

## CLASSIFICAÇÃO DE FLUXOS DE DETRITOS A PARTIR DE CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

*Clarissa Guerra Salvador<sup>1</sup> ; Gean Paulo Michel<sup>2</sup>*

**Palavras-Chave** – Fluxos de Detritos Canalizados, Fluxos de Detritos de Encosta Aberta, Análise Morfométrica.

### INTRODUÇÃO

O termo fluxo de detritos é descrito como um fluxo rápido descendente de uma mistura de detritos e água (BALLANTYNE, 2004). No entanto, grande parte das referências descreve os fluxos de detritos como um movimento rápido inserido em um canal de drenagem (HAAS et al., 2018; HUNGR et al. 2014; IMAIZUMI et al. 2006), apesar de sua ocorrência também afetar áreas de encosta aberta, sem manifestação de vertentes encaixadas.

Hurlimann et al. (2015) e Davies et al. (2013) apontam que os fluxos de detritos são mais comumente estudados em canais do que em encostas. Apesar disso, Lorente et al. (2003) apontam que fluxos de detritos em encostas abertas são um dos processos geomorfológicos mais ativos em regiões montanhosas. A nomenclatura que diferencia esses dois tipos de movimentos classifica como fluxos de detritos canalizados os fluxos que passam a maior parte do percurso inseridos em canais de drenagem já estabelecidos, enquanto que os fluxos de detritos de encosta aberta formam seu próprio trajeto (BEE et al., 2019), em geral desconectados da rede fluvial de drenagem.

As diferenças que envolvem os fluxos canalizados e de encosta aberta podem resultar em uma variação nas condições de iniciação do fluxo (CHEN et al., 2009), bem como no alcance e na área afetada, onde se observa um maior alcance pelos fluxos canalizados e um maior espalhamento dos fluxos de encosta aberta (HURLIMANN et al., 2015; NETTLETON, 2005). Alguns estudos trazem a comparação entre diferentes parâmetros morfológicos como curvatura, declividade, comprimento, fator de forma e área de drenagem entre os dois tipos de fluxo (HURLIMANN et al., 2015; CHEN et al., 2009; WIECZOREK et al., 1997). Contudo, não são estabelecidos critérios objetivos que permitam classificar uma cicatriz de fluxo de detritos quanto ao seu grau de confinamento na encosta.

A classe do fluxo de detritos reflete as diferenças de propagação e comportamento de cada evento, o que implica na necessidade de abordagens individuais, especialmente em análises de suscetibilidade. Em vista disso, o presente trabalho propõe classificar cicatrizes de fluxos de detritos quanto a sua propagação como fluxos de detritos canalizados ou de encosta aberta, a partir de análises de agrupamento das relações entre comprimento e largura das cicatrizes.

### METODOLOGIA

A morfologia da encosta pode refletir visivelmente nos padrões de propagação do movimento e atuar de maneira determinante para condicionar a dispersão do fluxo. Portanto, a classificação proposta para diferenciar as duas classes de tipos de fluxos de detritos é feita com base no comportamento de propagação, na mobilidade e dispersão do movimento, sendo considerados como representativos desse comportamento o comprimento ( $l$ ) e a largura do fluxo de detritos ( $w$ ). O modelo conceitual da relação entre essas variáveis em cada classe é apresentado na Figura 1. Para diferenciar cada comportamento foi estimada uma relação do tipo potencial (Equação 1) para cada

1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul; clarissa.salvador@ufrgs.br

2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul; gean.michel@ufrgs.br

cicatriz de fluxo de detritos. A classificação foi feita por uma análise de cluster hierárquico, levando em consideração o expoente da equação (b) e a coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de cada cicatriz.

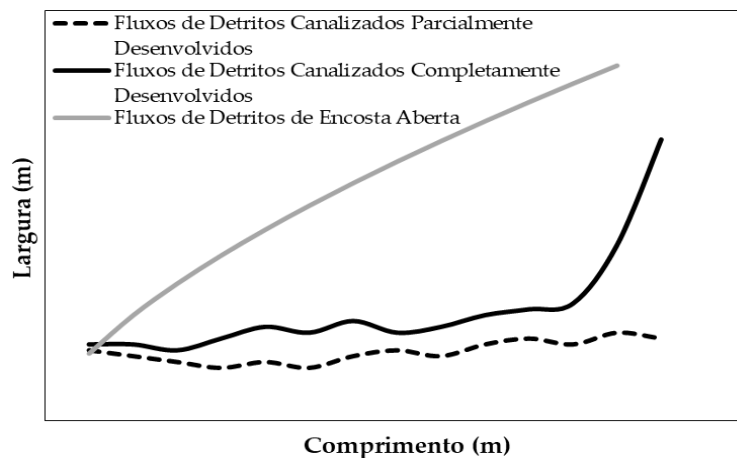


Figura 1. Modelo conceitual do comportamento de cada classe de fluxo de detritos. Fonte: autoria própria.

$$w = a \cdot l^b \quad (1)$$

O fluxo de detritos de encosta aberta, por ocorrer em encostas que apresentam pouco ou nenhum confinamento da vertente, apresenta maior facilidade de dispersão, e, portanto uma ampliação da largura. Desconsiderando a existência de obstáculos e contenções no terreno, a propagação do fluxo gradualmente amplia a sua largura até o movimento cessar, configurando fluxos de detritos completamente desenvolvidos. Por sua vez, o fluxo canalizado, por ocorrer inserido em um canal de drenagem, ou em uma vertente bastante encaixada, acaba não apresentando uma grande dispersão lateral do movimento, mas apresenta maior mobilidade e alcance do fluxo. Conforme trazido por Guthrie et al. (2010), as larguras tendem a iniciar maiores e seguem praticamente constantes, um pouco abaixo da largura média durante o trajeto de propagação.

Uma largura praticamente constante ao longo do comprimento do fluxo caracteriza fluxos canalizados parcialmente desenvolvidos, os quais não apresentam uma zona de deposição bem estabelecida, mas passam a propagar na forma de outros movimentos como fluxo hiperconcentrado ou inundação de detritos. A zona de deposição frequentemente associada aos fluxos de detritos canalizados, agora completamente desenvolvidos, é na forma de leques aluviais, que resultam em um aumento abrupto da largura, até então não observado. Assim, o grau de desenvolvimento dos fluxos de detritos canalizados, que passam de parcialmente a completamente desenvolvidos, é observado apenas em fluxos onde fica evidenciada essa expansão, delimitando a zona de deposição do movimento.

Foram analisadas 319 cicatrizes de fluxos de detritos múltiplos, as quais foram segmentadas até os trechos de junção ou conexão do movimento com diferentes áreas de origem. As cicatrizes ocorreram sobre áreas florestadas da bacia do rio Mascarada, no município de Rolante (RS), na região sul do Brasil. O comprimento das cicatrizes foi traçado manualmente, com uma linha central paralela aos limites laterais da cicatriz, a partir da qual foram traçadas linhas transversais a cada 20 metros para obtenção das larguras - largura média de cada cicatriz, e a cada trecho (20 metros).

## RESULTADOS

O resultado do cluster gerou dois grandes grupos de cicatrizes com comportamentos similares de propagação, representadas em função das variáveis estatísticas do expoente b de cada uma das equações (Tabela 1). Maiores expoentes refletem essa dispersão e alargamento do fluxo de detritos, enquanto que valores do expoente mais próximos de 1,0 indicam um comportamento esperado para os fluxos canalizados, mantendo a largura praticamente constante.

Tabela 1 – Análise de cluster das cicatrizes.

Cluster	b Médio	b Mínimo	b Máximo	Classificação	Nº de cicatrizes
1	<b>1,54</b>	1,18	2,44	Encosta Aberta	107
2	<b>1,03</b>	0,48	1,35	Canalizados	211

Se analisarmos o valor médio das cicatrizes em cada trecho, espaçados em 20 metros a partir da origem, é possível observar o comportamento esperado em cada classe dos fluxos de detritos (Figura 2). A ampliação da largura com o comprimento do fluxo indica uma maior dispersão e espalhamento dos fluxos de detritos de encosta aberta, enquanto que o padrão dos fluxos de detritos canalizados apresenta pouca variação. Essa condição sugere que fluxos canalizados são condicionados com maior peso pela morfologia da encosta e pela própria geometria do canal, de forma que, até uma determinada quantidade de material mobilizado, o fluxo permanece confinado. A incorporação ao canal de drenagem também evidencia um trajeto de percurso mais provável de ocorrer e, portanto mais facilmente identificado em análises de suscetibilidade. Já para os fluxos de detritos de encosta aberta a propagação do movimento pode estar mais associada à própria reologia do fluido. Em uma encosta sem confinamento, a dispersão lateral e propagação do movimento pode ser influenciada com maior peso pelas características da mistura de material envolvido, como a viscosidade. A Figura 3 demonstra com ainda mais nitidez essa diferença de comportamento representada pela expansão da área afetada pelo fluxo de detritos.

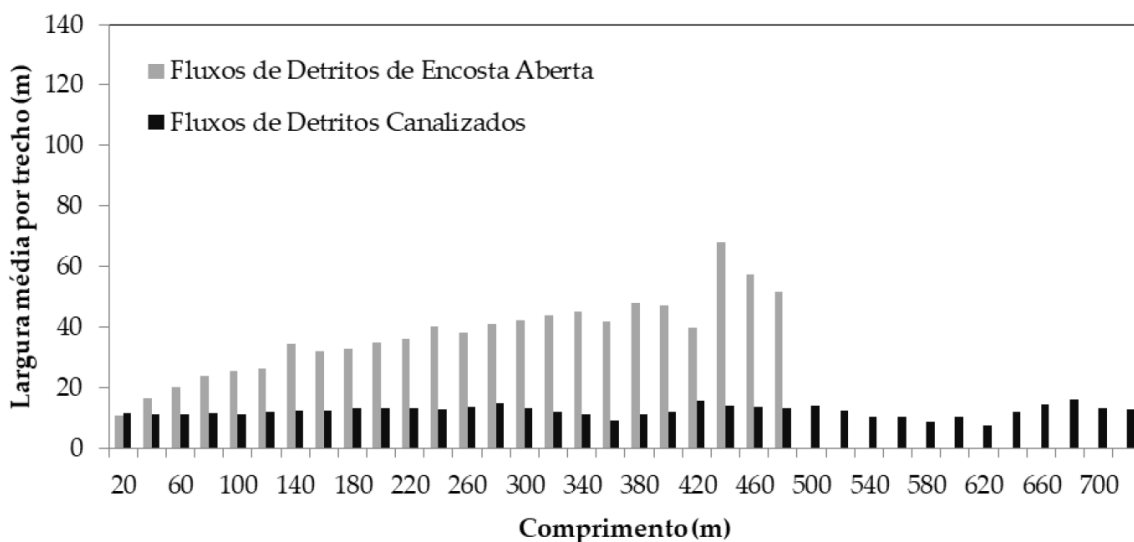


Figura 2. Largura média em cada trecho de análise das cicatrizes de fluxos de detritos. Fonte: autoria própria.

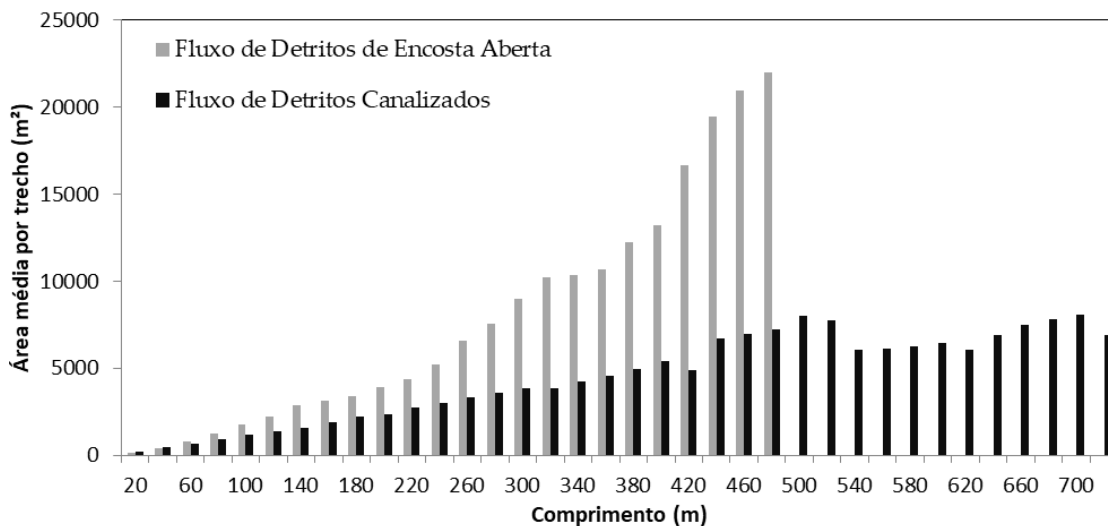


Figura 3. Área acumulada a montante média de cada trecho de análise das cicatrizes de fluxos de detritos. Fonte: autoria própria.

## CONCLUSÕES

A diferenciação quanto aos fluxos de detritos canalizados e de encosta aberta é pouco utilizada, em inventários e descrições de eventos, sendo um dos prováveis motivos a ausência de metodologias quantitativas e descritivas de cada uma das classes. A classificação proposta, no entanto, resultou em uma separação condizente com o comportamento esperado dos fluxos de detritos e observado na bacia. No entanto, essa metodologia é baseada no comportamento de propagação do fluxo observado após a sua ocorrência. Recomenda-se a determinação de critérios que permitam identificar essa classificação em função da morfologia da encosta, permitindo o reconhecimento prévio do padrão de comportamento do fluxo para análises de suscetibilidade.

## REFERÊNCIAS

- BALLANTTYNE, C.K. Geomorphological changes and trends in Scotland: debris-flows. Scottish Natural Heritage Commissioned Report. 2004.
- BEE, E. J.; DASHWOOD, C.; PENNINGTON, C.; CIUREAN, R. L.; LEE, K. Creating a national scale debris flow susceptibility model for Great Britain: a GIS-based heuristic approach, *Natural Hazards Earth System Sciences Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/nhess-2019-54>, 2019.
- CHEN, Jinn-Chyi; LIN, Ching-Weei; WANG, Lung-Chang. Geomorphic characteristics of hillslope and channelized debris flows: a case study in the shitou area of central taiwan. *Journal Of Mountain Science*, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 266-273, 4 ago. 2009.
- DAVIES, T.; PHILLIPS, C.; WARBURTON, J.. 7.15 Processes, Transport, Deposition, and Landforms: flow. *Treatise On Geomorphology*, [S.L.], p. 158-170, 2013.
- GUTHRIE, R.H.; HOCKIN, A.; COLQUHOUN, L.; NAGY, T.; EVANS, S.G.; AYLES, C.. An examination of controls on debris flow mobility: evidence from coastal british columbia. *Geomorphology*, [S.L.], v. 114, n. 4, p. 601-613, fev. 2010.
- HAAS, T. de; DENSMORE, A.L.; STOFFEL, M.; SUWA, H.; IMAIZUMI, F.; BALLESTEROS-CÁNOVAS, J.A.; WASKLEWICZ, T.. Avulsions and the spatio-temporal evolution of debris-flow fans. *Earth-Science Reviews*, [S.L.], v. 177, p. 53-75, fev. 2018.
- HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. The Varnes classification of landslide types, an update. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. (2014).
- HÜRLIMANN, M; MCADELL, B. W.; RICKLI, C. Field and laboratory analysis of the runout characteristics of hillslope debris flows in Switzerland. *Geomorphology*, [S.L.], v. 232, p. 20-32, mar. 2015.
- IMAIZUMI, F; SIDLE, R. C.; TSUCHIYA, S; OHSAKA, O. Hydrogeomorphic processes in a steep debris flow initiation zone. *Geophysical Research Letters*, [S.L.], v. 33, n. 10, p. 1-4, maio 2006. American Geophysical Union (AGU).
- LORENTE, A.; BEGUERÍA, S.; BATHURST, J. C.; GARCÍA-RUIZ, J. M.. Debris flow characteristics and relationships in the Central Spanish Pyrenees. *Natural Hazards And Earth System Sciences*, [S.L.], v. 3, n. 6, p. 683-691, 31 dez. 2003.
- NETTLETON, I. M.; MARTIN, S.; HENCHER, S.; MOORE, R. *Debris flow types and mechanisms*, in: M. G. Winter, F. MacGregor & L. Shackman (eds) Scottish Road Network Landslides Study. 2005.
- WIECZOREK, G; MANDRONE, G.; DeCola, L. Influence of hillslope shape on debris-flow initiation. *International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment, Proceedings*. 21-31.1997.

**AGRADECIMENTOS** Os autores desse trabalho agradecem aos bolsistas do GPDEN pelo auxílio nas atividades e à CAPES e ao CNPq pelas bolsas de ensino fornecidas.