. As rupturas de declive são, portanto, sectores importantes na vigilância de áreas críticas na prevenção e previsão de movimentos em massa.

Os encaixes da rede de drenagem são outro elemento morfológico determinante no agravamento das condições de ocorrência dos movimentos em massa. Neste contexto, as ravinas parecem adquirir importância especial. Com efeito, constituindo encaixes pouco profundos, não provocam um recuo considerável na vertente, e o perfil longitudinal permanece com forte declive, muito semelhante ao da vertente. Nestes sectores que constituem áreas de convergência do escoamento superficial e subsuperficial, a saturação é fácil. Com efeito, é possível observar esta situação em várias linhas de água ao longo das vertentes onde ocorreram os fluxos de detritos de Cavez e Covelo do Gerês. Acresce que, muito frequentemente, estes encaixes se encontram colmatados por depósitos de vertente com matriz argilosa abundante, que envolve por completo blocos cujas dimensões variam entre algumas dezenas de centímetros e vários metros.

Ao atingir-se o ponto de saturação das argilas pelo escoamento interno, a pressão dos blocos de rocha compacta sobre as argilas acelera o movimento dos materiais. Este contexto geomorfológico, muito frequente em todo o Norte sempre que há afloramentos de granitóides, apresenta-se como sector de risco muito forte, sobretudo quando a actividade humana ocupa as áreas imediatamente a jusante.

Resumindo, a probabilidade de ocorrência de movimentos em massa é grande em vertentes de forte declive constituídas em mantos de alteração de granitóides, mas torna-se acrescida quando, no topo das vertentes, existem bacias de recepção que canalizam a drenagem para as ravinas (fig. 8). De forma geral, essas bacias de recepção ocupam largas áreas dos interflúvios e constituem receptáculos para uma grande quantidade de precipitação, canalizando-a para a ravina, numa única linha de água, o que permite a saturação fácil dos depósitos argilosos anteriormente referidos. É o domínio dos processos de infiltração, a montante das ravinas, que conduz à saturação desses depósitos de vertentes e/ou mantos de alteração, e, com isso, cria condições para o desenvolvimento de processos geomorfológicos tal como os fluxos de detritos.

Nas áreas graníticas do Norte de Portugal, os vales apresentam uma configuração que se caracteriza por uma alternância de vales amplos de fundo plano e vales estreitos com aspecto de garganta. Esta configuração resulta dos diferentes graus de alteração que afectam este tipo de rochas, o que se traduz por uma maior facilidade de erosão de determinadas áreas relativamente a outras (B. FERREIRA, 1978; L. SOARES, 1992). Os alargamentos e estrangulamentos observados nos vales, correspondem a declives diversos no perfil longitudinal dos canais de escoamento. Nos sectores de alargamento o perfil longitudinal dos canais de escoamento apresenta um declive muito fraco, ao contrário das áreas de vale estreito onde o declive é maior, apresentando, com frequência, pequenas quedas de água.

Esta morfologia fluvial vai influenciar de forma diversa a dinâmica fluvial. Nas áreas de declives mais fortes o fluxo das águas torna-se turbulento, adquirindo uma maior energia. Essa energia vai promover o desgaste das margens e fundo dos canais. Aquando de situações meteorológicas extremas, a dinâmica fluvial exerce uma grande pressão sobre todas as estruturas construídas (moinhos, pontes,...), que se encontram quer nos estrangulamentos dos

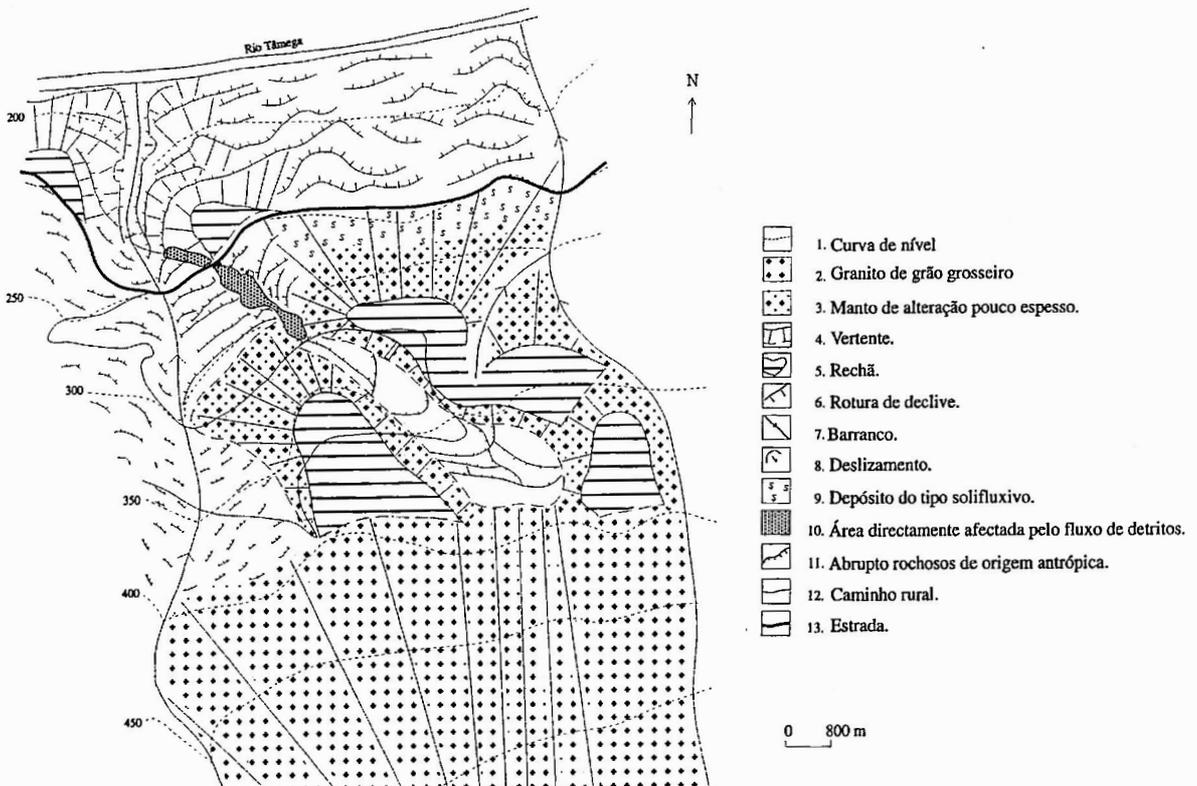


Fig. 8 - Esboço geomorfológico da vertente sul do rio Tâmega, em Arosa (Cavez). O sombreado representa a área directamente afectada pelo fluxo de detritos.

canais de escoamento, quer nas áreas de vale amplo imediatamente a jusante dos referidos estrangulamentos. Esses sectores são afectados drasticamente, sendo frequente encontrarem-se, no norte de Portugal, os efeitos dessa dinâmica. Os temporais ocorridos na bacia hidrográfica do rio Cavalum (Penafiel), são o exemplo da influência da morfologia fluvial no tipo de dinâmica do escoamento em canal (fig. 9). Os processos de erosão fluvial, em situações excepcionais, tornam-se extremamente activos e promovem a destruição das várias estruturas e investimentos feitos nas margens ou planícies de inundação.

A alternância de vales amplos e vales estreitos permite que se desenvolvam, respectivamente, sectores de amortecimento e sectores de acréscimo da dinâmica fluvial. Assim, imediatamente a jusante das áreas de vale encaixado, desenvolvem-se processos de deposição e de perda de energia, o que permite minimizar, parcialmente, a acção destrutiva promovida pelo escoamento em canal. Quando se promove a ocupação da planície de inundação das áreas de vale amplo, diminuem-se drasticamente as áreas de amortecimento

da dinâmica fluvial, onde se faz deposição de grandes quantidades de sedimentos, não permitindo a diminuição da velocidade de escoamento, o que mantém e/ou agrava a capacidade erosiva dos canais fluviais nos sectores imediatamente a jusante.

Esta morfologia dos vales vai influir directamente no tipo de dinâmica fluvial, condiciona os processos geomorfológicos e revela-se essencial no estudo deste tipo de casos para a definição dos factores de risco geomorfológico.

Factores de ordem antrópica

No contexto dos factores de ordem antrópica, parece-nos importante, de acordo com o próprio esquema representado na fig. 1, esclarecer alguns dos aspectos ligados à dinâmica do meio físico.

A ocorrência de processos geomorfológicos que envolvem riscos para as actividades humanas, não é mais do que a consequência dos processos naturais de evolução do relevo. A evolução do meio físico

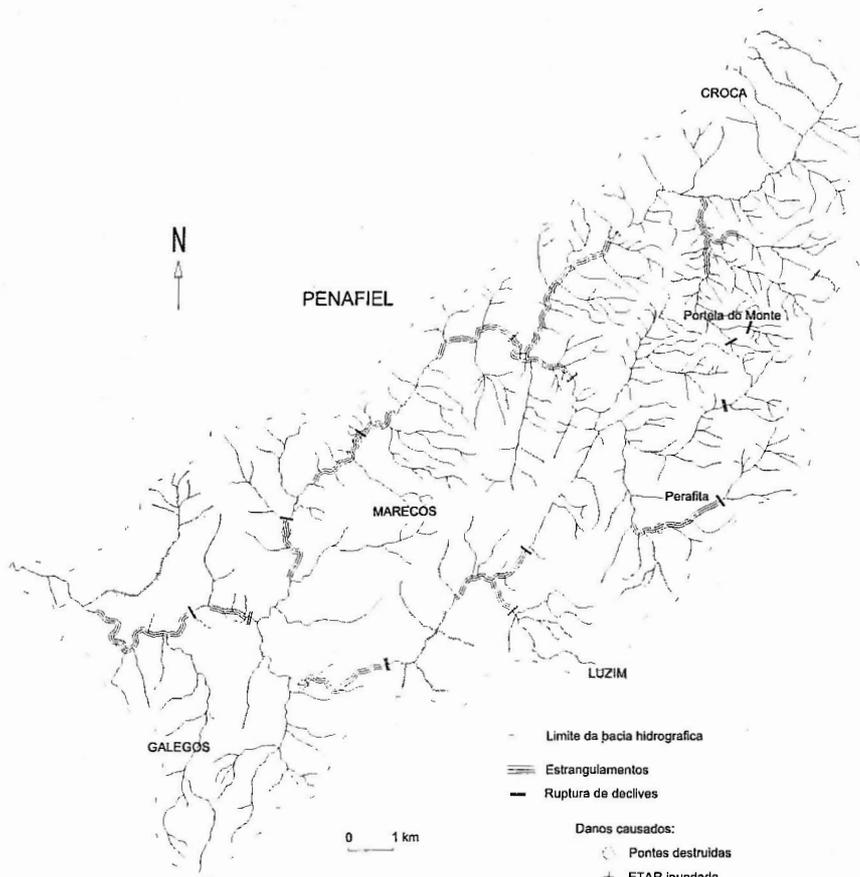


Fig. 9 - Bacia hidrográfica do rio Cavalum.

tem uma dinâmica que não é uniforme no que diz respeito à violência dos processos geomorfológicos. Esta dinâmica apresenta fases em que a energia despendida para a erosão, transporte e sedimentação de materiais é muito fraca. Noutras fases, a energia disponível é de tal ordem elevada que permite a erosão, transporte e sedimentação de grandes quantidades de materiais e de dimensões muito variadas.

Estas fases, que costumamos designar de situações extremas, não têm a mesma frequência que a dinâmica natural em que a energia despendida é menor. Por vezes, a periodicidade de ocorrência é extremamente elevada e as áreas ocupadas pelo desencadear destes processos não apresentam instabilidade por períodos de tempo extensos. As ravinas são exemplo deste tipo de evolução. Quando a quantidade de precipitação escoada pelo sistema não atinge os limites de saturação dos materiais que o constituem, dominam o escoamento interno e superficial. Nesse caso, os materiais transportados são de pequena dimensão e em quantidade reduzida. O fluxo faz-se internamente para a linha de água, onde se transforma em escoamento superficial. Desta forma o canal é o local privilegiado para a dinâmica do meio físico que não afecta drasticamente as actividades humanas.

No entanto, quando a capacidade de absorção é reduzida e a saturação dos materiais é grande, desencadeiam-se movimentos em massa que vão afectar áreas que não tinham sido utilizadas pelo escoamento e estão ocupadas pela acção humana. Assim, essa ocupação apresenta uma grande vulnerabilidade.

Por outro lado, nem sempre a presença do homem adquire uma postura passiva. Em geral, essa presença tem duas faces distintas: por um lado, uma presença que se limita a ocupar o espaço sem uma forte intervenção, por outro uma presença que significa uma intervenção forte que altera as condições naturais de ocorrência dos processos geomorfológicos de evolução do relevo. Nesta última situação, as condições naturais de ocorrência dos processos geomorfológicos podem ser agravadas. Se, sob condições naturais, é possível a ocorrência de fluxos de detritos em áreas de montanha, com fortes declives (30 a 34° tanto para o Covelo como para Cavez) e em mantos de alteração com textura grosseira, com a intervenção humana alterando as condições naturais, é provável que os mesmos processos de evolução de vertentes se iniciem a declives menores. A abertura de trincheiras na base de vertentes é, porventura, uma das práticas que mais frequentemente afectam a sua dinâmica.

Efectivamente, com base nos estudos que temos vindo a desenvolver, somos levados a pensar que mesmo em locais onde estes factores de ordem natural são favoráveis à ocorrência de processos de instabilidade geomorfológica, muitas vezes é a intervenção do

Homem que vai desencadear o processo ou transformá-lo numa catástrofe.

Neste contexto, vamos tentar analisar o tipo de intervenções antrópicas que contribuem para o agravamento dos processos.

No caso de Cavez, não temos dúvidas em afirmar que o Homem foi o principal responsável pelas consequências catastróficas que o fluxo de detritos implicou. Com efeito, uma série de intervenções empreendidas alteraram profundamente a dinâmica geomorfológica da área em questão. Entre elas, destacam-se:

- a abertura de um caminho imediatamente a montante do local onde se iniciou o movimento, que passou a funcionar como área de concentração da drenagem das águas pluviais;

- existência de um deficiente sistema de canalização das águas, que acabou por rebentar devido à sobrecarga de água em circulação, contribuindo esta para alimentar o fluxo. A este elemento associou-se ainda o facto de existirem uma série de tanques de rega ao longo do valeiro, que, ao serem destruídos na sequência do movimento, lhe imprimiram maior violência;

- por fim, o facto de se ter construído uma casa precisamente no percurso de uma linha de água (fot. 7).

Em áreas urbanas, neste caso considerando o exemplo das movimentações analisadas na cidade



Fot. 7 - Fluxo de detritos de Cavez.

do Porto, a intervenção antrópica assume ainda maior importância. Neste contexto, destaca-se:

- a inexistência, em alguns sectores, de um eficaz sistema de canalização de esgotos domésticos e águas pluviais. Este elemento é particularmente importante na escarpa dos Guindais, contribuindo para a ocorrência de processos tipo deslizamentos/desmoraonamentos (cf. fot. 5);

- a acumulação de detritos urbanos nas vertentes, que vão imprimir maior violência aos processos;

– pressão das “casas” clandestinas, que embora estejam a ser removidas, ainda vão permanecendo principalmente no sector situado próximo da Corticeira;

– existência de edifícios abandonados e em ruínas, em risco de derrocada;

– intensidade crescente do tráfego, provocando forte trepidação dos terrenos. Poderíamos inclusivamente considerar que este elemento é provavelmente um dos principais responsáveis pelos abatimentos que se registaram na R. da Restauração, junto ao Hospital de Sto. António;

– a existência de aterros constituídos por materiais diversos, não compactados e frequentemente resultantes de uma acumulação progressiva em camadas texturalmente diferentes, é um outro factor de risco antrópico importante. Não é raro o desconhecimento por parte das entidades competentes da localização dos aterros mais antigos (que muitas vezes resultam do entulhamento de antigas áreas de exploração de granito, que passam a funcionar como autênticas lixeiras), o que provoca situações caricatas, como a cedência desses “terrenos” para construção de habitações sociais. Um caso deste tipo verificou-se recentemente em S. Roque da Lameira e o empreendimento só não foi avante porque a empresa construtora, estranhando a forte trepidação do terreno, efectuou uma série de sondagens que revelaram, nesse sector, uma acumulação de detritos superior a trinta metros.

No caso das cheias verificadas no Cavalum em 1996, muitos dos prejuízos resultantes derivaram de actividades antrópicas que revelam um total desconhecimento da dinâmica fluvial. Consultando a fig. 9, podemos verificar o seguinte:

– as pontes destruídas, localizavam-se em áreas de estrangulamento dos cursos de água e, duas delas, imediatamente a seguir a rupturas de declive significativas;

– a construção da ETAR num meandro, numa área de estrangulamento e de confluência de linhas de água, reúne todas as condições que justificam a sua submersão no período mais crítico da cheia;

– em Perafita, a destruição de um caminho e do campo agrícola a jusante, onde o curso de água traçou um novo leito, foi também resultado da intervenção do Homem. Com efeito, o curso original havia sido desviado através de um sistema de canalização, cuja abertura foi bloqueada pelo material transportado;

– a ocupação dos leitos de inundação, é um outro elemento importante. Estas áreas, que funcionam como locais de amortecimento das cheias, ao serem ocupadas e impermeabilizadas deixam de exercer o seu papel, dada a diminuição drástica da capacidade de infiltração;

– finalmente, a localização de aterros nas margens dos cursos de água, diminuindo a secção dos mesmos, vai implicar um aumento da velocidade do escoamento

e, conseqüentemente, da sua capacidade e competência de transporte.

No caso do Covelo do Gerês, a ocorrência do movimento foi essencialmente fruto das características físicas da área. No entanto, a presença de um aglomerado populacional no percurso “natural” de uma linha de água, embora constitua uma intervenção que poderíamos considerar “passiva”, transformou numa catástrofe um processo “normal” de evolução de vertentes⁽¹⁾.

Para além disso, embora não tivéssemos confirmação do facto, foi-nos referido pela população que pouco tempo antes da ocorrência haviam sido efectuados rebentamentos no local, para colocar tubos de canalização de água para ligar as duas barragens próximas. Se tal se verificou, é provável que a trepidação resultante tenha contribuído para alterar o equilíbrio, já instável, da vertente.

Conclusão

Do exposto, pensamos que resulta clara a definição e caracterização dos elementos que, no contexto dos quatro grandes factores de risco considerados – hidroclimáticos, geológicos, geomorfológicos e antrópicos – são susceptíveis de permitir o desenvolvimento de movimentos em massa no Norte de Portugal. Essa definição é essencial para a elaboração da cartografia das áreas de riscos naturais e antrópicos. Este trabalho ainda está incompleto e necessita de novos desenvolvimentos.

Nomeadamente, parece-nos importante salientar que ele não pode ainda ser generalizado a todo o contexto geográfico referido, uma vez que os casos que lhe serviram de base se situam exclusivamente em áreas graníticas. Há que não esquecer, ainda em áreas de maciço antigo, todo o conjunto de sectores onde predominam extensos afloramentos de metassedimentos.

De qualquer modo, constitui um ponto de partida, uma base de estudo para um projecto sobre processos erosivos no Norte de Portugal, que se encontra numa fase preliminar.

(1) Convém referir que na altura foi pedido ao Prof. Doutor Cotelto Neiva para fazer o estudo da ocorrência e sugerir um local alternativo para implantação do lugar de Sapateira, mas a verdade é que até hoje nenhuma das indicações dadas foi seguida.

BIBLIOGRAFIA

- BATEIRA, Carlos (1991) - "Contributo para o estudo da dinâmica actual e riscos naturais na depressão de Ota e colinas de Alenquer-Merceana", Porto, *Revista da Faculdade de Letras - Geografia*, I Série, Vol. VII, p. 57-138.
- BATEIRA, C.; SOARES, L. (1992) - "O fluxo de detritos de Cavez. Um exemplo de movimento de massa na evolução actual de vertentes", *Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia*, Porto (no prelo).
- BRYANT, E.A. (1991) - *Natural Hazards*, Cambridge Univ. Press, 294 p.
- COOK, R.U.; DOORNKAMP, J.C. (1974) - *Geomorphology in environmental management*, Oxford, Clarendon Press, 413 p.
- DOUGLAS, Ian (1983) - *The Urban Environment*, London, Edward Arnold Publishers, 229 p.
- FERREIRA, A de Brum (1978) - *Erosão diferencial e modelado das regiões graníticas do Norte de Portugal*. Lisboa, Linha de acção de Geografia Física, Relatório nº 7, CEG, 88 p.
- FERREIRA, Denise de Brum - *Carte Geomorphologique du Portugal*, Lisboa, Memórias do CEG, nº 6, 53 p.
- FERREIRA, N. et al (1987) - "Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico" *Libro Homenaje a L.C. Garcia Figuerola*, Madrid, Edit. Rueda, Parte I, Cap.4, p. 37-51.
- FLAGEOLLET, J.- C. (1989) - *Les mouvements de terrain et leur prévention*, Paris, Masson, 224 p.
- GOUDIE, A. (1993) - *The Human Impact on the Natural Environment*, 4ª Ed., Oxford, Blackwell Publishers, 454 p.
- NIR, Dov (1983) - *Man, a geomorphological agent. An introduction to Anthropic Geomorphology*, Jerusalém, Keter Publishing House, 165 p.
- OLIVEIRA, J.M. Pereira (1973) - *O espaço urbano do Porto. Condições naturais e desenvolvimento*, Coimbra, Dissertação de Doutoramento apresentada à Fac. de Letras da Universidade de Coimbra.
- PANNIZA, M. (1990) - "Geomorfologia applicata al rischio i all impatto ambientali. Um esempio nelle Dolomiti (Italia)", *Actas da 1ª Reunión Nacional de Geomorfología*, Teruel, Vol. 1, p. 1-16.
- PEDROSA, A.; MARQUES, B.S. (1994) - "Man's action and slope erosion: a case study in Tâmega Basin (1981)", *Territorium*, 1, p. 23-34.
- PEDROSA, A.; BATEIRA, C.; SOARES, L. (1985) - "Covelo do Gerês: contributo para o estudo dos movimentos de massa no Norte de Portugal", *Territorium*, 2, p. 21-32.
- PEREIRA, E (1992) - *Notícia Explicativa da folha 1 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200 000*, Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, 83 p.
- REBELO, F. (1991) - "Geografia Física e Riscos Naturais. Alguns exemplos de risco geomorfológico em vertentes e arribas no domínio mediterrâneo", *Biblos*, 67, p. 353-371.
- REBELO, F. (1994) - "Do ordenamento do território à gestão dos riscos naturais. A importância da Geografia Física salientada através de casos de estudo seleccionados em Portugal", *Territorium*, 1, p. 7-15.
- RIBEIRO, A. et al (1979) - *Introduction à la Géologie générale de Portugal*, Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, 114 p.
- SELBY, M.J. (1982) - *Hillslope materials and processes*, Oxford, Oxford University Press, 264 p.
- SOARES, Laura (1992) - *As serras de Campelos e Maragotos. Contributo para um estudo de morfologia granítica*, Coimbra, Dissertação de Mestrado em Geografia Física, (policopiado).
- WHALLEY, W. B. (1984) - "Rock Falls", in *Slope Instability*, Ed. D. Brunson and D.B. Prior.
- WHALLEY, W. B.; DOUGLAS, G.R.; Mc GREEVY, J.P. (1982) - "Crack propagation and associated weathering in igneous rocks". *Zeitschrift fur Geom.*, Berlin, 26(1), p. 33-53.

