

Análises do Fluxo de Detritos Córrego D'Antas - Nova Friburgo RJ

Andrea Balbuzano Pelizoni

MACCAFERRI – COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, andreabalbuzano@gmail.com

Anna Laura L. S. Nunes

COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, alaura@coc.ufrj.br

RESUMO: Os fluxos de detritos são os movimentos de massa mais catastróficos da natureza, em função da rapidez, energia e volume elevados e resultam em prejuízos significativos, com expressivas perdas econômicas e fatalidades. Métodos empíricos e analíticos têm sido desenvolvidos, visando estimar os principais parâmetros de fluxo de detritos para desenvolver medidas de mitigação e convivência em áreas susceptíveis. Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados das análises empíricas e numéricas do fluxo de detritos *Córrego D'Antas*, ocorrido após o evento extraordinário de precipitações em janeiro de 2011, em Nova Friburgo, Rio de Janeiro. Foram utilizadas relações empíricas e o programa numérico tridimensional DAN3D para avaliar os principais parâmetros do fluxo de detritos. Os resultados obtidos foram comparados com as características reais do evento, indicando valores consistentes, que corroboram o emprego destas ferramentas para análises de áreas de risco e projetos de estruturas de convivência e mitigação de fluxo de detritos.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxos de Detritos, Relações Empíricas, Análise Numérica Tridimensional, DAN3D.

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa conhecidos com fluxo de detritos (*Debris Flow*) representam um dos fenômenos naturais mais catastróficos no mundo. São movimentos muito rápidos, de difícil previsão e, na maioria dos casos, ocorrem de forma repentina, atingindo elevadas velocidades, grandes volumes e imenso potencial destrutivo, devido às altas energias envolvidas ao longo da sua trajetória.

Os fluxos de detritos são os movimentos de massa mais difíceis de serem previstos e os mais catastróficos. Estes movimentos ocorrem geralmente em áreas de topografia acidentada, talwegues naturais ou induzidos, deflagrados por fatores naturais ou em muitos casos pela ação do homem (Nunes & Sayão, 2014).

Em função da necessidade de se prevenir e

conviver com este tipo de movimento, métodos empíricos e analíticos têm sido desenvolvidos, baseados em observações e registros de dados coletados de eventos ocorridos. Os métodos visam à determinação das características dos fluxos de detritos, capazes de subsidiar a seleção e/ou dimensionamento de medidas de mitigação e convivência para diminuição dos danos causados durante eventos desta natureza.

Além de correlações, existem programas numéricos 2D e 3D, capazes de simular e representar os fluxos de detritos. O programa DAN3D, desenvolvido por McDougall & Hungr (2004), utiliza vários elementos de caracterização do movimento para simular as possíveis trajetórias e comportamento do material instabilizado.

No início do mês de janeiro de 2011, a Região Serrana Fluminense, localizada a

noroeste do estado do Rio de Janeiro, na área da Serra dos Órgãos, foi atingida por fortes chuvas que deflagraram muitos movimentos de massa, resultando em uma tragédia de grandes proporções. Entre os municípios mais afetados na região encontram-se Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Bom Jardim, São José do Vale do Rio Preto e Sumidouro, com mais de 970 mortes oficiais e mais de 20.000 pessoas desabrigadas (Nunes et al, 2013).

Neste trabalho são apresentados os resultados das análises empíricas e numéricas do Fluxo de Detritos Córrego D'Antas, os quais são comparados com o comportamento do movimento e as características observadas e medidas por meio de investigações geológico-geotécnicas realizadas após o evento.

2 AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE FLUXOS DE DETRITOS

Os parâmetros que caracterizam os *debris flows* são importantes para estimar potencial de danos, dimensionar estruturas e medidas de mitigação e convivência e para caracterizar efeitos secundários, como ondas de deslizamento e diques naturais constituídos nos canais de drenagem natural ou talvegues formados durante eventos pretéritos. Dentre os parâmetros básicos, destacam-se volume de material mobilizado, velocidade média do fluxo, vazão de pico, distância total percorrida e área de deposição (Nunes & Sayão, 2014).

Diversos métodos têm sido desenvolvidos para avaliação dos parâmetros deste tipo de movimento, destacando-se os métodos empíricos e numéricos.

Os métodos empíricos são baseados na análise estatística de dados obtidos da observação e avaliação de eventos ocorridos e relacionam parâmetros que caracterizam os fluxos de detritos. Nunes & Sayão (2014) apresentam 95 relações empíricas, tanto coletadas da literatura quanto desenvolvidas pelo próprio Grupo de Pesquisa, *DEBRIS FLOW* - COPPE-UFRJ/PUC-Rio, baseadas em dados de mais de 200 fluxos de detritos. As relações empíricas adotadas para análise do evento Córrego D'Antas são apresentadas na

Tabela 1, destacando-se as propostas brasileiras de Polanco (2010) e Motta (2014).

Tabela 1. Relações empíricas para estimativa de parâmetros de fluxos de detritos.

Parâmetro	Referência	Relação
Área Plana (m ²)	Iverson 1997	$B = 200 \cdot (V)^{2/3}$
	Polanco 2010	$B = 7 \cdot (V)^{0,66}$
	Motta 2014	$B = 24,37 \cdot (V)^{0,77}$
Volume (m ³)	Takahashi 1991	$V = (665 \cdot qt)^{0,85}$
	Rickenmann 1999	$V = \left(\frac{L}{1,19 \cdot H^{0,83}}\right)^{1/0,16}$
	Gramani 2001	$V = \left(\frac{Lx1,87}{H}\right)^{1/0,105}$
	Polanco 2010	$V = 252,84 \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^{4,72}$
	Motta 2014	$V = \left(\frac{L}{2,72}\right)^{1/0,37} \cdot \frac{1}{H}$
Vazão de Pico (m ³ /m)	Mizuyama et al 1992	$Q = 0,135 \cdot M^{0,78}$
	Bovis & Jakob 1999	$Q = 0,4 \cdot M^{0,90}$
	Rickenmann 1999	$Q = 0,1 \cdot M^{0,83}$
	Polanco 2010	$Q = 0,0309 \cdot V^{0,8279}$
	Motta 2014	$q_t = 0,29 \cdot V^{0,51}$
Velocidade (m/s)	Sibnuy 1966	$V = 5,15 \cdot y^{0,67} \cdot S^{0,25}$
	Kherkheulidze 1975	$V = 5,8 \cdot y^{0,55} \cdot S^{0,33}$
	Zhang 1993	$V = 21 \cdot H^{0,48} \cdot S^{0,5}$
	Rickenmann 1999	$V = 2,1 \cdot Q^{0,33} \cdot S^{0,33}$
Distância total percorrida (m)	Rickenmann 1999	$L_{max} = 1,9V^{0,16} \cdot H^{0,83}$
	Hungr 2005	$L = \frac{H}{\tan \alpha}$
	Polanco 2010	$L_{max} = 106,61 \cdot V^{0,2591}$
	Motta 2014	$L = \left(\frac{H}{3,55}\right)^{1/0,69}$
Distância de deposição (m)	Rickenmann 1999	$L = 15 \cdot V^{1/3}$
	Lorent et al 2003	$L = 7,13 \cdot (VH)^{0,271}$
	Crosta et al 2001	$L = 7 \cdot M^{1/3}$
Forças de impacto (N)	Hungr 1984	$F = \rho \cdot A \cdot V^2 \cdot \sin \beta$
	Hübl et al 2009	$\rho_{max} = 3 \cdot \rho_{MU} \cdot v^2$

B: área plana de deposição (m²); M/V: volume (m³); Q/q_t: descarga de pico (m³/s) v: velocidade média do fluxo (m/s); L_{max}: distância máxima do fluxo (m); L: distância de deposição (m); ρ_{max}: força máxima de impacto (N); F: Força de impacto (N); S/α: Inclinação do canal do fluxo (°); H: altura do movimento (m) y: altura média do fluxo (m); g: gravidade; a: 3-5 (Zhang, 1993); A: área transversal do fluxo; β: ângulo da força do fluxo em relação à face da

As relações empíricas da literatura foram selecionadas considerando os parâmetros de fluxo de detritos de fácil determinação e grande importância para avaliar zonas de potencial risco de ocorrência do movimento e selecionar e localizar as medidas de mitigação e convivência. Ressalte-se que a quantificação precisa dos parâmetros não é possível com estas relações, porém elas podem subsidiar a estimativa das magnitudes do evento.

Os métodos analíticos procuram modelar movimentos de massa fazendo uso das leis da física e dinâmica dos sólidos e dos fluidos. A maioria dos modelos analíticos são resolvidos numericamente por meio de diferenças finitas e elementos finitos.

Os programas numéricos mais utilizados são FLO-2D, DAN-W e RAMMS, disponíveis comercialmente. O DAN3D é um programa em três dimensões, que corresponde a uma versão atualizada do modelo DAN-W, desenvolvida para pesquisas e, muito recentemente, disponibilizada no mercado.

O modelo desenvolvido por McDougall & Hungr (2004) é baseado na solução Lagrangeana e considera fluxos não uniformes, variados e com trajetória em canais fechado e aberto. O método numérico utilizado para resolução das equações de quantidade de movimento e conservação de massa é o SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*). Neste método o volume total da massa em fluxo é dividido em elementos conhecidos como *smooth particles*. No modelo é considerado que cada partícula possui um volume finito, sendo influenciado por suas partículas vizinhas. Este modelo considera três reologias do material: atrito, atrito e turbulência, e viscosidade. Desta forma permite variar o tipo de material e sua reologia ao longo da trajetória do movimento, simulada com o DAN3D.

3 EVENTO CÓRREGO D'ANTAS

O fluxo de detritos Córrego D'Antas ocorreu na encosta do Morro Das Pedras, localizado no Bairro Córrego D'Antas, em Nova Friburgo, Rio de Janeiro. A Figura 1 apresenta a área do

Córrego D'Antas antes e depois do evento de fluxo de detritos. Nota-se a trajetória do movimento pela cicatriz deixada na escarpa rochosa, de coloração esbranquiçada na área de impacto do material mobilizado desde o topo da encosta até a zona de deposição.



(a) Antes do evento - Julho de 2010



(b) Depois do evento - Maio de 2011

Figura 1. Imagem aérea da área do fluxo de detritos Córrego D'Antas (Google Earth).

As intensas precipitações dos dias 11 e 12 de janeiro de 2011 na região serrana fluminense deram origem ao movimento de massa evidenciado no Morro Das Pedras, onde forças de subpressão resultantes da percolação de água nas fraturas provocaram o deslocamento de grandes volumes de rocha, que iniciaram o fluxo de detritos observado na área. A grande energia desenvolvida pelo fluxo de detritos de

grandes proporções provocou danos elevados, destruindo moradias e instalações industriais e matando 20 pessoas.

O Morro Das Pedras é formado por rochas graníticas do Proterozóico, pertencentes a Suíte Serra dos Órgãos. A face norte da escarpa rochosa possui cerca de 45° de inclinação, com a cota máxima atingindo 1360m de altitude e cerca de 480m de altura. São evidenciadas 2 famílias de fraturas perpendiculares entre si, com direção de 59° e 148° e mergulho subvertical, que interceptam juntas de alívio, formando blocos e lascas (Portella et al, 2013).

O movimento de massa se iniciou como uma ruptura planar no topo da encosta, em uma zona de fratura de alívio. A zona de iniciação do movimento se localizou entre as cotas 1300m e 1278m, com declividade média de 45°.

Imediatamente abaixo desta zona, aflora a escarpa rochosa com declividade de 40 a 60° e com talvegue formado por 2 famílias de fraturas subverticais com mergulho para sudoeste (Geomecânica, 2011), no qual o fluxo se deslocou, configurando a Zona de Transporte e Erosão. Neste ponto, parte da massa mobilizada se dirigiu no sentido da localidade de Córrego D'Antas e parte se deslocou no sentido do Hospital São Lucas, situado na vertente oposta do Morro Das Pedras (Figura 2).



Figura 2. Trajetórias do fluxo de detritos Córrego

D'Antas com 4 canais de fluxo.

Finalmente, o fluxo de detritos se movimentou na parte da encosta com topografia mais suave, com inclinação aproximada de 26°, iniciando seu depósito na Zona de Deposição. A Figura 3 ilustra as zonas notáveis da trajetória do fluxo de detritos.

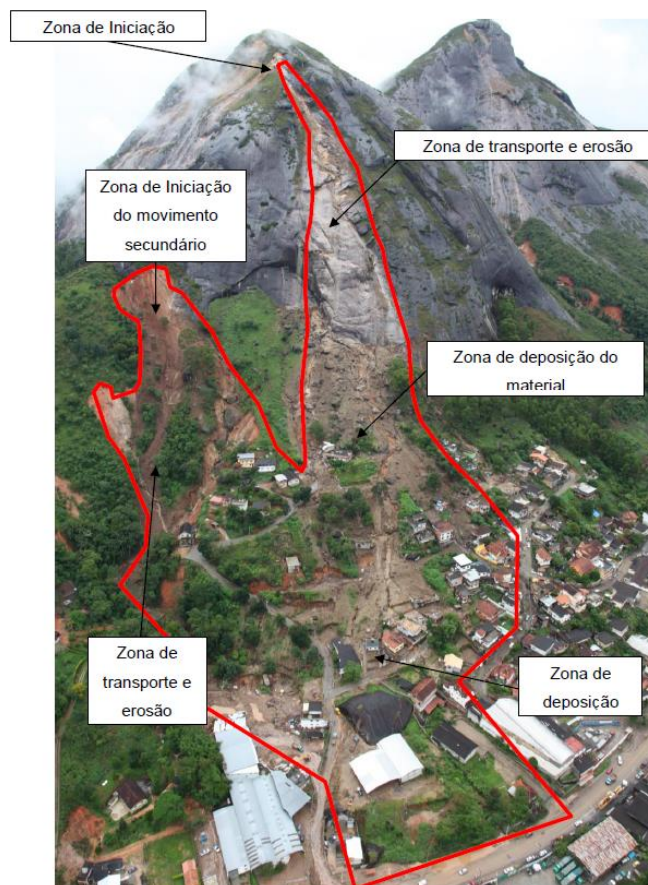


Figura 3. Movimento do Córrego D'Antas e as zonas de iniciação, transporte e deposição do debris flow.

O volume inicial de material colapsado foi de aproximadamente 500m³, estimado em função da cicatriz do deslizamento na parte superior da encosta (Portella et al, 2013). O fluxo de detritos do Córrego D'Antas alcançou uma distância máxima de aproximadamente 800m, atingindo a rodovia próxima ao local. A zona de deposição teve uma área estimada em 35.600m². O material depositado é composto pela mistura de massa movimentada durante este evento e materiais depositados de movimentos pretéritos.

Na Tabela 2 são apresentadas as características do evento Córrego D'Antas,

observadas e/ou medidas no campo após o evento.

Tabela 2. Características observadas/medidas do fluxo de detritos Córrego D'Antas.

Parâmetro	Valor
Cota inicial	1300 m
Cota final	880 m
Distância total percorrida	800 m
Altura	420 m
Ângulo de viagem	28°
Peso específico saturado	22 kN/m ³
Volume inicial	500 m ³
Área plana de deposição	35600 m ²

4 ANÁLISES E RESULTADOS

O movimento de massa do evento Córrego D'Antas foi avaliado considerando as características determinadas pelos mapeamentos geológico-geotécnicos, investigações de campo detalhadas e imagens aéreas de alta resolução realizadas em sobrevôos.

As simulações numéricas foram realizadas utilizando o programa DAN3D, onde foram considerados vários tipos de materiais, identificados a partir das investigações de campo (Tabela 4). Foram adotados dois modelos reológicos conjugados para simular os dois fluxos de detritos: modelo de atrito para a ruptura principal e de Voellmy para a ruptura do movimento lateral. Na zona de transporte e erosão foi considerado um material com reologia de atrito e, finalmente, para a zona de deposição foi adotado um material com reologia de Voellmy, por representar mais adequadamente o comportamento de um material coluvionar saturado, resultante do movimento de massa.

Tabela 3. Parâmetros de resistência dos materiais nas análises de Córrego D'Antas.

Material	Ângulo de atrito ϕ (°)	Peso específico γ (kN/m ³)
Material de depósito	25	16
Solo Residual	30	18
Rocha alterada	30	22

Rocha Sã	35	26
----------	----	----

O resultado geral da simulação do fluxo de detritos Córrego D'Antas é apresentado na Figura 4. Observa-se a trajetória do movimento de fluxo de detritos com as áreas atingidas, desde o topo até a base da encosta, indicadas pela cor cinza. Já o depósito do material na zona de deposição é representado pelo conjunto de isocurvas de diversas espessuras variando da cor verde (0,5m) para azul (5m).

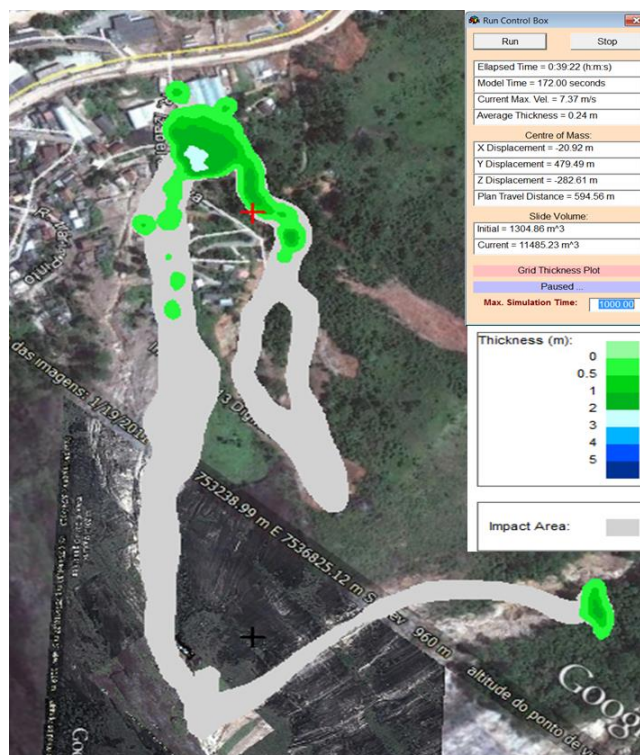


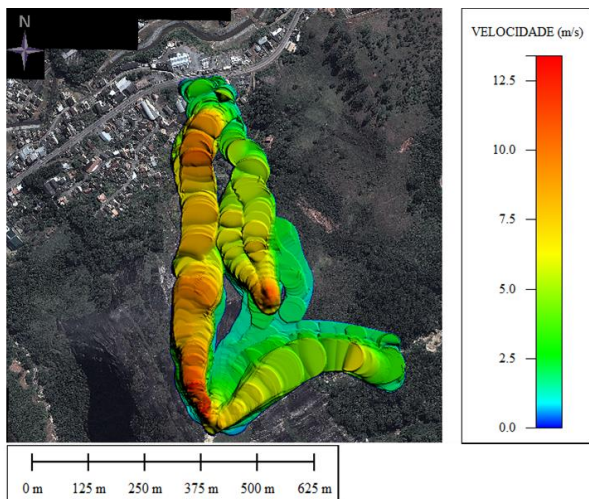
Figura 4. Resultados gerais da simulação com DAN3D.

A Figura 5 ilustra os mapas de isocurvas de velocidade e deposição resultantes da simulação numérica. Evidencia-se que o movimento apresentou velocidades elevadas na parte superior da encosta e diminuíram em função da deposição do material (Figura 5a). A velocidade máxima é de cerca de 15m/s e quase nula ao final da deposição. O mapa de deposição mostra o material sendo depositado na parte inferior da encosta, com espessura variável de 2,5 a 3,5m (Figura 5b). Indica também depósitos mais reduzidos com espessura de 0,5 a 1,0m localizados na parte inferior da encosta, que efetivamente foram observados na área.

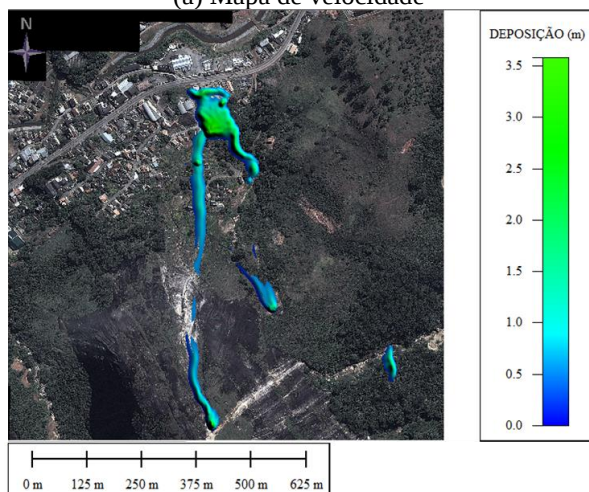
A Tabela 5 resume todos os resultados das simulações numéricas e das relações empíricas

e os compara com os valores reais, aqueles possíveis de serem medidos e/ou estimados na área do fluxo de detritos do Córrego D'Antas. Importante observar que todos os valores simulados pelo DAN3D se aproximam dos valores observados para o caso de estudo.

Em relação às relações empíricas, observa-se que as mais adequadas para a estimativa de parâmetros, de forma geral, são as propostas por Polanco (2010) e Motta (2014), ambas obtidas de análises de Banco de Dados do Grupo de Pesquisa DEBRIS FLOW – COPPE/PUC-Rio, constituído de eventos nacionais e internacionais, excluído o caso deste trabalho. Nota-se ainda que as relações de Rickenmann (1999), muito empregadas em projetos, ofereceram resultados afastados dos valores reais observados. Conclui-se que estas relações, apesar de muito difundidas no meio geotécnico, devem ser empregadas com muita cautela para fins de projeto.



(a) Mapa de velocidade



(b) Mapa de deposição

Figura 5. Isocurvas de velocidade e deposição características do fluxo de detritos Córrego D'Antas.

Tabela 4. Resultados das análises do Evento Córrego D'Antas.

Parâmetro	Observado	Relação empírica	DAN3D
Área de Deposição (m ²)	35.600	95.717 ⁽⁵⁾ 30.353 ⁽¹⁵⁾ 3.700 ⁽⁹⁾	~ 20.000
Volume (m ³)	nd	14,445 ⁽⁴⁾ 11,589 ⁽⁸⁾ 4.380 ⁽¹⁰⁾ 4.988 ⁽¹⁴⁾ 11.180 ⁽¹⁵⁾	11.000 - 15.000
Vazão de Pico (m ³ /s)	nd	199,7 ⁽⁶⁾ 89,8 ⁽⁸⁾ 236,1 ⁽⁷⁾ 32,6 ⁽¹⁴⁾ 37,4 ⁽¹⁵⁾	3 - 12
Distância Percorrida (m)	790	800 ⁽⁸⁾ 983 ⁽¹⁵⁾ 1.010 ⁽¹²⁾ 1.277 ⁽¹⁴⁾	600 - 1.000
Distância Percorrida de Deposição (m)	500	92 ⁽⁸⁾ 339 ⁽¹²⁾ 463 ⁽¹¹⁾	nd
Erosão (m)	0,5 – 1,00	nd	0,5 – 1,00

Relações empíricas: ⁽¹⁾ Sibnuy, 1966; ⁽²⁾ Kherkheulidze, 1975; ⁽³⁾ Tsubaki et al, 1981; ⁽⁴⁾ Takahashi, 1991; ⁽⁵⁾ Iverson, 1997; ⁽⁶⁾ Mizuyama et al, 1992; ⁽⁷⁾ Bovis & Jakob, 1999; ⁽⁸⁾ Rickenmann, 1999; ⁽⁹⁾ Crosta et al, 2001; ⁽¹⁰⁾ Gramani, 2001; ⁽¹¹⁾ Lorente, 2003; ⁽¹²⁾ Hungr, 2005; ⁽¹³⁾ Hubl, 2009; ⁽¹⁴⁾ Polanco, 2010; ⁽¹⁵⁾ Motta, 2014. nd: não disponível.

5 SOLUÇÕES ADOTADAS

Áreas afetadas por fluxos de detritos necessitam de uma avaliação detalhada e específica em relação à possibilidade de novos movimentos originados por material de depósito e material instável remanescente na área após a ocorrência do evento. Desta forma, é importante considerar a implantação de estruturas de contenção e proteção, capazes de reduzir os danos provocados pelos eventos potenciais. Nunes & Sayão (2014) propõem diversas medidas ativas e passivas para controle dos fluxos de detritos.

Em Córrego D'Antas, posterior ao evento de fluxo de detritos de 2011, equipes técnicas multidisciplinares analisaram várias medidas ativas e passivas necessárias para mitigação de novos movimentos em função da vulnerabilidade observada na área, inclusive a adoção de medidas sociais, como relocação de moradores e conscientização social da comunidade.

Um extensivo projeto de engenharia foi desenvolvido, privilegiando medidas de estabilização e convivência. O projeto contemplou estruturas convencionais e não convencionais, a fim de atender às complexas condições geológico-geotécnicas encontradas na área.

As Figuras 6 a 8 apresentam algumas soluções adotadas, destacando-se os muros de concreto armado e contrafortes atirantados e os revestimentos flexíveis constituídos de painéis de alta resistência HEA 300 associados a malha de chumbadores para estabilização de grandes blocos e lascas.

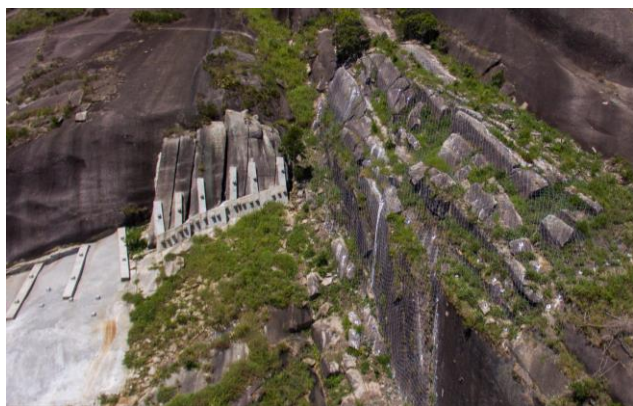


Figura 6. Painéis de alta resistência HEA e contrafortes atirantados para estabilização do maciço fraturado do Córrego D'Antas.



Figura 7. Detalhe dos painéis de alta resistência HEA para estabilização dos blocos.



Figura 8. Estruturas de contenção convencionais

6 CONCLUSÕES

As principais conclusões deste trabalho podem ser resumidas em:

- i. As relações empíricas, apesar de regionais e imprecisas, são úteis para a estimativa de magnitude de parâmetros dos fluxos de detritos;
- ii. As relações empíricas brasileiras de Polanco (2010) e Motta (2014) mostram resultados muito consistentes com os valores observados em Córrego D'Antas;
- iii. O programa DAN3D se mostrou uma ferramenta poderosa, capaz de representar o fluxo de detritos analisado e estimar parâmetros consistentes com os observados no evento.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o apoio financeiro da

CAPES e especialmente ao Professor Oldrich Hungr pela disponibilização do programa DAN3D. Agradecem também às Empresas SEEL e GEOMECÂNICA que disponibilizaram informações técnicas das áreas de estudo e permitiram o acompanhamento e livre acesso durante a execução das obras.

REFERÊNCIAS

- Bovis, M.J.; Jakob, M. (1999) The Role of Debris supply conditions in predicting Debris Flow activity, *Earth Surface Processes and Landforms*, n.24, p.1039-1054.
- Crosta, G.B.; Calvetti, F.; Imposimato, S.; Roddeman, D.; Frattini, P.; Agliardi, F. (2001) Granular flows and numerical modeling of landslides, *Debrisfall Assessment in Mountain Catchments for Local End-users*, 71p.
- Geomecânica (2011) Estudo de Detalhes – Descrição dos Pontos do Bairro Córrego D’Antas, Relatório Técnico, 82p.
- Gramani, M.F. (2001) Caracterização geológico-geotécnica das corridas de detritos (“DebrisFlows”) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais, *Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da USP*, 372 p.
- Hübl, J.; Suda, J.; Proske, D.; Kaitna, R.; Scheidl, C. (2009) Debris Flow Impact Estimation, September, p. 137-147.
- Hungr, O. (2005) Classification and Terminology, *Debris-flow Hazards and Related Phenomena*, pp 135-158. Praxis Springer Berlin Heidelberg.
- Hungr, O.; Morgan, C.; Kellerhals, R. (1984) Quantitative analysis of debris.torrent hazards for design of remedial measures, *Canadian Geotechnical Journal*, V21, p. 663-677.
- Iverson, R.M. (1997) The physics of debris flows, n 97, p. 245–296.
- Kherkheulidze, I.: Estimation of basic characteristics of mudflow, *Proc. Int. Assoc. Sci. Hydrol. Symp. Floods Comput.. Vol. II. Leningrad. 1967*, pp. 940-948.
- Lorente, A.; Beguería, S.; Bathurst, J.C.; García-Ruiz, J.M. (2003). Debris flow characteristics and relationships in the Central Spanish Pyrenees. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, p. 683–692.
- Mcdougall, S.; Hungr, O. (2004) A model for the analysis of rapid landslide motion across three-dimensional terrain. *Canadian Geotec. J.*, 41(6):1084-1097.
- Motta, H.P. (2014) Avaliação de corridas de detritos para previsão de eventos futuros, *Tese DSc, Programa de Engenharia Civil, COPPE-URJ*, 254p.
- Mizuyama, T.; Kobashi, S.; Ou, G. (1992) Prediction of debris flow peak discharge, *Interpraevent*, V4, p. 99-108.
- Nunes, A.L.L.S.; Sayão, A.S.F.J.; Rios Filho, M.G.; Dias, P.H.V. (2013) Desastres e Ações nas Encostas do Rio de Janeiro, VI Conferência Brasileira de Encostas – COBRAE, p. 74-96.
- Nunes, A.L.L.S.; Sayão, A.S.F.J. (2014) Debris Flow e técnicas de mitigação e convivência, 14CNG, Congresso Nacional de Geotecnia, Portugal, p. 83-123.
- Pelizoni, A. B. (2014). Análise de fluxos de detritos na região serrana fluminense. *Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro*, 134 p.
- Polanco, L.S.E. (2010) Correlações empíricas para fluxos de detritos, *Dissertação MSc, Programa de Engenharia Civil, COPPE-UFRJ*, 110p.
- Portella, F.E.; Silva, L.F.M.; Rio Filho, M.G.; Pereira, G.I.M. (2013) O Evento no Córrego D ’ Antas – Mapeamento Geológico – Geotécnico em Área de Difícil Acesso, VI Conferência Brasileira de Encostas – COBRAE, 8p.
- Rickenmann, D. (1999) Empirical Relationships for Debris Flows, n. 9, p. 47–77.
- SEOBRAS (2013) Mapeamento Geológico – Planta e Seção, Projeto Executivo para as Obras Emergenciais das Encostas no Município de Teresópolis, Secretaria de Estado de Obras – SEOBRAS e Consórcio Teresópolis II.
- Takahashi, T. (1991) Debris flow, *Balkema*, 297p.
- Voellmy, A. (1955) Über die Zerstörungskraft von Lawinen *Schweizerische Bauzeitung*, Jahrg 73, 280p.
- Wong, H.N.; Ho, K.K.S.; Chan, Y.C. (1997) Assessment of Consequences of Landslides, em: Cruden, D.M. & Fell, R. (eds.), *Landslide Risk Assessment. Proc. of the Workshop on Landslide Risk Assessment*, Honolulu, Hawaii, *Balkema*.
- Zhang, S. (1993) A comprehensive approach to the observation and prevention of debris flow in China, *Natural Hazards*, 7, p. 1-23.

AGRADECIMENTOS

Esta seção não é numerada. O corpo do texto tem a mesma formatação das seções anteriores.

REFERÊNCIAS

Esta seção não é numerada e deve ser apresentada em Times New Roman, tamanho 10. À exceção da primeira linha do texto da referência, as demais terão um recuo de 5mm em relação ao limite esquerdo da coluna (início a partir da quarta letra da primeira linha).

Os títulos de livros, dissertações, teses, revistas e anais de eventos devem aparecer em *itálico*. Quando a referência citada estiver disponível apenas em CD-ROM, acrescentar ao

final da descrição da mesma a expressão “CD-ROM”. No caso de citações de material da internet, a referência deve incluir a instituição, empresa, ou autor responsável pela informação, o endereço eletrônico e a data de acesso.

Os trabalhos citados no texto devem ser listados nas referências em ordem alfabética, nas formas exemplificadas abaixo:

- Ingold, T.S. e Miller, K.S. (1983). Drained Axisymmetric Loading of Reinforced Clay, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. 109, p. 883-898.
- Leshchinsky, D. e Perry, E.B. (1987) A Design Procedure for Geotextile Reinforced Walls, *Geosynthetics'87*, IFAI, New Orleans, LA, USA, Vol. 1, p. 95-107.
- Silva, A.R.L. (1995) *Análise de Estabilidade de Aterros Reforçados Sobre Solos Moles*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 183 p.
- Terzaghi, K. e Peck, R.B. (1987) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., McGraw Hill, New York, NY, USA, 685 p.