



Nota Técnica do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) do IPH/UFRGS

Sinais da ocorrência de movimentos de massa (escorregamento translacional, escorregamento rotacional e fluxo de detritos)

1. Introdução

Na região dos vales do estado do Rio Grande do Sul (Vale do Jacuí, Vale do Rio Pardo, Vale do Taquari e Vale do Caí), durante os eventos de chuvas extremas que ocorreram entre os meses de abril e maio de 2024, um elevado número de ocorrências de escorregamentos e de fluxos de detritos atingiu as comunidades, ocasionando muitos óbitos. Esses escorregamentos e fluxos de detritos estão englobados em uma lista de fenômenos naturais chamados de movimentos de massa, sendo a ocorrência desses eventos de extrema importância no contexto de evolução da paisagem.

Os desastres associados aos movimentos de massa (os quais são fenômenos ou perigos naturais) podem ser classificados como: desastres hidrológicos (BELOW; WIRTZ; GUHASAPIR, 2009), desastres relacionados à água (JIMENEZ-CISNEROS, 2015), desastres geológicos (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016), entre outros. Considerando o conceito de desastre natural, em que esse é uma combinação do perigo natural e da vulnerabilidade ou exposição da sociedade a esse perigo, chegamos a um ponto onde sem a Redução de Risco de Desastres (RRD), não haverá o desenvolvimento regional seguro, muito menos o desenvolvimento sustentável nessas regiões.

Quando falamos de movimentos de massa, podemos afirmar que esses são diferentes da ocorrência de enxurradas e inundações. Mesmo com diversos acontecimentos espalhados em ampla área durante a tragédia no estado, as ocorrências de movimentos de massa são bastante pontuais ou locais. Além disso, esses fenômenos podem ser extremamente rápidos. Isso dificulta para que os setores municipais e estadual de Proteção e Defesa Civil busquem medidas preventivas.

A conscientização dos moradores locais sobre percepção dos sinais da ocorrência desses fenômenos, é um tipo de medida não estrutural, que contribui significativamente para a RRD regional. Para apoiar essa conscientização, a presente Nota Técnica objetivou (i) explicar sucintamente a identificação de três tipos de movimentos de massa, os quais foram mais predominantes na região dos vales, (ii) relatar os depoimentos de moradores locais que perceberam alguns sinais antes e durante a ocorrência desses fenômenos, e (iii) apresentar outros possíveis sinais para cada um desses três fenômenos.

2. Tipos de movimento de massa

Um movimento de massa é um fenômeno natural no qual os materiais (solo, rochas, vegetação, etc.) presentes em uma determinada encosta deslocam-se para baixo devido à gravidade. Esses são processos que ocorrem naturalmente e são de extrema importância na evolução de paisagens.

Esses movimentos podem ser desencadeados por diversos fatores, como abalos sísmicos, erosão fluvial, erosão subterrânea, dentre outros. Mas o grande elemento desencadeador dos movimentos no estado do Rio Grande do Sul é a chuva de grande intensidade e/ou duração.

Os mecanismos de ocorrência de diferentes tipos de movimentos de massa são tão complexos que existem múltiplas visões sobre a classificação desses movimentos. Os procedimentos para classificar os movimentos de massa concentram-se muitas vezes em cinco características principais: velocidade do movimento, tipo de material, mecanismo e modo de movimentação (deformação), forma da massa em movimento e proporção do conteúdo de água e de material. Em geral, tais movimentos podem ser classificados em rastejamento, queda de blocos, escorregamentos e fluxo de detritos. Vale ressaltar que existem também movimentos de massa mistos, que são combinações dessas classificações.

Dentre os diversos tipos de movimento de massa, podemos afirmar, a partir de observações em campo, que na tragédia da região dos vales, foram três tipos que causaram os maiores prejuízos para as comunidades locais: escorregamento translacional, escorregamento rotacional e fluxo de detritos, sendo, inclusive, responsáveis por muitas vítimas fatais. A Figura 1 apresenta esboços desses movimentos.

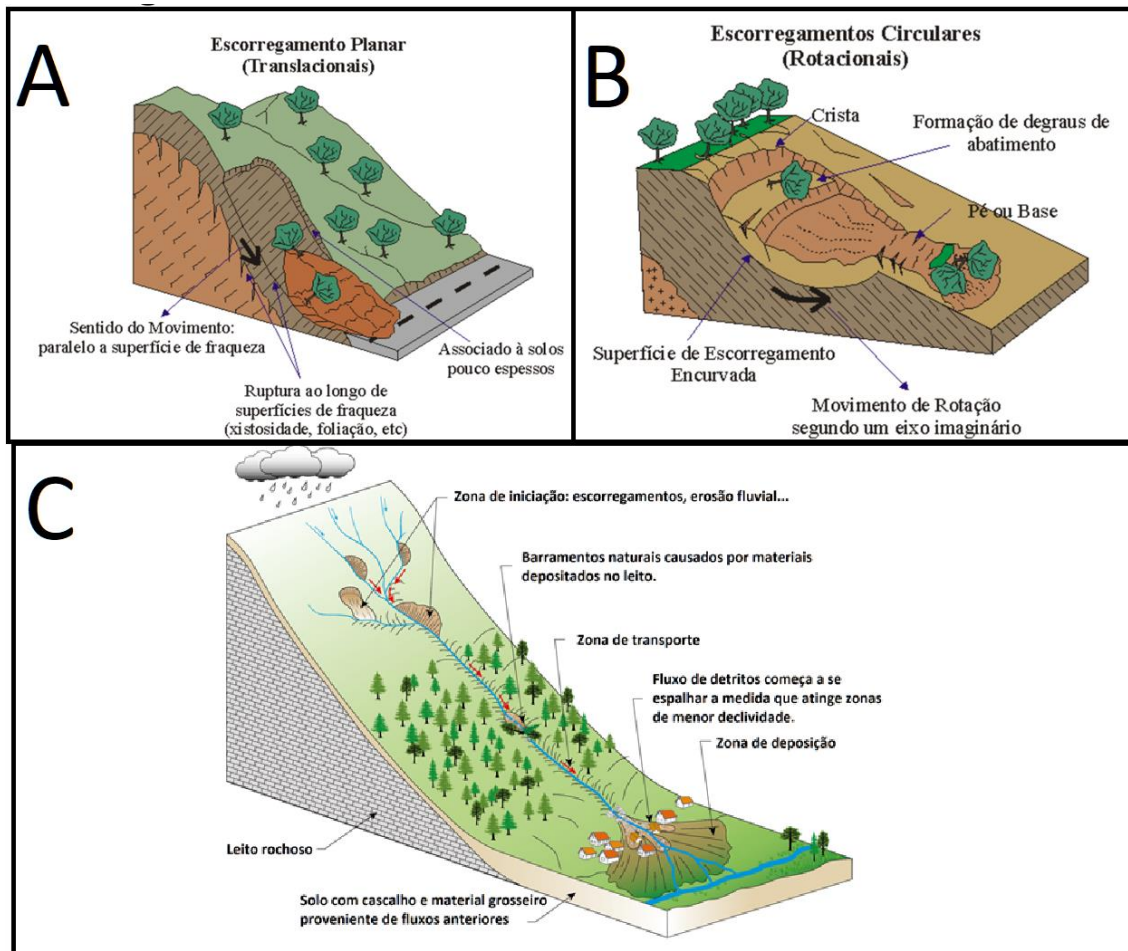


Figura 1 – Diferentes movimentos de massa: (a) Escorregamento translacional; (b) escorregamento rotacional; e (c) fluxo de detritos. (Modificado de Reis, 2001; LGRBwissen, 2024).

O escorregamento translacional é um fenômeno no qual a massa (solo, blocos de rocha e vegetação) localizada em encostas íngremes, desaba devido ao excesso de água ocasionado por chuvas volumosas. Esse processo é comum em locais como montanhas e vales, as quais possuem solos de baixa profundidade. Ocorrem de maneira repentina, podendo atingir grandes velocidades e levando muitas vezes apenas alguns segundos entre início e fim do movimento. Portanto, quando ocorrem perto de residências, as pessoas não possuem muito tempo para reação (Figura 2).

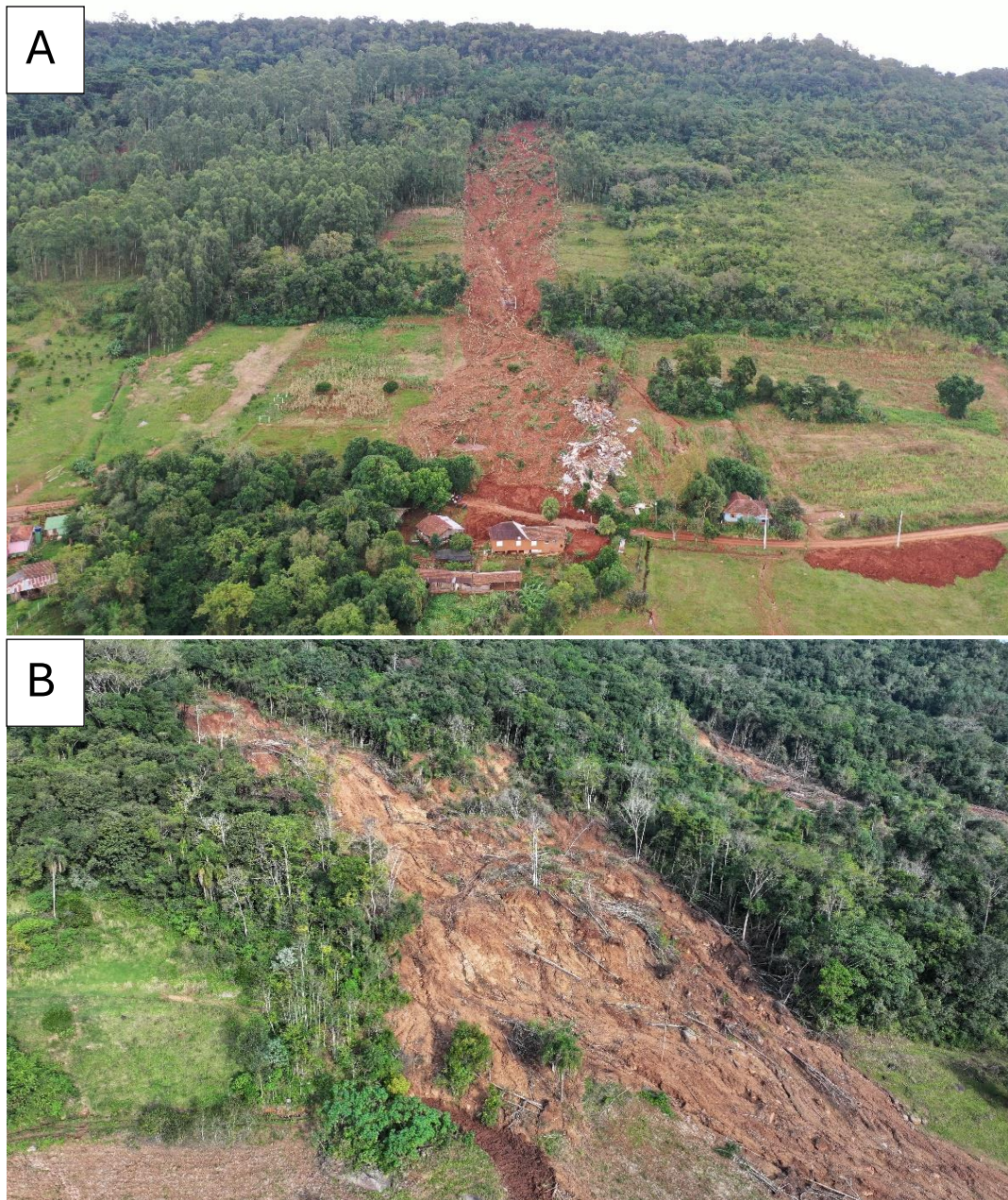


Figura 2 – Exemplos de escorregamentos translacionais: (a) Santa Clara do Sul; (b) São Vendelino.

Já um escorregamento rotacional é um fenômeno que ocorre geralmente em uma área ampla, em encostas com relevo relativamente suave (Figura 3), que apresentem uma camada de solo mais espessa. São movimentos que ocorrem devido à influência do fluxo das águas subterrâneas e da gravidade. As árvores e estruturas, como residências, que se encontram na zona de movimentação dessas ocorrências se deslocam lentamente pela encosta. Quando essas residências estiverem localizadas sobre uma zona de ruptura

(rachaduras), a estrutura da casa pode ser fortemente comprometida. Escorregamentos rotacionais ocorrem em áreas com diferenças de permeabilidade no solo, que pode ser gerada pela presença de camadas ou concentrações de argila, ou no contato entre solo e rocha, formando superfícies que dificultam a passagem de água e acabam formando canais de fluxo preferencial. Alguns escorregamentos rotacionais movem-se lentamente, cerca de alguns milímetros por dia. Enquanto outros, ocorrem repentinamente, devido a eventos de chuvas intensas e/ou contínuas, formando degraus de abatimento que podem chegar a mais de 1 metro de deslocamento vertical.

Em geral, é dito que escorregamentos rotacionais e translacionais possuem caráter profundo e raso, respectivamente. Entretanto, isso não é uma regra geral, pois escorregamentos rotacionais podem ocorrer em profundidades relativamente rasas, a depender da condição geomorfológica.





Figura 3 – Exemplos de escorregamentos rotacionais: (a) Teutônia; (b) Travesseiro; e (c) Colinas

Um fluxo de detritos é um movimento de massa composto por uma mistura de sedimentos e água, que flui continuamente por ação da gravidade, tendo grande mobilidade e podendo alcançar longas distâncias (TAKAHASHI, 2007). Quando ocorrem chuvas intensas e/ou prolongadas, os materiais disponíveis na encosta (mobilizados devido aos escorregamentos e/ou depositados no leito do rio), se misturam com a água do escoamento superficial, formando uma massa que é transportada à jusante (Figura 4). Quando um escorregamento ocorre atingindo um canal fluvial, pode ocorrer a formação de uma barragem natural, se houver material suficiente para impedir o fluxo de água no rio. Nessa situação, a água passa acumular atrás da barragem levando ao seu rompimento, gerando um fluxo de detritos. A velocidade desse movimento é alta, atingindo de 20 a 40 km/h, e a força de impacto desses detritos é extremamente grande, destruindo casas e estradas e causando sérios danos. Os desastres associados a este fenômeno ocorrem geralmente em ambientes montanhosos e podem ser considerados um dos mais preocupantes no Brasil (KOBIYAMA et al., 2018; KOBIYAMA; PAUL, 2022).



Figura 4– Exemplos de fluxos de detritos: (a) Colinas; (b) Venâncio Aires.

3. Sinais – Depoimentos de moradores

Aqui apresentamos um compilado de depoimentos de moradores, que residem próximo aos locais de ocorrência, sobre os sinais que esses observaram um pouco antes do acontecimento dos movimentos de massa. Esses depoimentos foram coletados presencialmente nos locais de ocorrência. Como esses moradores testemunharam a violência desses movimentos e conseguiram escapar com vida, os depoimentos são extremamente valiosos. Os sinais relatados por esses moradores foram:

1. Os cachorros começaram a latir de maneira muito estranha.
2. O comportamento dos cachorros era diferente do normal, muito inquietos.
3. Os macacos e bugios uivaram.
4. Ouviu-se um som estrondoso, como se pedras batessem umas nas outras.
5. Presença de cheiro estranho como barro podre, lama ou mato cortado (vegetação).
6. Ouviu-se um barulho alto de madeira quebrando.
7. Uma área que sempre era seca começou a ficar muito encharcada.
8. Uma área começou a apresentar pequenas rachaduras que foram aumentando (Figura 5).





Figura 5 – Rachaduras: (a) rachadura (fenda) sem degrau; e (b) rachadura com degrau grande.

Pelas explicações dos moradores e pela avaliação dos locais de ocorrência, os seis primeiros itens desses depoimentos estão associados aos escorregamentos translacionais de grande porte e/ou fluxos de detritos. Já os últimos dois são mais comuns no caso da ocorrência de escorregamentos rotacionais.

Ressaltamos que muitos moradores/vítimas não observaram sinais da movimentação pouco antes da ocorrência.

4. Sinais precursoros por tipo de movimento de massa – Informação Geral

Com base nos depoimentos dos moradores locais, obtidos durante vistorias em campo em alguns municípios da região dos vales, e no conhecimento dos mecanismos de ocorrência dos três tipos de movimentos de massa relatados, apresentamos, separadamente, alguns sinais precursoros correspondentes a esses três tipos.

(A) Escorregamentos translacionais

- A água da nascente aumenta repentinamente seu nível, fica turva, ou para abruptamente.
- Rachaduras aparecem em um trecho íngreme da encosta.
- Pequenos pedaços de cascalho começam a cair pela encosta.
- Árvores entortam, quebram ou caem, produzindo sons estrondosos de madeira rachando.

- Sons estranhos e estrondos podem ser ouvidos vindo da encosta ou ecoando pelos vales.
- Há um cheiro estranho (terra, cheiro de queimado, cheiro azedo, cheiro de madeira, barro podre, cheiro de matéria orgânica, etc.)

(B) Escorregamentos rotacionais

- Rachaduras (rupturas) e degraus (rejeitos) se formam nas encostas, ou nos patamares planares, ou nas estradas e taludes (principalmente os taludes com cortes irregulares ou muito inclinados).
- A alvenaria começa a ceder ou aparecem fissuras nos muros de contenção.
- As aberturas da casa como portas, portas de correr e janelas, ficam soltas, ou repentinamente começam a raspar no chão, dificultando a sua abertura e fechamento.
- O chão vibra.
- A água brota da encosta ou do patamar através de vertentes, e a área seca se torna encharcada.
- Parece que o morro ou montanha inteiro(a) está ‘rugindo’ (estrondos da montanha).
- Ouve-se um som estrondoso, como se pedras batessem umas nas outras.
- A água do rio e poços fica repentinamente turva.
- Os níveis de água em poços, açudes e lagoas se alteram rapidamente.
- As árvores, postes e casas se inclinam, caem, ou começam a se afastar.
- Um cheiro estranho como terra podre emana no ar.

(C) Fluxos de detritos

- Como resultado de um escorregamento ou fluxo de detritos que ocorreu rio acima, há estrondos nas montanhas (sons de rochas colidindo, árvores quebrando e encostas desabando).
- A água do canal (arroio, córrego etc.) torna-se repentinamente turva, devido ao aporte de material (solo e rocha) para o canal.
- Mesmo que continue a chover, o nível da água no canal está baixando repentinamente (isso pode indicar a ocorrência de uma barragem natural, bloqueando temporariamente o fluxo do canal).
- Há um cheiro estranho (cheiro de lama, cheiro de queimado, cheiro azedo, cheiro de madeira, etc.).
- Um escorregamento que aconteceu em um determinado local formou uma barragem em uma vertente ou uma espécie de lago que começa a acumular muita água (Figura 6).



Figura 6 – Água acumulada atrás de uma barragem formada por um escorregamento.

5. Considerações Finais

Como esses três fenômenos frequentemente ocorrem de maneira mista, os moradores, especialmente os que vivem em locais declivosos como as encostas nos vales, precisam aprender e lembrar de todos esses sinais. Caso presenciem um desses itens, devem informar imediatamente à Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC), mesmo que não esteja chovendo no momento. Além disso, quando perceberem os sinais relatados, ou outros sinais anormais provindos das encostas, esses moradores deverão se afastar do local por conta própria. Devemos sempre nos lembrar do princípio da RRD, isto é, “Cada cidadão deve salvar sua própria vida!”

Em sua definição, entendemos que os movimentos de massa ocorrem pela força gravitacional, mas sua magnitude se agrava a depender do volume de chuva. Após a infiltração da água da chuva na camada de solo, a dinâmica da água subsuperficial e da água subterrânea pode causar escorregamentos translacionais ou rotacionais e fluxos de detritos. Como essa dinâmica não é visível, é muito difícil prever a ocorrência desses fenômenos.

Justamente por isso, cada morador deve conhecer e se lembrar dos sinais da ocorrência desses fenômenos. Com isso, estaremos um passo mais perto da RRD relacionada a movimentos de massa.



Referências

BELOW, R.; WIRTZ, A.; GUHA-SAPIR, D. **Disaster Category – Classification and peril Terminology for Operational Purposes**. Brussels: CRED / Munich: MunichRe Foundation, 2009. 19p.

JIMENEZ-CISNEROS, B. Responding to the challenges of water security: the Eighth Phase of the International Hydrological Programme, 2014–2021. **IAHS Publication**, v. 366, p. 10-19, 2015.

KOBIYAMA, M.; PAUL, L.R. Fluxos de detritos: Casos mundiais e brasileiros. In: CABRAL, V.C.; REIS, F.A.G.V.; GRAMANI, M.F.; KUHN, C.E.S.; LIMA E SILVA, O. (orgs.) **Corridas de detritos no Brasil**. Belo Horizonte: Federação Brasileira de Geólogos – FEBRAGEO, 2022. p.35-44

KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; FAN, F.M.; CORSEUIL, C.W.; MICHEL, G.P.; DULAC, V.F. Abordagem integrada para gerenciamento de desastres em região montanhosa com ênfase no fluxo de detritos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.7, n. esp, p.31-65, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e0201831-65>

LGRBWissen - Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau. **Murgangähnliche Ereignisse (Fließen)**. Disponível em: < <https://lgrbwissen.lgrbw.de/ingenieurgeologie/massenbewegungen/murgangaehnliche-ereignisse-fliesen>> Acesso em: 17 jun. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL **Instrução normativa. No. 02, de 20 de dezembro de 2016**. Brasília: Diário Oficial da União 245, 2016.

REIS, F. A. G. V. Curso de Geologia Ambiental via Internet. UNESP, 2001. Disponível em: < <https://www1.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco11a.html>> Acesso em: 17 jun. 2024.

TAKAHASHI, T. **Debris Flow: Mechanics, Prediction and Countermeasures**. Leiden: Taylor & Francis/ Balkema, 2007. 448p.

Assina esta nota técnica:

Masato Kobiyama – Membro do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) da UFRGS. Professor titular do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS

Rossano Dalla Lana Michel – Membro do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) da UFRGS. Doutorado do Programa de Pós-graduação em Geologia da UFRGS.

Caroline Hipólito Flores – Membro do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) da UFRGS. Graduanda do Curso de Graduação em Geografia – Bacharel da UFRGS.

Anne Biehl – Membro do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) da UFRGS. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.



Alessandro Gustavo Franck – Membro do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) da UFRGS. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS

Fernando Campo Zambrano – Membro do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) da UFRGS. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS

Porto Alegre, 17 de junho de 2024