

Fórmulas Semiempíricas para a Determinação de Parâmetros de Debris Flows: Calibração e Aplicação Prática

Faíçal Massad

Prof. Titular Sênior da EPUSP, São Paulo, Brasil, faical.massad@usp.br

RESUMO: O trabalho apresenta a metodologia que vem sendo usada no projeto de obras de proteção e controle de debris flows na Serra do Mar, no Estado de São Paulo. Ela envolve um conjunto de fórmulas semiempíricas e ábacos, desenvolvidos no Brasil e no exterior, para a estimativa de parâmetros como a vazão de pico, a velocidade e o volume de sedimentos carregados pelo fluxo, necessários para o dimensionamento de obras. As fórmulas empíricas requerem algum tipo de calibração com dados e informações de eventos pretéritos numa dada região, tais como: a) intensidade da chuva 1 hora antes da deflagração do processo; b) área escorregada, c) altura da lâmina frontal do fluxo e d) volume dos sólidos da massa em movimento. O trabalho mostra como isso pode ser feito, ilustrando com casos de debris flows em Cubatão (SP), Caraguatatuba (SP) e outras localidades. Para realçar as potencialidades da metodologia em pauta, é feita uma aplicação a um dos projetos piloto do Projeto Gides do Governo Federal, a saber, o caso do Hospital São Lucas, em Nova Friburgo (RJ), com uma muito boa aderência entre os parâmetros calculados pela metodologia em pauta e aqueles indicados no Manual Gides.

PALAVRAS-CHAVE: debris flow, fórmulas empíricas, parâmetros de projeto

ABSTRACT: The paper presents the methodology that has been used in the design of works for the protection and control of debris flows in Serra do Mar, in the State of São Paulo, Brazil. It involves a set of semi-empirical formulas, developed in Brazil and abroad for the estimation of parameters such as peak discharge, velocity and volume of sediments carried by the flow, necessary for the design of the works. Empirical formulas require some kind of calibration with data and information from past events in each region, such as: a) rainfall intensity 1 hour before the process deflagration; b) slipped area, c) height of the front flow and d) volume of the solids of the mass in motion. The work shows how this was done for debris flows in Cubatão (SP), Caraguatatuba (SP) and other localities. To illustrate the potential of the methodology in question, an application is made to a pilot project of the Gides Project of the Brazilian Government, namely, the case of the São Lucas Hospital, in Nova Friburgo (RJ), with a very good adherence between the parameters calculated by the methodology in question and those indicated in the Gides Manual.

KEYWORDS: debris flow, empirical formulas, design parameters.

1 INTRODUÇÃO

Os debris flows são fenômenos altamente destrutivos e têm atingido várias regiões serranas do Brasil, com perdas de vidas, danos a propriedades civis e industriais.

O trabalho apresenta a metodologia que vem sendo usada no projeto de obras de proteção e controle de debris flows na Serra do Mar, no Estado de São Paulo. Ela envolve um conjunto de fórmulas semiempíricas e ábacos, desenvolvidos no Brasil e no exterior, que permitem a estimativa de parâmetros como a vazão de pico, a velocidade e o volume de sedimentos carregados pelo fluxo, necessários para o dimensionamento das obras.

As fórmulas empíricas requerem algum tipo de calibração, com dados e informações de eventos pretéritos numa dada região, tais como: a) intensidade da chuva 1 hora antes da deflagração do processo; b) área escorregada, quantificada através de fotos aéreas; c) altura da lâmina frontal do fluxo, medida em vales estreitos, existentes ao longo da linha de drenagem afetada; e d) volume dos sólidos da massa em movimento, estimado com base, quer na remoção do material trazido pelo fluxo, quer nas “fontes” de materiais das encostas, das margens e dos leitos dos córregos, passíveis de serem carregados pelo fluxo. O



2 0 2 5

trabalho mostra como isso foi feito em casos de debris flows em Cubatão (SP), Caraguatatuba e outras localidades.

Para ilustrar as potencialidades da metodologia em pauta, também é feita uma aplicação a um dos projetos piloto do Projeto Gides (2018) do Governo Federal, a saber, o caso do Hospital São Lucas, em Nova Friburgo (RJ). Como se sabe, 7 cidades da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro foram afetadas por muitos escorregamentos e debris flows, entre 11 e 12 de janeiro de 2011, causados por chuvas de grandes intensidades, levando 905 pessoas a óbito. O hospital situa-se numa das vertentes de Nova Friburgo, atingida por um debris flow que causou 20 mortos e a destruição de residências no seu entorno. Dada a sua importância, foram definidos, com base no Manual do Projeto Gides (2018), parâmetros para o projeto de obras de proteção, um “breaker” e uma barragem de concreto.

2 METODOLOGIA PARA A ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DE DEBRIS FLOWS

Os principais parâmetros de debris flows são os seguintes:

- a vazão de pico do "debris-flow" (q_T);
- o volume total de sedimentos e água por eles transportados (V_T);
- o volume de sólidos (detritos) (V_s);
- a velocidade média (U); e
- as forças de impacto contra as estruturas (F).

Cruz e Massad (1997) e Massad et al. (1997) fizeram uma proposta para definir estes parâmetros, em bases racionais.

Como premissas para os cálculos é necessário dispor de dados como:

- o perfil longitudinal ao longo do canal do curso d'água (talvegue, córrego ou rio);
- as seções transversais ao curso d'água nos locais das obras (seções de referência);
- as declividades das bacias hidrográficas e dos cursos d'água;
- a vazão de água (Q_o) da bacia hidráulica devida a precipitações pluviométricas, associadas a um dado tempo de retorno (TR), adotado no projeto; e
- a precipitação pluviométrica máxima de 24h (I_{24}).

2.1. Estimativas das Velocidades U nas seções de referência

As velocidades médias U podem ser estimadas através da Equação de Rickenmann (1991):

$$U = 1,3 \cdot \sin^{0,2}(\theta_1) \cdot q_o^{0,6} \cdot \frac{g^{0,2}}{d_{50}^{0,4}} \quad (1)$$

onde θ_1 é a inclinação média do canal; g , a aceleração da gravidade; d_{50} , o diâmetro médio dos grãos; Q_o é a vazão, só de água, devido a cheias; e q_o é mesma vazão por unidade de largura média (b) do canal. Observe-se que a velocidade U independe de h , altura da frente de avanço do "debris-flow". Há registros de altas velocidades de debris flows pelo mundo afora, na faixa de 5 a 30 m/s, muito superiores às da água

2.2. Estimativa da Concentração de Sólidos (c)

A concentração de sólidos (c), por unidade de volume, pode ser estimada pela Equação de Takahashi (1991 e 2007):

$$c = \gamma_o \cdot \frac{\tan(\theta_2)}{(\delta - \gamma_o) \cdot [\tan(\phi) - \tan(\theta_2)]} \quad (2)$$

válida para $10^\circ < \theta_2 < 20^\circ$ e onde γ_o é a massa específica da lama (água e "finos"); δ , a massa específica dos grãos; e ϕ , o ângulo de atrito do material pedregoso. O ângulo θ_2 refere-se ao trecho mais íngreme, onde o "debris-flow" se forma (escorregamentos, erosão das margens ao longo das drenagens e remobilização do material do leito). Se resultar $\theta_2 > 20^\circ$, Takahashi (1991 e 2007) recomenda adotar a cifra $c \cong 54\%$.



2.3. Estimativas das Vazões de Pico dos “Debris-Flows” (q_T) nas seções de referência

A vazão de pico (q_T) pode ser estimada de duas formas. A primeira, através da Equação (3) proposta por Massad et al. (1997):

$$q_T = \frac{2}{(1-c)} \cdot A \cdot I_1 \quad (3)$$

A segunda forma é por meio da Equação (4) de Araya Moya Modificada (ver Massad et al., 1997):

$$q_T = 1,4 \cdot \frac{I}{(1-c)} \cdot 0,85 \cdot A \cdot I_1 \frac{H^{0,19}}{L^{0,58}} \quad (4)$$

Nestas duas equações c é a concentração de sólidos, em volume; A , a área da bacia em km^2 ; I_1 , a intensidade de chuvas acumuladas, na hora anterior ao evento, em mm/h ; H , o desnível máximo na bacia hidrográfica até a seção de referência, em m ; e L , a extensão do rio, em km , também até a seção de referência.

O valor de I_1 pode ser estimado através do ábaco da Figura 1, preparado inicialmente com dados de debris flows na Serra do Mar, em São Paulo. Note-se que foi acrescentado um ponto, destacado em vermelho, extraído de Costa et al. (2020), relacionado aos debris flows catastróficos ocorridos na Região Serrana do Rio de Janeiro, em 2011. Ademais, a linha média na cor azul corresponde à Equação (5).

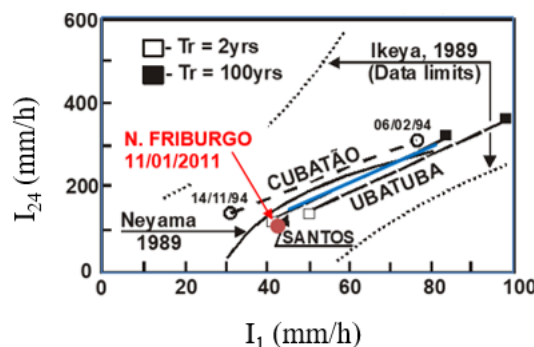


Figura 1; Ábaco para determinar I_1 em função de I_{24} (Modificado de Kanji et al., 2003)

$$I_1 = 10 + 0,237 \cdot I_{24} \quad (5)$$

O valor de h é calculado através da primeira das Equações (6), que, juntamente com a geometria das seções transversais, possibilita obter o valor de b , como se indica a seguir.

2.4. Estimativas de b e de h

Os cálculos da largura média da seção hidráulica (b) e da altura da lâmina frontal dos debris flows (h) são feitos de forma a satisfazer as seguintes equações:

$$h = \frac{q_T}{U \cdot b} \quad \text{e} \quad b = \frac{S}{h} \quad (6)$$

onde q_T é a vazão de pico do debris flow, U a sua velocidade e S é a área da seção transversal molhada (seção hidráulica), ambas na seção de referência. Como U é função de b , conforme a equação (1) de Rickenmann, o cálculo de b e de h é feito iterativamente.

O roteiro de cálculo pode ser o seguinte:

a) determina-se q_T (vazão de pico do debris flow) como sendo a média entre os valores das fórmulas de



- Massad (Equação 3) e de Araya Moya Modificada (Equação 4);
- adota-se um valor para b e calcula-se U (velocidade do debris flow) pela fórmula de Rickenmann;
 - determina-se o valor de $h = q_T / (U \cdot b)$;
 - com o valor de h e a geometria do canal, determina-se S ;
 - calcula-se $b' = S/h$; e
 - compara-se b' com b ; se forem diferentes, adota-se um novo valor para b e repetem-se os cálculos, até convergência.

Em Cunha et al. (2022), nas páginas 110 e 111, mostra-se como determinar b e h de forma gráfica.

2.5. Estimativa dos Volumes dos Sedimentos Transportados (V_s)

O volume total de sedimentos trazidos pelos "debris-flows" pode ser avaliado através da análise dos sedimentos passíveis de serem transportados. Basicamente, e em potencial, são três os materiais-fonte de sedimentos dos "debris-flows":

- os solos das encostas, passíveis de escorregamentos;
- os materiais pedregosos e arenosos (remobilizáveis) do leito; ou
- das margens (erodíveis) dos rios e córregos que formam as vertentes.

A experiência japonesa (IPT, 1990) aponta para a seguinte relação entre V_s (volume de sólidos) e A (área da bacia):

$$\frac{V_s}{A} = 30.000 \text{ a } 85.000 \text{ m}^3/\text{km}^2 \quad (7)$$

Uma segunda forma de estimar V_s é através das Equações (8) (Massad, 2002):

$$V_s = \frac{(1-\eta) \cdot A_e \cdot A' \cdot e}{1-p} = \frac{c}{1-c} \cdot I'_l \cdot A' \cdot e \quad A_e = \frac{c}{1-c} \cdot \frac{I'_l \cdot (1-p)}{e \cdot (1-\eta)} \quad (8)$$

onde η é a porosidade média do solo das encostas; A_e , a área escorregada, em porcentagem da área total (A') em m^2 ; I'_l , o valor de I_l em m/h ; e , a espessura média dos escorregamentos, em metros; e p , a porcentagem de material remobilizado dos leitos ou erodidos das margens, em relação ao volume total de sólidos (V_s).

Uma terceira forma de estimar os volumes dos sedimentos (V_s) é com o recurso de correlação empírica entre o volume total (V_T) e a vazão de pico dos "debris-flows" (q_T), de autoria de Takahashi (1991), e que pode ser assim escrita:

$$V_T = 500 \cdot q_T \quad (9)$$

donde:

$$V_s = 500 \cdot q_T \cdot c \quad (10)$$

A dispersão desta correlação é grande, por influência de fatores como a forma do "debrisgrama", ou seja, a variação da vazão do debris flow ao longo do tempo; as condições do canal e outras características do fluxo (Takahashi, 1991). Por isso, ela deve ser usada com cautela e em confronto com outras estimativas, pois foi obtida de correlações do tipo log-log.

2.6. Forças de Impacto

As forças de impacto (F) podem ser estimadas pela Equação (11) (Cruz e Massad, 1997):

$$F = \alpha \cdot S \cdot \gamma_o \cdot U^2 / g \quad (11)$$

onde α é um coeficiente que pode variar entre 1 e 2; S é a área de impacto; γ_o é a densidade do "debris flow" e g é a aceleração da gravidade.



3 VALIDAÇÃO EMPÍRICA DE PARÂMETROS: OS CASOS DA RPBC E DE CARAGUATATUBA

Para validar empiricamente as fórmulas apresentadas neste trabalho, foram escolhidos 2 casos de ocorrência de debris flows, com registros de alguns parâmetros, que serão confrontados com os correspondentes valores calculados. Ademais, mostra-se, para vários casos, como A_e (porcentagem da área escorregada) se correlaciona com I_l (intensidade da chuva 1 h antes do evento), em bases semiempíricas.

3.1. O caso da RPBC – Refinaria da Petrobras em Cubatão, São Paulo

O primeiro caso refere-se às obras de proteção contra debris flows executadas na RPBC, Refinaria da Petrobras em Cubatão, São Paulo. A Tabela 1 sintetiza os parâmetros disponibilizados e, as últimas colunas, mostram uma boa aderência entre valores calculados e medidos do volume de sólidos. Os cálculos foram feitos com base no valor médio das Equações (7), (8) e (9), e, as medições, através da quantidade de material terroso e pedregoso removida com caminhões. Em particular, na aplicação da Equação (9), o valor de $A_e=8,6\%$ foi obtido através da interpretação de Aerofoto da Bacia do Córrego das Pedras e, o valor de e , pela indicação de Wolle (1988) de espessura média dos escorregamentos translacionais na Serra do Mar ser da ordem de 1 m. Para mais detalhes, ver Massad (2002).

Tabela 1: Comparação entre valores calculados e medidos – o caso da RPBC em Cubatão (SP)

Local (RPBC – Cubatão, SP)	A	H	L	I_l	q_T (Eq.3)	V_s (m ³ /s)	
	(km ²)	(m)	(km)	(mm/h)	(m ³ /s)	Calculado	Medido
Córrego das Pedras (06/02/1994)	2,64	650	2,4	60	630	158.000	150.000
Afl. Principal- C. das Pedras (09/03/1996)	0,8	650	1,6	18	60	14.000	16.000

3.2. O caso da Rio Santo Antônio em Caraguatatuba

O segundo caso é o do debris flow catastrófico que atingiu Caraguatatuba em março de 1967. A Tabela 2, extraída de Cunha et al. (2022), mostra os parâmetros relativos ao Rio Santo Antônio, em 3 seções de referência. A precipitação I_l foi obtida por retroanálise, usando a 2ª das Equações (8). Nesta equação: a) o valor de $e=2,8m$ resultou de estimativa do volume de 4.200.000 m³ de material escorregado, feita por Fúlfaro et al. (1976), e de $A_e=4,3\%$, feita por Dias (Apud Cunha et al., 2022); b) η foi admitido ser igual a 40%; c) p foi desprezado, perante as centenas de escorregamentos ocorridos no vale do Rio Santo Antônio; e d) c foi tomado igual a 50%. Mais detalhes podem ser vistos em Cunha et al. (2022).

Tabela 2: Parâmetros do caso de Caraguatatuba (SP) – Bacia do Rio Santo Antônio

Seção de referência	U	b	A	H	L	I_l	q_T	h
	(m/s)	(m)	(km ²)	(m)	(km)	(mm/h)	(m ³ /s)	(m)
Casa do Bento	16,7	78	32	971	9,75	72	7.312	5,6
Nova Tamoios	9,3	225	35	991	11,25	72	7.772	3,7
Santa Casa	2,7	2000	39	993	12,00	72	8.550	1,6

Dos dados empíricos de Fúlfaro e de Dias também foi possível determinar $V_s=2.520.000$ m³, como consta da Tabela 3, que se compara com o valor calculado pela Equação (10), de 2.200.000 m³. Mostra, ademais, comparações entre valores medidos e calculados de A_e e de h , em duas das seções de referência.

Tabela 3: Comparação entre valores calculados e medidos – o caso de Caraguatatuba (SP)

Parâmetro	Calculado	Medido
Volume de sedimentos (sólidos)	2.200.000 m ³	2.520.000 m ³
A_e (Área escorregada, em porcentagem da área total)	4,3%	4,3%
Altura da lâmina frontal na seção de referência Casa do Bento	5,6 m	~6 m
Altura da lâmina frontal na seção de referência Nova Tamoios	3,7 m	
Altura da lâmina frontal na seção de referência Santa Casas	1,6 m	~1,5 m

3.3. Correlação sem-empírica entre a A_e e I_1

Num trabalho apresentado no XII COBRAMSEG, Massad (2002) mostrou uma correlação semiempírica entre a Área Escorregada (A_e), em porcentagem da área total (A), em função de I_1 , a intensidade de chuva 1 h antes de um debris flow. Tomou como base a 2ª das Equações (8).

Face a novos dados que surgiram nos estudos sobre os debris flows catastróficos de 1967 em Caraguatatuba, procedeu a uma revisão desta correlação, apresentada na Figura 2. Na sua construção foram usados dados empíricos de outros casos além de Caraguatatuba. Notar também que na ordenada aparece o termo $A_e \cdot e$, onde e é a espessura média dos escorregamentos. Vê-se assim que a referida equação mostrou sua eficácia nos casos analisados. Notar que $A_e \cdot e$ é o volume escorregado dividido pela área A da bacia.

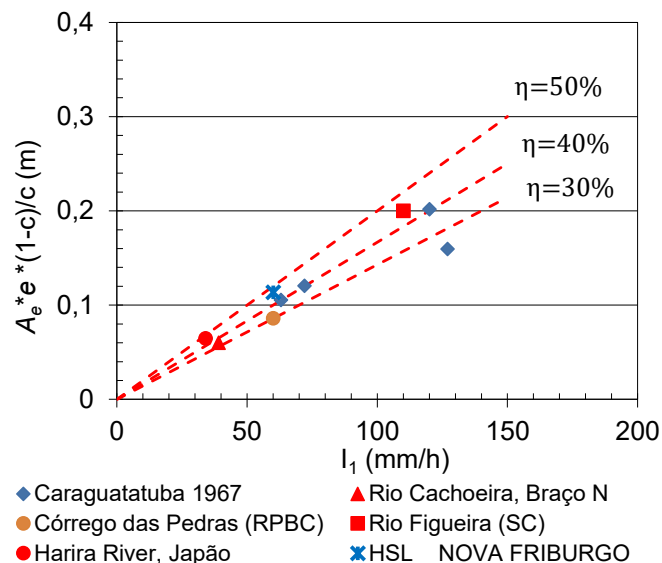


Figura 2; Correlação semiempírica entre Área escorregada e I_1

4 APLICAÇÃO AO CASO DO HOSPITAL SÃO LUCAS, NOVA FRIBURGO (RJ)

Para ilustrar as potencialidades da metodologia exposta neste trabalho, apresenta-se a seguir uma aplicação a um dos projetos piloto do Projeto Gides do Governo Federal, a saber, o caso do Hospital São Lucas, em Nova Friburgo (RJ), mostrado na Figura 3.



Figura 3; O caso do Hospital São Lucas, Nova Friburgo (RJ) (Adaptado de Projeto Gide, 2018)



Segundo Costa et al. (2020), e como já foi reportado acima, o Hospital São Lucas em Nova Friburgo (RJ) situa-se numa região que foi atingida por um fluxo de detritos em janeiro de 2011, resultando em 20 mortes e destruição de residências em seu entorno. Este evento fez parte de um dos maiores desastres brasileiros, que ocorreu entre 11 e 12 de janeiro de 2011, quando chuvas intensas desencadearam inúmeros deslizamentos de terra e fluxos de detritos na Região Serrana do Rio de Janeiro, afetando sete cidades, causando 905 mortes e impactando mais de 300.000 pessoas.

Para os propósitos deste trabalho apresentam-se a seguir os dados que pautaram as análises feitas com as fórmulas semiempíricas, apresentadas no item 2.

DADOS:

Área da Bacia: $0,075 \text{ km}^2 < 1 \text{ km}^2$

$H=410\text{m}$

$L=800\text{m}$

$I_{24}=191\text{mm}$ (TR=200 anos)

$\theta > 20$ graus

$c=0,54$ (limite superior de Takahashi)

Como a inclinação média do talvegue é maior do que 20 graus, adotou-se $c=0,54$, conforme recomendação de Takahashi (1991).

Com base no valor de I_{24} e na Equação (5) determinou-se o valor de I_1 :

$$I_1 = 10 + 0,23.191 = 56\text{mm/h} \quad (12)$$

Usando sucessivamente as Equações (3) e (9) foi possível determinar q_T e V_T . Para a estimativa do volume de madeira (V_{MAD}) transportado pelo fluxo, empregou-se a Equação 5.16, página 120, do livro de Cunha et al (2022). Seguem os resultados obtidos, incluindo o V_{MAD} , assim como o $V_{TOTAL} = V_T + V_{MAD}$.

$$q_T = \frac{2}{1-c} \cdot A \cdot I_1 = \frac{2}{1-0,54} \cdot 0,075.56 = 18,6\text{m}^3/\text{s} \quad (13)$$

$$V_T = 500 \cdot q_T = 500 \cdot 18,6 = 9.130 \text{ m}^3 \quad (14)$$

$$V_{MAD} = 1000 \cdot A = 75 \text{ m}^3 \quad (15)$$

$$V_{TOTAL} = 9.205 \text{ m}^3 \quad (16)$$

A solução do Projeto Gides (2018) encontra-se no volume 4, página 137. Ela está apresentada na Tabela 4, ao lado das cifras calculadas pelas Equações 14 a 16. Vê-se que há uma boa aderência entre os valores indicados. É importante destacar que o Manual Gides requer análises hidrológicas, geológicas e geomorfológicas, em detalhes, inclusive com inspeções de campo, entre outras atividades, enquanto a metodologia proposta neste trabalho procede com macro análises, envolvendo parâmetros mais abrangentes.

Tabela 4: Resumo resultados - Hospital São Lucas (RJ)

Volumes (m^3)	Projeto Gides	Este trabalho
V_T (Sedimentos + Água)	10.873	9.130
V_{MAD} (Madeira)	55	75
$V_T + V_{MAD}$ (Total)	10.928	9.205

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou a metodologia que vem sendo empregada no projeto de obras de proteção e controle de debris flows na Serra do Mar, no Estado de São Paulo. Ela envolve fórmulas e ábacos semiempíricos, que vêm sendo calibrados com sucesso nos quase 30 anos de sua utilização. Através de casos reais, foi mostrada neste trabalho a sua eficácia, com a vantagem de que seus procedimentos requerem macro análises, isto é, o



uso de parâmetros mais abrangentes de uma dada bacia hidráulica, que pode ser palco de eventos como os debris flows.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Costa, M. G., Rampinelli, C. G., Borges, E. C., Maia, B.E. S., Mota, M.V.F., Falcão, P.R.F., Shimoda, Y. e Znamensky, D.V. (2020). Standard Countermeasures Studies for Debris Flow Disasters in Brazil. *In: International Journal of Erosion Control Engineering*, vol. 13, no. 1, p. 12-22.
- Cruz, P.T. & Massad, F. (1997). Debris-Flows: an attempt to define design parameters. *Symposium on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics*, Rio de Janeiro, Brasil, 25-27 June.
- Cunha, M. A.; Paula, M. S.; Iyomasa, W. S.; Gramani, M. F.; Massad, F. (2022). *Debris Flow na Serra do Mar - O Caso de Caraguatatuba 1967* ed 1. vol 1, p. 192. São Paulo: Oficina de Textos.
- Fúlfaro, V. J. et al. (1976). Escorregamentos de Caraguatatuba: expressão atual e registro na coluna sedimentar da planície costeira adjacente. *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, 1, RJ, vol. 2: 341-350.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1990). *Progress Report: The study on the disaster prevention and restoration project in Serra do Mar, Cubatão, S. Paulo*. Relatório 28.404.
- Kanji, M. A.; Massad, F.; Cruz, Paulo T da. (2003). Debris Flows in Áreas of Residual Soils: Occurrence and Characteristics. *In International Workshop on Occurrence and Mechanism of Flows in Natural Slopes and Earthfills International Workshop on Occurrence and Mechanism of Flows in Natural Slopes and Earthfills Sorrento 2003*, v.1, p.1 – 13, Assoc. Geotec. Italiana.
- Massad, F., Cruz P. T., Kanji M. A. & Araujo Filho, H. A. de, (1997). Comparison between estimated and measured debris flow discharges and volume of sediments. *II Panamerican Symposium on Landslides e II COBRAE*, Nov., Rio de Janeiro, Brasil, Vol 1: 213-222.
- Massad, F. (2002): Corridas de Massas Geradas por Escorregamentos de Terra - Relação entre a Área Deslizada e a Intensidade de Chuva. *In: XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, S. Paulo.
- Projeto Gides (2018). *Manual Técnico para Intervenções Estruturais para fluxo de Detritos*. Volume 4. Cooperação entre os Governos do Brasil e do Japão, através da JICA e do Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo do Japão.
- Rickenmann, D. (1991). Hyper concentrated flow and sediment transport at steep slopes. *Journal of Hydraulic Engineering* vol. 117, n. 11, Nov/1991, p. 1419-1439.
- Takahashi, T. (1991). *Debris-flows* Monograph Series, Balkema, 165 p..
- Takahashi, T. (2007). *Debris Flow – Mechanics , Prediction and Countermeasures*. Taylor & Francis. 448p..
- Wolle, C.M. (1988). *Análise dos escorrega-mentos translacionais numa região da Serra do Mar, no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas*. Tese de Doutorado, defendida na EPUSP.