

**ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE
ESCORREGAMENTO TIPO FLUXO COM O USO DA MORFOMETRIA:
CASOS NA SERRA DO MAR PARANAENSE**

Picanço, J.¹ ; Faccuri, G.G. ¹; Tanaka, H.S. ¹; Guimarães, P.¹;

;

Resumo – Os escorregamentos do tipo fluxo ocorrem em bacias hidrográficas pequenas, com canais de drenagem com alta amplitude de relevo e com disponibilidade de materiais (solos, rochas, etc.) que possam ser mobilizados em períodos de intensa precipitação. Os estudos morfométricos são importantes de análise. A análise automática de pequenas bacias em ambiente GIS contribui para uma uniformização dos dados. Além disso, permite uma uniformização dos resultados para diferentes áreas. A Serra do Mar Paranaense é um local com grande incidência deste tipo de fenômeno. Nesse trabalho serão analisadas duas áreas: 1) a Serra da Prata, uma área com baixa incidência de registros históricos e com um grande evento registrado, ocorrido em março/2011; e 2) a Serra do Ibiteraque, uma bacia sem histórico de ocorrência de fluxos de detritos e sem registro de eventos significativos recentes. Verifica-se que ambas as áreas possuem índices morfométricos similares. A Serra do Ibiteraque apresenta maior amplitude (entre 0,71 e 1,49 km), sub-bacias alongadas ($S < 0,4$) e índices de Melton altos, entre 0,6 e 1,1. Já as sub-bacias da Serra da Prata possuem amplitude ligeiramente menor (entre 0,69 e 1,1, bacias alongadas com algumas bacias mais circulares ($S > 0,4$) e índices de Melton entre 0,41 e 0,78. Verifica-se entre as duas áreas estudadas uma boa correlação linear entre a área (A) e o comprimento das sub bacias (WL). Entretanto muitas sub-bacias com ocorrência registrada de debris flow apresentaram índices de Melton ao redor de 0,5. Estes números podem indicar a presença de outros fatores, como a espessura e a natureza do substrato, entre outros. Um numero maior de bacias analisadas pode contribuir para estabelecer com mais acurácia estes parâmetros e auxiliar na determinação da suscetibilidade a movimentos de massa do tipo fluxo.

Palavras-Chave – fluxos de detritos, parâmetros morfométricos, sub-bacias, índice de Melton.

Abstract – Flow-type landslides occur in small watersheds, with high relief and availability of materials (soils, rocks, etc.) that can be mobilized during periods of intense rainfall. Morphometric studies are important for analysis of Flow type landslides. The automatic analysis of watersheds in the environment and GIS contributes to the standardization of data. In addition, it allows a uniformity of results for different areas. Serra do Mar in Paraná State, southern Brazil, is a place with great incidence of flow type landslides. Two areas will be analyzed: 1) Serra da Prata area, with a low incidence of historical records and a large recorded event, occurred in March / 2011; and 2) the Serra do Ibiteraque, a area with no history of occurrence of debris flows and no recent significant events. Both areas have similar morphometric indices. The Serra do Ibiteraque area has a larger amplitude (between 0.71 and 1.49 km), elongated sub-basins ($S < 0.4$) and high Melton indices, between 0.6 and 1.1. The Serra da Prata watersheds, on the other hand, have slightly less amplitude (0.69 to 1.1), with some more circular basins ($S > 0.4$) and Melton indices between 0.41 and 0.78. There is a good linear correlation between the area (A) and the watershed length (WL) between both areas. However, many watersheds with a recorded debris flow presented Melton values around 0.5. These numbers may indicate extra-morphometric factors, such as the thickness and nature of the substrate, etc. A larger number of analyzed watersheds can contribute to establish these parameters more accurately and to assist in the determination of susceptibility to flow-type mass movements.

Key words – debris flows, morphometric parameters, watersheds, Melton index.

¹ Departamento de Geologia e Recursos Naturais (DRN); Instituto de Geociências UNICAMP.

1. INTRODUÇÃO

Os escorregamentos tipo fluxo são frequentes em pequenas bacias em áreas montanhosas, com alta amplitude de relevo. Caracterizam-se por fluxos com elevada carga de detritos, com viscosidade mais alta que os fluxos aquosos newtonianos (Pierson, 2005). Os detritos são todos os materiais sólidos que possam ser carregados para as drenagens, como solos, rocha, árvores e detritos antropogênicos (Hungr et al., 2001). Em geral, estes fluxos podem alcançar altas velocidades, com alto poder de destruição.

Os fluxos podem ser subdivididos em alguns tipos principais, segundo as características do fluido e a composição dos detritos. Os fluxos de enchente (*debris floods*) são fluxos com carga de sedimentos maior que um fluxo aquoso comum. Em geral a quantidade de sedimentos de um fluxo de enchente pode ser situada entre 20 e 60% em peso. Estes sedimentos são fluxos hiperconcentrados, com alta viscosidade e com vazões cerca de um a quatro vezes a descarga de um fluxo aquoso (Pierson, 2005). No Brasil, sua ocorrência é bastante comum em regiões Serranas. São o que se chama frequentemente (e erroneamente) de “trombas d’água” ou, mais corretamente, de “cabecas d’água”. Tem um alto poder erosivo e podem gerar vítimas, principalmente banhistas desavisados durante o verão.

Os fluxos de detritos (*debris flows*) são fluxos com concentração de sedimentos maior que 60% (Jakob & Hungr, 2005). Por apresentar alta energia e alta velocidade, o seu poder de destruição é muito maior que os fluxos de enchente. Os fluxos de detritos apresentam vazões quatro a quarenta vezes maiores que uma enchente comum (Wilford et al., 2005). Podem carregar grandes quantidades de blocos de rochas, sedimentos e árvores. Os fluxos de lama são também muito viscosos e com alto poder de destruição. Em geral são distintos dos *debris flows* por apresentarem índice de Plasticidade (IP) >5% (Hungr et al., 2014).

No terreno, os escorregamentos tipo fluxo são subdivididos em três zonas principais: a) zona de nucleação de escorregamentos; b) zona de transporte; c) zona de deposição de sedimentos (Hungr, 2016; Jakob & Hungr, 2005). A zona de nucleação corresponde as áreas onde os escorregamentos se iniciam. São áreas com alta a média declividade, em geral com espessura de solo pouco a medianamente espessa, em geral associadas a áreas de ruptura de declive. Estas são as áreas onde a estabilidade é mínima e a energia potencial é máxima. As zonas de transporte são as zonas onde o material desce, sendo carregado principalmente em canais, onde a erosão do fluxo configura um formato trapezoidal, com fundo da drenagem em forma de U. A zona de deposição corresponde às áreas com menor declividade, onde o material do fluxo de detritos é depositado. Caracteriza-se por áreas de declividade mais baixa, em geral menos que 10°. Representam as zonas de leques aluviais, com ampla predominância de conglomerados e areias grosseiras (Wilford et al., 2005).

Para uma análise de suscetibilidade destas pequenas bacias, outro conceito importante é o da área da contribuição. Esta representa toda a parte da bacia acima do Apex, ou seja, acima do ponto onde o material começa a ser depositado. Compreende a zona de iniciação e a zona de transporte. A diferenciação entre a área de contribuição e a área de deposição é importante para entender a quantidade de material que é erodida e/ou depositada durante ou mais eventos deste tipo. Outra contribuição destes dois conceitos é permitir uma separação entre áreas com mais e menos perigo (ameaça) numa sub-bacia sujeita a fluxos de enxurrada ou fluxos de detrito. Portanto, são conceito muito úteis no posterior zoneamento de risco.

Na análise preliminar de suscetibilidade para este tipo de fenômeno, a análise morfométrica de bacias é uma das abordagens mais frequentes e efetivas. São métodos bastante simples, baratos, facilitando uma abordagem preliminar de uma área grande e na seleção de alvos com maior perigo. Com o uso de análises simples a partir de um modelo digital de elevação (MDE), pode-se calcular diversos índices uteis na determinação da suscetibilidade a escorregamentos tipo fluxo. Entre os índices mais comuns temos: área da bacia (A), comprimento da bacia (WL), a amplitude altimétrica, a forma (S) e o índice de Melton (M).

Embora estes índices sejam de larga aplicação, seu caráter empírico necessita que a delimitação dos diferentes tipos de escorregamento tipo fluxo seja considerado através da análise conjunta destes índices. Wilford et al. (2004) apresentou vários critérios para esta identificação.

Entre outros a definição de que as bacias suscetíveis a fluxos de detritos tenham índices de Melton maiores que 0,6, e comprimento de bacia (WL) seja menor que 2,6 km. As bacias com índices de Melton entre 0,6 e 0,3 seriam bacias suscetíveis a fluxos de detritos, enquanto as bacias com índice de Melton $<0,3$ e $WL > 2,6$ seriam bacias suscetíveis a enchentes (Wilford et al., op.cit.). Welsh & Davies (2011) chegaram a valores bastante semelhantes. No entanto, segundo estes autores, os fluxos de detritos podem ocorrer em bacias com índice de Melton $> 0,5$.

O litoral do estado do Paraná, é uma região bastante suscetível a escorregamentos do tipo fluxo em suas áreas Serranas e de sopé de encosta (Lima & Lima, 2002). Em levantamento histórico que abrangeu o período 1796-1980, Picanço et al. (2017) inventariaram diversos eventos hidrológicos na região, registrados em memórias, crônicas e notícias de jornais antigos. Embora não se possa separar claramente entre os diferentes tipos de escorregamento em fontes deste tipo, algumas puderam ser claramente identificadas como fluxos. Neste levantamento verificou-se que a região como um todo teve em média um evento de pequena intensidade a cada 4 anos e eventos maiores a cada 16 anos.

Para este trabalho vamos comparar os valores morfométricos de duas áreas no litoral do Paraná: 1) a região da Serra da Prata (Picanço et al., 2016), que sofreu o evento de 2011; 2) Serra do Ibiteraqueire (ou Serra dos Órgãos), uma área em que não houve registros de ocorrência de fluxos de detritos, embora sejam comuns os debris floods, conhecidos localmente como “cabeças d’água”. Na região da Serra da Prata, analisando onze sub-bacias com ocorrência de fluxo de detritos, Picanço et al. (2016) encontraram valores bastante similares com os encontrados por Welsh & Davies (op.cit.). Parece interessante uma abordagem deste assunto que possa reunir uma base maior de dados morfométricos entre áreas adjacentes, comparando áreas afetadas por fluxos de detritos e outras sem registro.

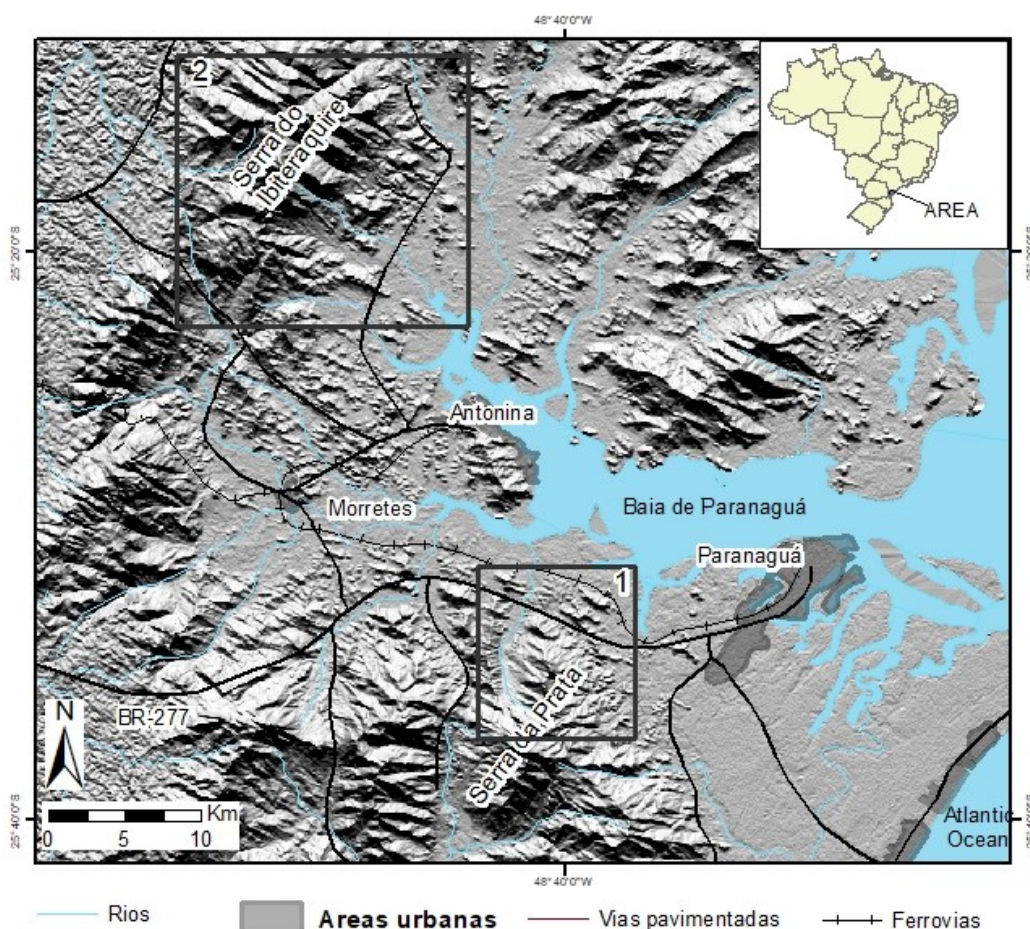


Figura 1. Localização das áreas estudadas no litoral do estado do Paraná.

2. METODOLOGIA

O modelo digital de elevação para este trabalho foi construído em ambiente GIS com os dados do sensor ASTER/GDEM (pixel 27 m). As áreas foram identificadas a partir de modelos digitais de elevação, sendo posteriormente checadas em campo. As áreas de contribuição das bacias foram obtidas automaticamente com a ferramenta Hydrology do módulo Spatial Analyst (Arcmap 10.5). As áreas de contribuição são as áreas acima do ápex das bacias, ou seja, a partir do ponto onde começa a deposição do material. Os ápex das bacias foram determinados em imagens Worldview com 1 m de resolução para a área da Serra da Prata. Na Serra do Ibiteraqueire foram utilizadas imagens Google Earth. As áreas foram checadas em campo. O cálculo dos índices foi feito automaticamente pelo módulo *Spatial Analyst*.

Os dados obtidos pela análise morfométrica automática a partir do MDE estão apresentados na tabela 2. A área total da bacia (A) e o comprimento máximo da bacia (WL) são obtidos diretamente. Os outros parâmetros são calculados a partir destes. O índice de forma da bacia (S) é dado pela relação $S=A*WL^{1/2}$, onde A é a área total da bacia e WL é o comprimento da bacia. Por sua vez, o índice de Melton (R) é dado pela relação $R = H*A^{1/2}$, onde H é o gradiente altimétrico da bacia (em km) e A é a área total da bacia (em km²).

3. AREAS SUSCETIVEIS À ESCORREGAMENTOS TIPO FLUXO NA SERRA DO MAR PARANAENSE

3.1. Bacia do Cacatu, Serra do Ibiteraqueire

A bacia do rio Cacatu está localizada na face leste da Serra do Ibiteraqueire. A bacia é formada pelas sub-bacias do rio Cacatu e do rio do Nunes. As duas drenagens nascem na Serra do Ibiteraqueire (Maack, 2001) e tem um perfil longitudinal muito semelhante. A Serra dos Órgãos ou Serra do Ibiteraqueire é uma das mais elevadas Serras da porção sul da Serra do Mar. Apresenta altitudes até 1860 m no Pico Paraná. Corresponde a um grande front dissecado, com relevo formado por escarpas e cristas com topos aguçados ou convexos, com canais de drenagem e vales profundos (Oka-Fiori et al., 2006).

A Serra tem seu relevo sustentado essencialmente por rochas granitoides. Estes granitoides encontram-se encaixados em rochas gnáissicas e graníticas mais antigas. Diques máficos de idade mesozoica, condicionam os principais vales, com direções NW-SE predominantes. Em seu Piemonte, são encontrados sedimentos de sopé, como colúvios e tálus, que se interdigitam com sedimentos aluvionares e marinhos (Angulo, 1992).

3.2. Bacia do Rio Jacareí, Serra da Prata

Bacia do rio Jacareí está situada na vertente ocidental da Serra da Prata. As nascentes do rio Jacareí e do rio São Sebastião ocorrem na encosta norte do Morro Alto. Com 1432 m, este é o ponto mais alto da região. A Serra da Prata consiste num alinhamento de direção norte sul, com cotas diminuindo em direção à baía de Paranaguá. Os topos dissecados da Serra estão entre 900 e 1500 metros de altitude. Apresenta topos arredondados. Os vales são bastante encaixados, em forma de V. A drenagem principal tem direção N-S e as sub-bacias associadas com direções NW-SE.

A Serra da Prata é sustentada pelos granitoides do batólito Paranaguá (Cury, 2009). Localmente, ocorrem faixas de rochas xistosas da formação Rio das Cobras. Estas rochas são cortadas por diques de diabásio, que condicionam a direção das sub-bacias. Os depósitos colúvio aluvionares de sopé são relacionados a sedimentos da formação Alexandra (Mioceno) e depósitos de fluxos de detritos recentes. Estes depósitos gradam para depósitos marinhos em direção a baía de Paranaguá.

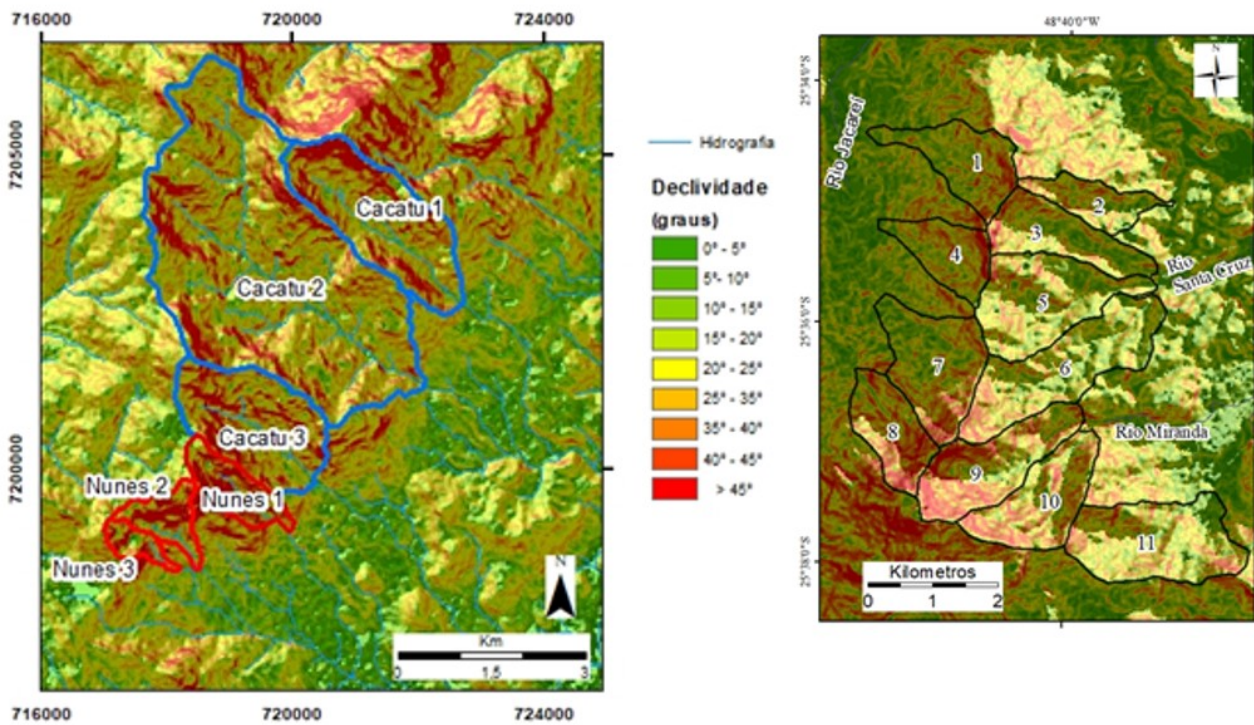


Figura 2. Imagens de satélite e modelo digital do terreno das áreas estudadas com a delimitação das bacias e a declividade. As sub-bacias da Serra da Prata são : 1) Tingidor; 2) Celestino; 3) Tingui; 4) Gigante; 5) Do Meio; 6) Cachoeira; 7) Cruzilia; 8) Alto Jacareí; 9) Miranda; 10) Pequeno; e 11) Do Salto.

4. ANÁLISE DOS DADOS MORFOMÉTRICOS

As duas áreas estudadas, bem como suas sub-bacias, estão representadas e nominadas na figura 2. Os índices morfométricos obtidos para as bacias de ambas as áreas estão representados na tabela 1 abaixo. As sub-bacias são pequenas, com áreas entre 0,44 km² (sub-bacia Nunes 3) a bacias relativamente grandes, com até 3 km (sub-bacias Cacatu 1, na Serra do Ibiteraque e sub-bacia Cachoeira na Serra da Prata. Uma sub bacia, Cacatu 2, é amplamente maior que as demais, com área de 14 Km² e comprimento de 6 Km. Os comprimentos de bacia variam entre 1,35 e 3,77 Km.

O índice de altimetria (H) é alto para todas as sub-bacias. A sub bacia com menor H é a bacia do rio Gigante, com $H = 0,66$. As sub-bacias com maiores índices H são Cachoeira, Alto Jacareí e Miranda na Serra da Prata, com valores entre 0,95 e 1,1 KM. As sub-bacias da Serra do Ibiteraque todas tem altos valores de H. O maior valor de H é a bacia do Cacatu 2, com 1,49 km. As sub-bacias do rio Cacatu são em geral alongadas, com índices de forma (S) entre 0,11 e 0,3. Uma bacia, do rio do Salto, é que se apresenta mais oblonga, com índice de forma 0,49.

A Figura 3 mostra que as bacias apresentam uma boa correlação linear entre sua área e seu comprimento. As sub-bacias da Serra do Ibiteraque apresentam maiores comprimentos de sub-bacia. A sub-bacias da Serra da Prata apresentem amplitudes menores, entre 3,71 e 1,98.

A correlação entre o comprimento da bacia e o índice de Melton (figura 4) também mostra resultados mais dispersos para as sub-bacias da Serra do Ibiteraque em relação as da Serra da Prata. Nesta mesma figura, com a exceção da sub-bacia Cacatu 2, as demais estão bem agrupadas. Neste agrupamento, percebe-se dois grupos distintos: a) o grupo 1, representado pelas sub-bacias com comprimento entre 2-3 km e índice de Melton ao redor de 0,4. Um grupo mais numeroso, com sub-bacias com comprimento entre 2 e 4 km e com índice de Melton entre 0,5 e 0,8; c) um grupo com comprimento de bacia entre 1,0-2,2 km e índice de Melton >1,0.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos das diferentes sub-bacias analisadas

Área	Sub-bacia	A (km ²)	WL (Km)	H (Km)	S	R
Serra da Prata	1 - Tingidor	1,66	2,37	0,74	0,29	0,57
	2- Celestino	1,03	2,37	0,69	0,18	0,68
	3- Tingui	1,73	2,75	0,72	0,23	0,55
	4- Gigante	1,26	1,99	0,66	0,32	0,59
	5- do Meio	2,67	2,80	0,67	0,34	0,41
	6- Cachoeira	3,06	3,71	0,95	0,22	0,54
	7- Cruzília	2,36	2,50	0,84	0,38	0,54
	8-Alto Jacareí	1,50	2,18	0,95	0,31	0,78
	9- Miranda	2,29	2,93	1,11	0,26	0,73
	10- Pequeno	2,01	2,51	0,89	0,32	0,63
	11- do Salto	2,88	2,42	0,69	0,49	0,41
Serra do Ibiteraqueire	Cacatu1	3,94	3,77	1,31	0,09	0,66
	Cacatu2	14,04	6,26	1,49	0,03	0,40
	Cacatu3	3,43	2,88	1,24	0,19	0,67
	Nunes 1	1,10	2,14	1,04	0,13	1,00
	Nunes 2	0,86	1,63	0,95	0,17	1,02
	Nunes 3	0,44	1,35	0,71	0,11	1,06

Onde: A – área, WL- comprimento da bacia, H – amplitude, S- formato, R – índice de Melton.

5. DISCUSSÕES

As sub-bacias da Serra da Prata foram atingidas por um forte evento meteorológico em março /2011 (Picanço & Nunes, 2013). Neste evento foram deflagrados diversos debris flows de grande magnitude. Com exceção das bacias dos rios do Meio, Pequeno e do Salto, as demais tiveram a ocorrência de debris flows. Foram também encontradas outras evidências como antigos depósitos de debris flows, nas sub bacias do Tingidor, Gigante, Cachoeira e Tingui. Existem informações históricas sobre outras ocorrências de debris flows na Serra da Prata em 1975 (Picanço et al, 2017).

Na Serra do Ibiteraqueire, não existem ainda informações sobre ocorrências de debris flows por dificuldades de acesso as áreas afetadas por este fenômeno. Uma evidência indireta são os extensos depósitos de leques aluvionares nas encostas destas Serras (Angulo, 1992). No entanto, os baixos cursos dos rios Cacatu e do Nunes mostram com frequência a ocorrência de debris floods, chamados pelos habitantes de “*trombas d’água*” ou “*cabeças d’água*”.

Para Wilford et al. (2005), são muito importantes tanto evidências morfométricas quanto evidências de campo da ocorrência de movimentos de massa tipo fluxo numa área. A morfometria influencia diretamente no comportamento dos movimentos de massa tipo fluxo, na medida em que está relacionada com o grau de energia relacionada ao relevo (Wilford et al., 2004). A energia relacionada com a amplitude altimétrica (H) de uma sub-bacia é um dos fatores mais importantes. Uma rápida observação da tabela 1 pode nos mostrar que as bacias mais suscetíveis são aquelas que tem uma maior amplitude altimétrica. Entretanto, os movimentos do tipo fluxo ocorrem em bacias pequenas. Em geral, estas bacias têm valores de área (A) não maiores que 3 km² (Hungre et al., 2014). A Figura 3 mostra que as bacias analisadas possuem uma forte correlação entre si.

É importante também que as sub-bacias tenham material para ser carregado na forma de fluxos. Em bacias com alta declividade, o equilíbrio morfogênese/pedogênese se faz em detrimento desta última. Logo, em áreas de alta declividade, em geral $> 40^\circ$, o solo litólico e os aforamentos de rocha predominam amplamente. Com isso, pouco material fino é disponibilizado para os movimentos de massa tipo fluxo (Wilford et al., 2004). Nesses locais, somente ocorrem movimentos envolvendo rocha, como quedas, rolamentos e, mais raramente, escorregamentos de rocha. Embora possam ser importantes e possam se associar a movimentos tipo fluxo nas porções inferiores da encosta, uma bacia com alto H e alta declividade são menos sujeitos a debris flows.

Da mesma forma, o formato da bacia pode influenciar a ocorrência de movimentos de massa tipo fluxo. Em geral drenagens com valores de índice de circularidade (S) mais baixos, portanto mais alongadas, são mais suscetíveis a debris flows. Na tabela 1 os valores de S estão por volta de 0,3. O maior valor de S ($S=0,49$) ocorre numa bacia onde não se verificou a ocorrência de debris flows.

Outro fator importante para a ocorrência de movimentos de massa tipo fluxo e relacionado com a circularidade S é que as drenagens precisam estar interconectadas. Quanto mais interconectadas, menos circular é a sub-bacia. Para isso, as drenagens precisam ter ângulos baixos entre si (Guthrie et al., 2010). Esta disposição pode influenciar a rápida geração a disponibilização de material na drenagem principal, onde ocorre o debris flows. No entanto, ângulos retos entre os afluentes e a drenagem principal pode levar a obstrução de canais. O rompimento das barragens naturais geradas por este processo pode induzir a debris flows grandes e com alta energia a jusante (Guthrie et al., op. cit.).

O índice de Melton (R) reflete exatamente a relação entre área (A) e amplitude vertical (H) de uma dada sub-bacia. Esta relação reflete a energia gravitacional envolvida no processo. Um dos fatores mais eficazes na determinação da suscetibilidade a movimentos de massa tipo fluxo é a determinação do índice de Melton (R) combinado com o comprimento de bacia (WL) (Wilford et al., 2004). De acordo com este critério, as bacias mais suscetíveis a ocorrência de debris flows seriam as bacias com $WL < 2,7$ Km e $R > 0,6$. As bacias com $R < 0,4$ seriam bacias de enchentes. As sub-bacias com índice de Melton intermediário – R entre 0,4 e 0,6 - seriam as sub-bacias com ocorrências de debris floods (Wilford et al., 2004; Welsh & Davies, 2011).

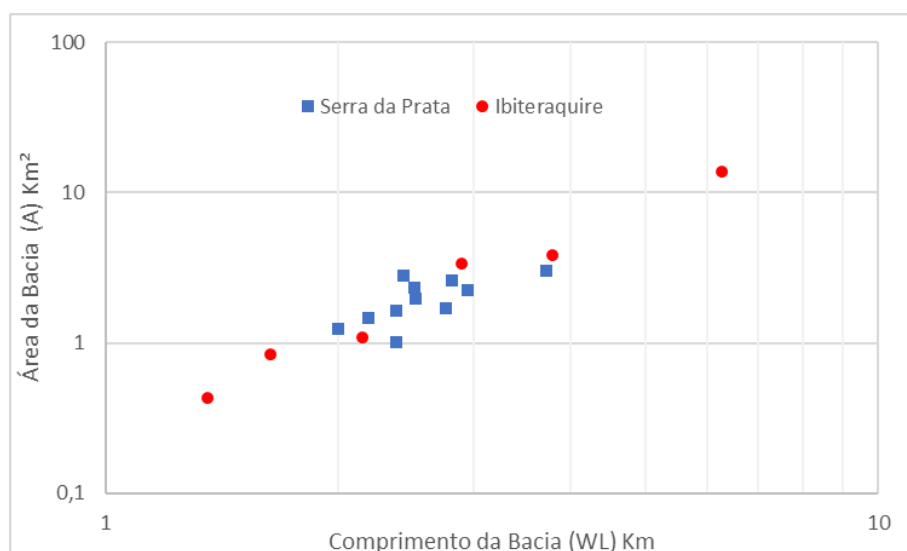


Figura 3 – Correlação entre a área da bacia (A) e o comprimento da bacia (WL) para as sub-bacias de ambas as áreas analisadas.

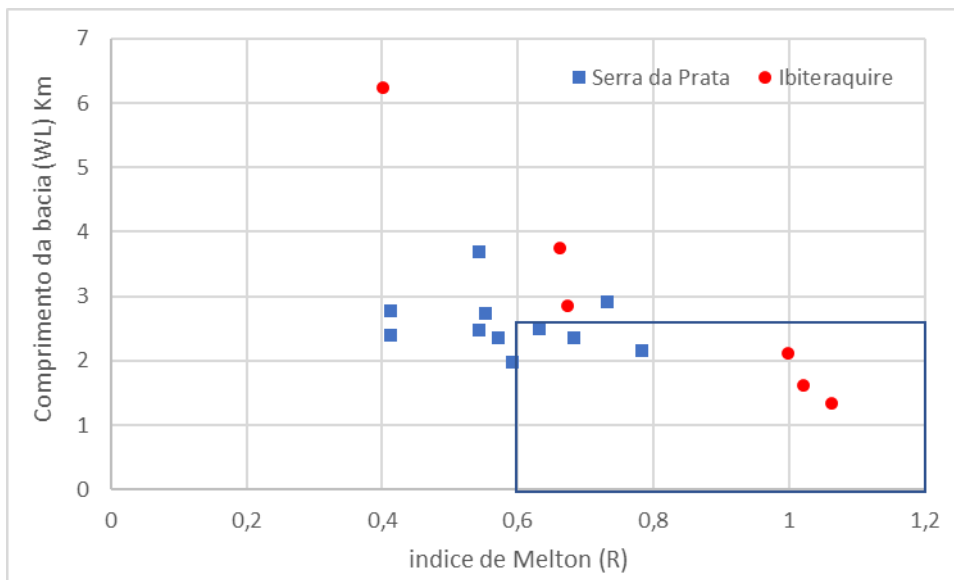


Figura 4 – Correlação entre a área da bacia (A) e o comprimento da bacia (WL) para as sub-bacias da área analisada. Dados na Tabela 1;

Entretanto, conforme salientado por Welsh e Davies (2011), valores de $R > 0,5$ podem também ser considerados dentro da faixa de suscetibilidade para debris flows. Como pode ser observado na figura 4, diversas sub-bacias da Serra da Prata, como por exemplo as sub-bacias Tingidor, Gigante, Cruzília e Tingui pertencem a este tipo. Ao que tudo indica, alguns fatores não associados com a morfometria, como tipo de substrato, espessura do solo, características hidráulicas dos materiais rochosos e inconsolidados e outros também podem interferir na deflagração destes fenômenos (Picanço et al., no prelo; Welsh & Davies, 2011).

Dadas as suas características, ambas as áreas ainda são suscetíveis a fenômenos relacionados, como queda de blocos, escorregamento de blocos e mesmo pequenas avalanches (Gonçalves et al., neste simpósio). Estes movimentos de massa podem ser deflagradores de debris flows como os debris flows podem ocorrer de forma associada (Hungry et al., 2014).

6. CONCLUSÕES

A Serra do Mar paranaense, em suas diversas áreas, apresenta uma alta suscetibilidade a ocorrência de movimentos de massa tipo fluxo. Desde o evento de março/2011, quando diversos debris flows aconteceram em áreas onde não havia registro de ocorrência, foram estudados diversos aspectos deste fenômeno onde eles aconteceram na Serra da Prata.

Verifica-se muita similaridade entre as sub-bacias nas duas áreas estudadas. Nestes estudos, ainda em andamento, verificou-se que as bacias do rio Jacareí e Santa Cruz são suscetíveis a movimentos de massa. Estes movimentos de massa, conforme observados em trabalhos de campo recentes, são fenômenos recorrentes em toda a área. Entre os parâmetros analisados estão a Área (A), comprimento de bacia (WL), amplitude vertical (H), circularidade (S) e índice de Melton (R). Estes parâmetros são usados porque identificam a energia gravitacional dentro de bacias pequenas e com alto gradiente vertical.

O mais efetivo, entretanto, é a combinação entre o comprimento de bacia (WL) e o índice de Melton (R). Entretanto, pelos dados analisados, muitas bacias com $R \sim 0,5$ podem ser bacias suscetíveis a debris flows. Ao que tudo indica, há a influência de outros fatores, tais como disponibilidade de material, tipo de substrato, etc. somente um controle maior destes parâmetros poderá fazer um corte mais adequado, com vistas a melhorar esta classificação.

O estabelecimento de bacias suscetíveis a movimentos tipo fluxo em outras áreas da Serra do Mar paranaense, onde não existem registros prévios, é uma consequência natural. A partir do reconhecimento destas bacias é que poderemos ter uma noção do fenômeno e iniciar estudos que visem o estabelecimento de estudos de análise de risco nas áreas habitadas ou com infraestrutura montada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao instituto de geociências (IG-UNICAMP) pelo apoio nos trabalhos de campo. Paula Guimarães agradece ao SAE_Unicamp pela bolsa de Iniciação científica concedida.

REFERÊNCIAS

- ANGULO, R.J. (1992) *Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná*. Doctoral thesis, Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CURY, L.F. (2009) *Geologia do Terreno Paranaguá*. Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- GUTHRIE, R.H., HOCKIN, A., COLQUHOUN, L., NAGY, T., EVANS, S.G. AND AYLES, C., (2010). An examination of controls on debris flow mobility: Evidence from coastal British Columbia. *Geomorphology*, 114(4), pp.601-613.
- HUNGR, O., EVANS, S.G. AND HUTCHINSON, I., (2001). A Review of the Classification of Landslides of the Flow Type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3), pp.221-238.
- HUNGR, O. (2005) *Classification and terminology*. In: Jakob, M and Hungr, O (2005) *Debris flow hazards and related phenomena*. Springer/Praxis, 9-24.
- HUNGR, O. LEROUEIL S, PICARELLI L. (2014) *The Varnes classification of landslide types, an update*. *Landslides* 11:167–194.
- HUNGR, O., (2016). A review of landslide hazard and risk assessment methodology. *Landslides and engineered slopes. Experience, theory and practice*, pp.3-27.
- LIMA R.E., LIMA R. (2002) *Qualificação, Quantificação, Consequências E Distribuição De Riscos Geológicos*. In: *Meio ambiente e Desenvolvimento no litoral do Paraná: subsídios à ação*. Curitiba, NIMAD-UFPR, 341, pp 161–182
- MAACK, R., (2001). *Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, pp.169-288.
- OKA-FIORI, C., SANTOS, L.J.C., CANALI, N.E., FIORI, A.P., SILVEIRA, C.D., SILVA, J.M.F. & ROSS, J.L.S., (2006). *Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1: 250.000, modelos reduzidos 1: 500.000*. Curitiba, MINEROPAR.
- PICANÇO J L NUNES L H (2013) *A severe convective episode triggered by accumulated precipitation in the coast of Parana State, Brazil*. *Proceedings of 7th European conference of Severe Storms, 2013, Helsinki*. 7th European Symposium on Severe Storms. Helsinki: ESSL, 2013, 4 – 14.
- PICANÇO, J. L.; TANAKA, H. S.; MESQUITA, M. J.; COSTA, V. V.; LUIZ, E. F. O.; LOPES, A. B. B.; PIMENTA, V. (2016) *Debris flow hazard zonation in Serra da Prata range, Paraná State, Brazil: watershed morphometric constraints* In: *Landslides and Engineered Slopes: Experience, Theory and Practice*. 1 ed. Rome : Associazione Geotecnica Italiana, 2016, v.3, p. 1613-1619.
- PICANÇO, J., MESQUITA, M.J. & SOARES, L.F., (2017). *The Hydrological Disasters Through Historical Survey in the Serra do Mar Range, Southern Brazil*. In *Workshop on World Landslide Forum* (pp. 1017-1026). Springer, Cham.
- PIERSON, T.C., (2005). *Hyperconcentrated flow—transitional process between water flow and debris flow*. In *Debris-flow hazards and related phenomena* (pp. 159-202). Springer Berlin Heidelberg.
- WELSH, A. & DAVIES, T. (2011) *Identification of alluvial fans susceptible to debris-flow hazards*. *Landslides* (2011), 8 :183 -194.
- WILFORD D. J. SAKALS, M. E. INNES, J. L. SIDLE R. C. (2005) *Fans with forests: contemporary hydrogeomorphic processes on fans with forests in central British Columbia*. In: HARVEY, A.M.;

MATHER, A.E.; SOTKES, M. *Alluvial fans: geomorphology, Sedimentology, Dynamics*. Geological society special publications 21:25–40.

WILFORD D. J. · SAKALS M. E. · INNES J. L. SIDLE· R. C. · BERGERUD W. A. (2004) Recognition of debris flow, debris flood and flood hazard through watershed morphometrics. *Landslides* (2004) 1:61–66.