

ÍNDICE DE MAGNITUDE-FREQÜÊNCIA ESPACIAL DE MOVIMENTOS DE MASSA NUM TROPICAL ÚMIDO

Antonio C. Colangelo* & Olga Cruz*

RESUMO:

A abordagem semilogaritmica de Ahnert (1987) foi adaptada e diretamente aplicada em unidades de depósitos e cicatrizes de movimentos de massa rotacionais ("slumps"), mapeados a partir do modelo estereoscópico de aerofotografias verticais. Neste caso, o "Índice de Magnitude-Frequência" refere-se ao "Intervalo de Recorrência Espacial" (IRE – em Km²) ou "Frequência Espacial (FE – em Eventos / Km²) referentes às superfícies dos depósitos e cicatrizes de diferentes magnitudes (Dep ou Dsc – em m²). A equação, quando o material de origem é constituído por migmatitos com vertentes escarpadas (16°, média), resulta: $Dep (m^2) = 4558.Ln(IRE) + 10315$. Quando o material de origem corresponde aos depósitos terciários da Bacia de Taubaté, com declividades moderadas (11°, média), a equação resulta: $Dep (m^2) = 15132.Ln(IRE) + 19106$. O "Depósito de Movimento de Massa Dominante" que contribui com o maior montante de superfície depositada, nas duas áreas acima referidas são, respectivamente de 4558m² e 15132m². Da mesma forma, as frequências espaciais de ocorrência são, respectivamente: 3,54 Eventos/Km² (IRE=0,282 Km²) e 1,30 Eventos/Km² (IRE=0,769 Km²). Com base nestes resultados preliminares parece haver um mecanismo de compensação e uma constante morfoclimática envolvidos no comportamento de magnitude-frequência destes movimentos de massa rotacionais.

PALAVRAS-CHAVE:

Movimentos de massa, magnitude-frequência, quantificação espacial, áreas de risco.

ABSTRACT:

The Ahnert's (1987) semilogarithmic approach was adapted and applied directly in slump units deposits and scars mapped in airphotos. In this case, the magnitude-frequency index refers to the "Spatial Recurrence Interval" (SRI: in Km²) or "Spatial Frequency" (SF: in Events / Km²) of deposits and scars of varying magnitudes (Dep or DSc in: m²). For migmatite parent material area with steep slopes, the equation results: $Dep (m^2) = 4558.Ln(SRI) + 10315$. For tertiary parent material area with smooth relief, moderate gradients, the equation results: $Dep (m^2) = 15132.Ln(SRI) + 19106$. The "dominant mass movement event" is the event with the major product of magnitude for frequency and that contribute with the bigger total amount of surface affected: deposits and scars. In the two areas referred above the dominant events have deposits surfaces with, respectively: 4558m² and 15132m². In the same way, the spatial frequency of occurrence are respectively: 3,54 Events/Km² (SRI=0,282 Km²) and 1,30 Events/Km² (SRI=0,769 Km²). Under the light of these preliminary results it seems to there is a *compensation mechanism* related to a possible *climatic constant* that constrain the behavior of spatial magnitude-frequency of this kind of events in the humid tropics.

KEY WORDS:

Mass movements, magnitude-frequency, spatial quantification, risk areas

Introdução

Aplicar a abordagem de magnitude e frequência proposta por AHNERT (1987) a eventos

de movimentos de massa, depósitos e cicatrizes, é consequência natural da idéia intuitiva de que deve haver uma razão direta entre a magnitude dos eventos de chuva e a magnitude dos eventos

de movimentos de massa. Sabe-se que os eventos de movimentos de massa apresentam magnitude variável, que deste modo mobilizam volumes variáveis de material e que produzem como consequência duas unidades geomorfológicas características: cicatriz a montante, expondo a superfície de ruptura, e depósito de detritos a jusante (colúviação). Nos sistemas de relevo de áreas tropicais úmidas os processos de movimentos de massa rotacionais ("slumps") são muito freqüentes, estando condicionados por espessos mantos de alteração (regolito) e por uma geometria das unidades de relevo onde predominam as formas convexas.

No contexto dos geo-ecossistemas de floresta tropical higrófila tais processos de movimentos de massa desempenham, do ponto de vista funcional, uma variedade de papéis: as cicatrizes oferecem uma abertura para a penetração da radiação solar, escassa sob o dossel da floresta, garantindo assim a sobrevivência de espécies pioneiras e conseqüentemente garantindo a sobrevivência do ecossistema florestal; elas correspondem também a um fator de renovação importante porque levam à superfície novos minerais para o ataque do intemperismo ("weathering"); os seus depósitos (colúvios) definem um ambiente específico onde se desenvolvem solos mais espessos, com maior quantidade de matéria orgânica e água.

A morfologia das cicatrizes deixadas no terreno pelas superfícies de ruptura dos movimentos de massa e também a morfologia associada aos seus depósitos correlativos são identificáveis diretamente no campo, ou indiretamente no modelo foto-estereoscópico, que constitui uma ferramenta poderosa para a inferência destes tipos de processos. Para diminuir o grau de incerteza na identificação destes processos, além das inferências puramente morfológicas é necessário acrescentar evidências sobre a caracterização dos materiais deposicionais: estrutura, textura e composição.

Desta forma os depósitos e as cicatrizes associados aos processos de movimentos de

massa podem ser identificados, delimitados e podem ter as suas magnitudes e freqüências espaciais medidas. Se por um lado o mapeamento das suas superfícies de ruptura ("cicatrizes") e dos seus depósitos correlativos é relativamente fácil, por outro, realizar uma reconstituição cronológica da ocorrência destes eventos é tarefa muito difícil.

A grande maioria dos processos de movimentos de massa nos trópicos úmidos, cujas evidências morfológicas – cicatrizes e depósitos são ainda hoje detectáveis representam fenômenos fundamentalmente holocênicos, podendo sua ocorrência, em alguns, casos remontar ao pleistoceno. Sabe-se também que nos trópicos úmidos é muito difícil encontrar, seja nas cicatrizes, seja nos depósitos, resíduos de matéria orgânica em quantidade suficiente para viabilizar a datação radiométrica, pelos métodos convencionais. Isto, graças às elevadas temperaturas e à grande quantidade de umidade, fatores que levam a uma forte velocidade de decomposição da matéria orgânica e intensidade dos processos de lixiviação.

Pelas dificuldades acima apontadas, não foram determinadas aqui as freqüências temporais de ocorrência destes processos de movimentos de massa, mas as suas respectivas freqüências de ocorrência espaciais. Portanto, trabalhamos aqui com os conceitos de freqüência espacial de ocorrência, dado em número de eventos por Km², e intervalo de recorrência espacial, em Km².

A área de estudo

A área de estudo está localizada no Sudeste do Brasil, entre os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (Fig.1). Ela está constituída por planaltos e serras (750m – 1100m, principalmente) muito afetados por movimentos epigenéticos durante a era Cenozóica, o que produziu a reativação de um grande número de falhas tectônicas existentes nesta área desde o Pré-cambriano e que encontram-se hoje orientadas na direção NE – SW. Estas falhas eram originalmente

transcorrentes e foram reativadas com falhas normais, as quais deram origem ao sistema de "Graben do Paraíba" onde, sobre terrenos do Pré-cambriano e depósitos do Terciário drena a bacia do rio Paraíba do Sul. O material de origem é formado por migmatitos, filitos e granitos (Pré-cambriano) e sedimentos lacustres e fluviais (Terciário) – Bacia de Taubaté (Fig.2).

Em áreas tropicais úmidas, como a deste estudo, os sistemas de relevo de morros e serras estão submetidos a uma forte dinâmica erosiva, sendo que os totais de chuva podem ultrapassar 3000mm anuais, nas escarpas da "Serra do Mar", fazendo com que os movimentos de massa desempenhem importantes funções nestes geomorfossistemas com vales fechados e fortes declividades nas encostas (AB'SABER, 1966;

ALMEIDA, 1964).

A cobertura vegetal é constituída pela "Mata Atlântica" e embora o processo pedogeoquímico predominante seja a ferralitização, a forte dinâmica erosiva, fluvial e interfluvial, faz com que prevaleçam os solos do tipo cambissolo (inceptisols, USA), principalmente nas unidades de relevo com maior densidade de drenagem. A área apresenta forte densidade de drenagem, principalmente quando o material de origem é constituído por rochas metamórficas (migmatitos, veja a porção SE da fig.2).

As figuras 03 e 04, bem como a tabela 01 mostra os resultados da análise morfométrica por "unidades geométricas de relevo" aplicada às bacias São José e São Carlos. A bacia São Carlos (Fig. 04 e Tab. 01) é fortemente controlada por

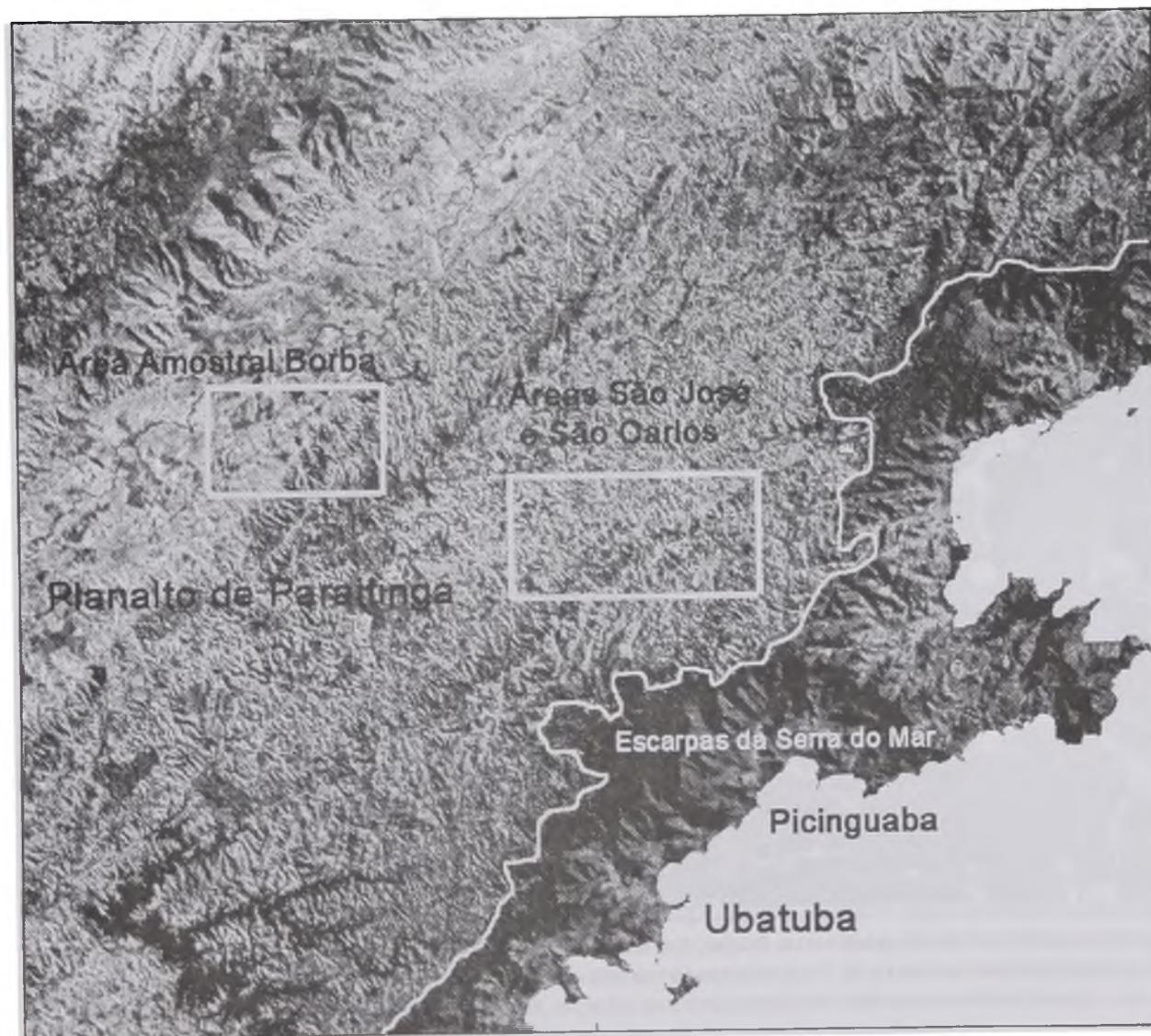


Fig. 01 – Área de estudo no planalto de Paratíngia, na Serra do Mar, com as áreas amostrais Borba, São José e São Carlos. Ilustração feita a partir de imagem Landsat TM – 5 de 11/09/1990 (escala aproximada 1:1.000.000).

estruturas litológicas e tectônicas o que está refletido sobre o modelado nos 65% de encostas com perfis retilíneos (tipos de formas 4, 5 e 6). Na área São José predominam os perfis convexos (49%, tipos de formas 1, 2 e 3). A bacia São Carlos tem 200 m de gradiente topográfico em 4,5 Km² de área, o que resulta em declividades fortes (16°). Por outro lado, a bacia São Carlos apresenta os mesmos 200 m de gradiente topo-

gráfico distribuídos por 2,0 Km² de área, resultando em declividade média de 11,5°.

Método e estratégia de trabalho

Para aplicar a análise de magnitude e frequência aos eventos de movimentos de massa, foi feita uma adaptação da abordagem proposta por Ahnert (1987). O conceito de frequência tem-

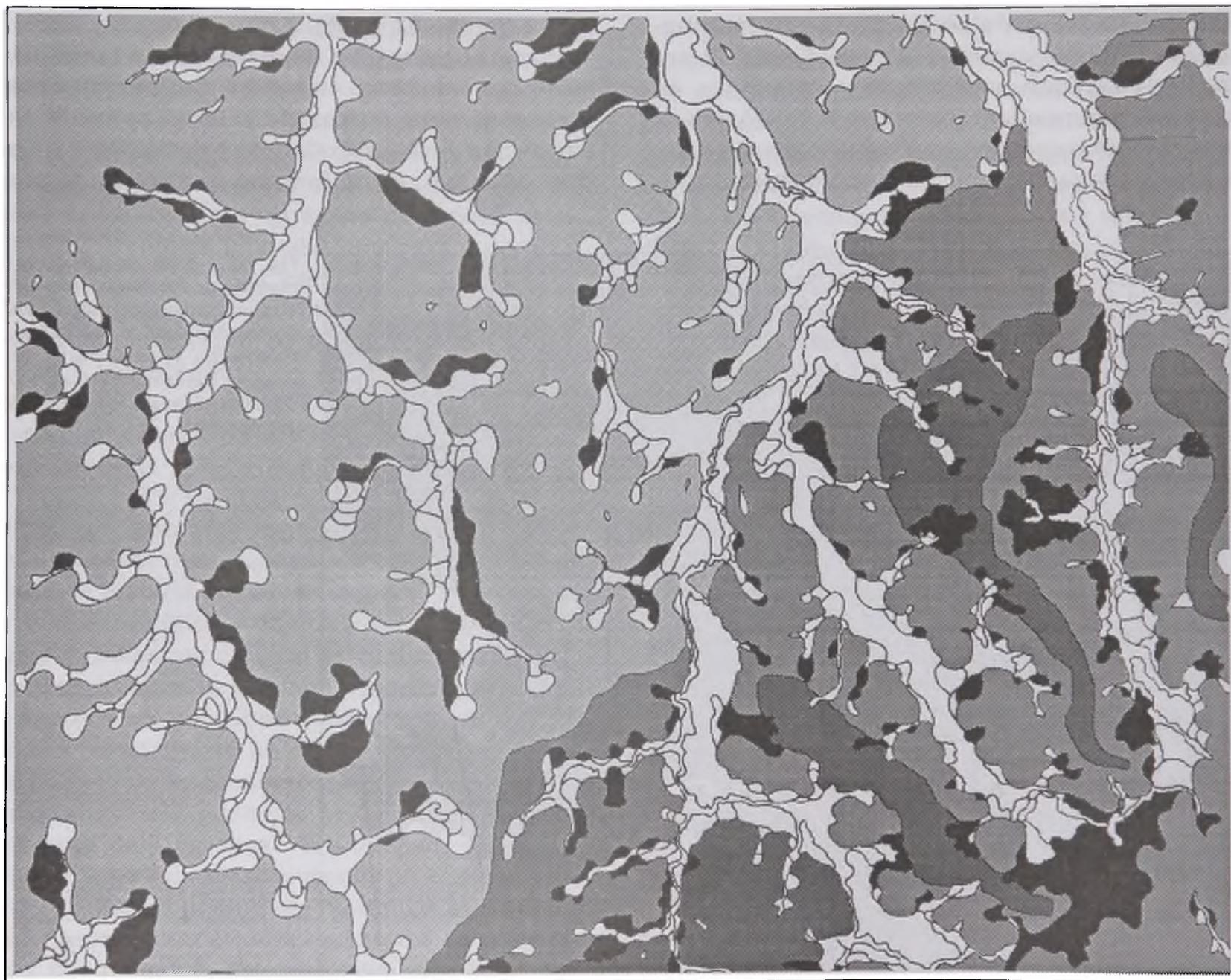


Fig. 02 – Material de origem e formações superficiais na área amostral Borba. Em branco, depósitos coluviais e aluviais quaternários; em cinza claro, depósitos terciários (Plioceno-Oligoceno) da bacia de Taubaté; em cinza intermediário, migmatitos estromatíticos e micaxistos (Proterozóico superior); em cinza escuro, granitos de textura fina (Proterozóico superior) e; em preto, depósitos de movimentos de massa rotacionais (escala aproximada 1: 70.000).

poral foi substituído pelo conceito de freqüência espacial de ocorrência (COLANGELO & CRUZ, 1997; CROZIER & GLADE, 1997). Deste modo, foi feita a identificação e a delimitação cartográfica tanto dos depósitos correlativos, como das respectivas superfícies de ruptura dos movimentos de massa, cujos limites morfológicos podem ser ainda hoje observados no terreno e nos modelos estereoscópicos montados a partir de fotografias aéreas verticais.

Ao contrário dos processos atuais de movimentos de massa, que podem ser monitorados no tempo e no espaço, tanto a partir das observações diretas de campo, como da que podemos fazer a partir de sensores remotos, a determinação temporal absoluta da ocorrência de eventos de movimentos de massa quaternários é impos-

sível, em áreas tropicais úmidas, na grande maioria dos casos. Por outro lado, as evidências de natureza morfológica e estratigráfica são relativamente simples de serem observadas. Não é possível estabelecer uma cronologia para a maior parte destes eventos por falta de indicadores; por esta razão adaptamos a abordagem de AHNERT (1987), estabelecendo o conceito de "freqüência espacial de ocorrência" e "intervalo de recorrência espacial". Conforme esta abordagem, foi utilizada a função semilogarítmica:

$$\text{Dep. ou DSc (m}^2\text{)} = A \cdot \text{Log(SRI)} + Y \quad (1)$$

$$\text{Dep. ou DSc (m}^2\text{)} = A \cdot \text{Log e} \cdot \text{Ln(SRI)} + Y \quad (2)$$

$$\text{Dep. ou DSc (m}^2\text{)} = Dm \cdot \text{Ln(SRI)} + Y \quad (3)$$

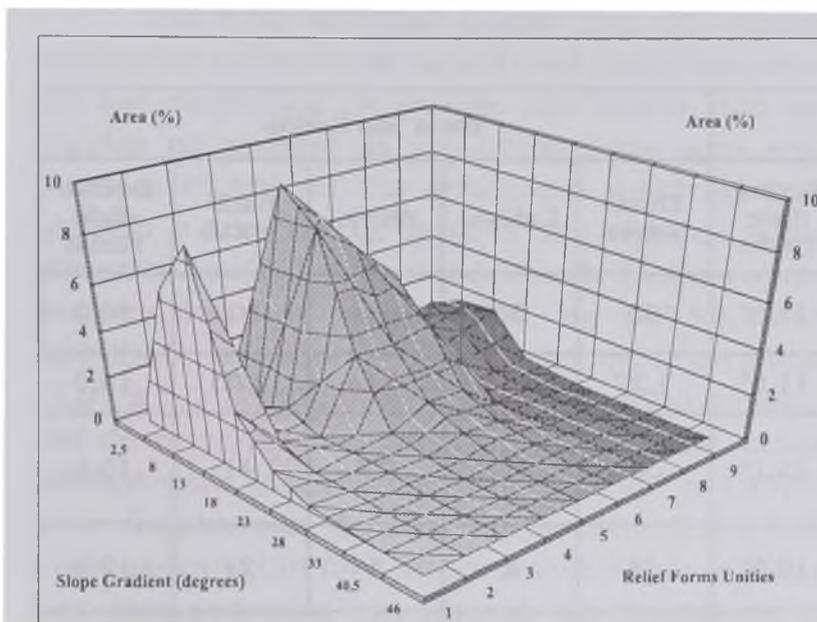


Fig. 03 - Bacia São José (4,5 Km²) - Distribuição em área dos "Tipos de Unidades Geométricas de Formas de Relevo" (1 a 9) por classe de declividades. Os tipos de unidades de formas de relevo são definidos segundo a sua geometria e hidrodinâmica de superfície (perfil e planta = tipo de fluxo associado): 1 (convexo-convexo = hiperdispersor); 2 (convexo-retilíneo = mesodispersor longitudinal); 3 (convexo-côncavo = hipodispersor); 4 (retilíneo-convexo = mesodispersor radial); 5 (retilíneo-retilíneo = fluxo neutro); 6 (retilíneo-côncavo = mesoconcentrador radial); 7 (côncavo-convexo = hipoconcentrador); 8 (côncavo-retilíneo = mesoconcentrador longitudinal), e; 9 (côncavo-côncavo = hiperconcentrador). Domínios hidrodinâmicos: dispersão (unidades 1, 2, 3 e 4), neutro (unidade 5) e concentração (unidade 6, 7, 8 e 9). Tipos de perfil de encosta: convexo (unidades 1, 2 e 3), retilíneo (unidades 4, 5 e 6) e côncavo (unidades 7, 8 e 9).

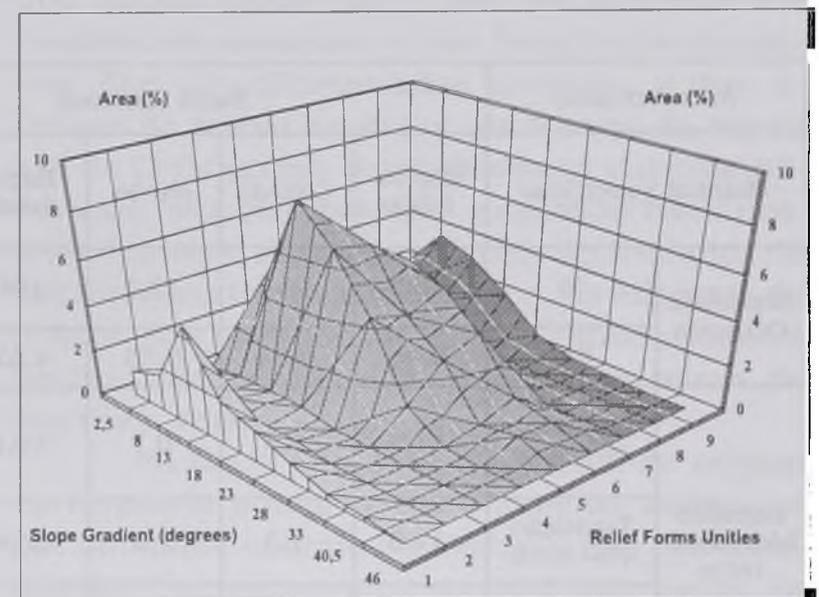


Fig. 04 - Bacia São Carlos (2,0 Km²) - Bacia São José- Distribuição em área dos "Tipos de Unidades Geométricas de Formas de Relevo" (1 a 9) por classe de declividades. Os tipos de unidades de formas de relevo são definidos segundo a sua geometria e hidrodinâmica de superfície (perfil e planta = tipo de fluxo associado): 1 (convexo-convexo = hiperdispersor); 2 (convexo-retilíneo = mesodispersor longitudinal); 3 (convexo-côncavo = hipodispersor); 4 (retilíneo-convexo = mesodispersor radial); 5 (retilíneo-retilíneo = fluxo neutro); 6 (retilíneo-côncavo = mesoconcentrador radial); 7 (côncavo-convexo = hipoconcentrador); 8 (côncavo-retilíneo = mesoconcentrador longitudinal), e; 9 (côncavo-côncavo = hiperconcentrador). Domínios hidrodinâmicos: dispersão (unidades 1, 2, 3 e 4), neutro (unidade 5) e concentração (unidade 6, 7, 8 e 9). Tipos de perfil de encosta: convexo (unidades 1, 2 e 3), retilíneo (unidades 4, 5 e 6) e côncavo (unidades 7, 8 e 9).

Being:

Dep. = Slump Deposits (m^2)

DSc = Slump Deposits + Scars (m^2)

A = event with $SRI=10Km^2$ minus $SRI=1Km^2$

SRI = Spatial Recurrence Interval (Km^2)

Y = Magnitude of deposit with a $SRI=1Km^2$)

Dm = Dominant Event (m^2) = A Log e

$1/SRI$ = Frequency = (Events/ Km^2)

Magnitude x Frequency = (m^2/Km^2)

$SRI = (N + 1)/m$ (4)

Being:

N = extension of sampling universe (Km^2)

m = order number of the items arranged in descending magnitude.

A equação 3 (DE PLOEY, KIRBY & AHNERT, 1991), proveniente da equação 1 originalmente apresentada por AHNERT (1987), é de grande utilidade porque exhibe diretamente o valor do evento dominante. O evento dominante é aquele que contribui com o maior valor de superfície escorregada para cada Km^2 de terreno, ou seja: é o que apresenta a melhor relação entre magnitude e frequência de todo o universo amostral considerado. O "Spatial Recurrence Interval" (SRI) é determinado segundo a clássica equação de WIEBULL (1943), apud CHOW (1964). A técnica de foto-interpretação foi imprescindível para a realização deste trabalho. A delimitação dos depósitos e das scars, bem como a identificação de suas morfologias foram elementos fundamentais, sem os quais não seria possível realizar este trabalho.

Área Amostral		Bacia São José					Bacia São Carlos				
Material Superficial		Elúvio Ilúvio	Colúvio	Alúvio	Bacia (total)	Declividade Média	Elúvio Ilúvio	Colúvio	Alúvio	Bacia (total)	Declividade Média
Superfície Ocupada	%	76,5	11,3	12,2	100	11,5°	63	30	7	100	16,0
	Km	3,46	0,51	0,55	4,52	11,5°	1,27	0,62	0,14	2,03	16,0
Dominio Hidrodinâmico	Dispersão (% - área)	44,5	4,5	0,1	49,1	11,1°	33	7,5	0,5	41	15,0
	Transição (% - área)	14,3	1,3	7,8	23,4	10,5°	14	2	5	21	17,4
	Concentração (% - área)	17,8	5,5	4,2	27,5	12,3°	16	20	2	38	16,3
Perfil de Encosta	Convexo (% - área)	44,6	4,5	0,2	49,3	12,1°	14	1	0	15	13,8
	Retilíneo (% - área)	14,3	1,2	7,9	23,4	11,6°	46	14	5	65	17,8
	Côncavo (% - área)	17,8	5,5	4,0	27,3	9,9°	3	15	2	20	11,8
Declividade Média (° - graus)		12,8	9,7	4,9	11,5	11,5	18,8	12,4	6,8	16,0	16,0

Tab. 01 - Bacias São José ($4,5 Km^2$) e São Carlos ($2,0 Km^2$) - Distribuição em área das formações superficiais (elúvios, colúvios e alúvios), nos três domínios hidrodinâmicos principais.

A magnitude-freqüência dos movimentos de massa nas áreas amostrais

Nos trópicos úmidos os processos de movimentos de massa induzidos por eventos de chuva fazem parte integrante da dinâmica original dos geossistemas. Para este trabalho foram analisados em detalhe 148 movimentos de massa, distribuídos da seguinte maneira: 46 na área amostral Borba, 41 na área São José e 61 na área São Carlos. Foram considerados não apenas os depósitos, mas também as cicatrizes vinculadas aos movimentos de massa. Considerando todas as áreas amostrais, os registros das superfícies afetadas por estes eventos apresentam valores entre 58.125m^2 e 1250m^2 , com respectivos intervalos de recorrência espacial de $13,4\text{ km}^2$ e $0,235\text{ km}^2$.

Na área amostral Borba (Fig. 02) foram analisadas somente as superfícies correspondentes aos depósitos de slump, não tendo sido incluídas na análise as superfícies das suas respectivas cicatrizes. Os resultados mostram que quando o material de origem corresponde a sedimentos terciários, os depósitos de Slumps apresentam maiores magnitudes, de 1875m^2 até 58125m^2 , e menores freqüências de ocorrência ($0,07$ a $3,2$ eventos/ Km^2) do que quando o material de origem corresponde a migmatitos, estes últimos com magnitudes entre 1875m^2 e 19375 m^2 e freqüências de ocorrência entre $0,2$ a $6,4$ eventos/ km^2 . Um fato interessante é que, apesar das discrepâncias em termos de magnitude e freqüência, os totais percentuais atingidos pelas superfícies escorregadas nas duas unidades litológicas apresentam valores estatisticamente próximos $4,2\%$ e $3,3\%$ (Figs.05 e 06 e Tab. 02).

Nas duas litologias os eventos dominantes, apesar de serem muito diferentes em extensão produzem, quando multiplicados por suas freqüências espaciais produzem totais estatísticos de superfície de escorregamentos relativamente próximos (16118m^2 e 19677km^2). Isto nos faz levantar a hipótese de haver um possível controle climático sobre o parâmetro "produção de

totais de superfícies escorregadas" Para que isto ocorra, deve haver um mecanismo de compensação que atua associado às formas do relevo, o qual determina as distribuições de magnitudes e freqüências das cicatrizes e depósitos de movimentos de massa. Isto porque, a maior ou menor densidade de drenagem fluvial e interfluvial numa determinada área é, antes de tudo, controlada pela densidade e disposição das redes das estruturas litológicas e tectônicas. A distância que separa canais fluviais, bem como as amplitudes topográficas, comprimento e declividade de encosta são variáveis preferencialmente controladas por fatores estruturais. A maior ou menor umidade climática parece estar atuando principalmente sobre aqueles totais de superfícies escorregadas acima referidos e não sobre a distribuição de magnitudes e freqüências. Devemos lembrar que as freqüências a que nos referimos são freqüências espaciais e não freqüências temporais. Elas são diferenciadas conforme o tipo de formas de relevo existente. As formas do relevo são de Colinas com declividades de encosta moderadas, nos terrenos com depósitos terciários, e de morros e serras com fortes declividades de encosta, nos terrenos cristalinos. As encostas de colinas são mais longas e apresentam menores declividades que as das unidades de relevo de morros e serras.

Na Bacia São José o material de origem corresponde a migmatitos e granitos separados por um nítido contato litológico, o que fica refletido no comportamento bimodal das curvas de magnitude - freqüência. Os movimentos de massa são, em geral, menos freqüentes sobre granitos porque ele é isotrópico, o que não favorece o desenvolvimento de superfícies de ruptura (Colangelo, 1995). As declividades na bacia São José ($11,5^\circ$ média) são bem menores que na bacia São Carlos (16° em média, Tab. 01), o que está de acordo com os percentuais de superfícies escorregadas: respectivamente $8,2\%$ e 20% . Nas figuras nº 05 e 06 as regiões entre os pares de curvas, de cada área amostral, correspondem às superfícies das cicatrizes expostas pelos escor-

Fig. 05 - Magnitude-Freqüência espacial dos depósitos de "slump" nas áreas amostrais Borba (linhas grossas), São José e São Carlos. Na área amostral Borba pode-se observar a diferença na distribuição de magnitude-freqüência, sobre material de origem sedimentar (Terciário) e sobre migmatitos.

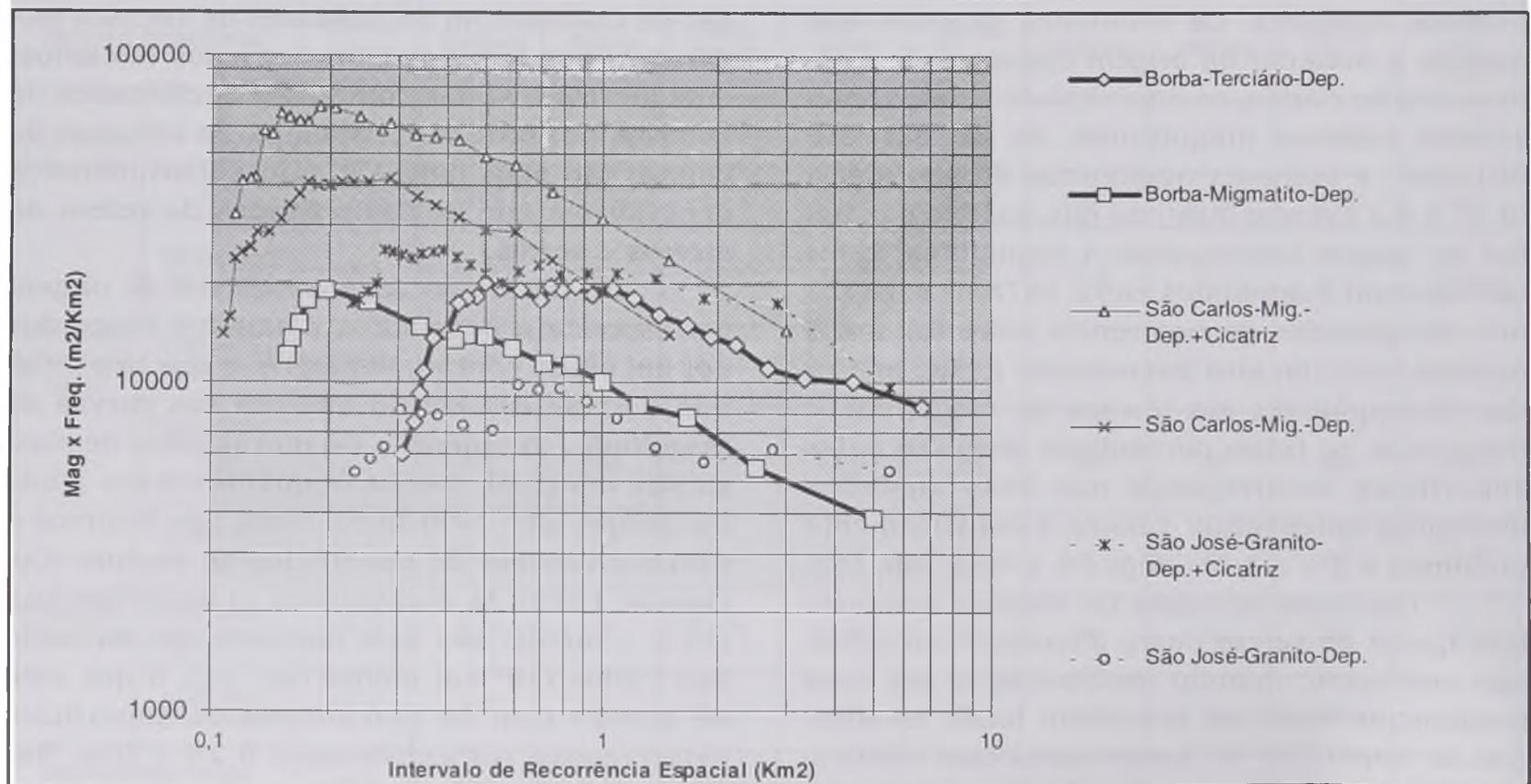
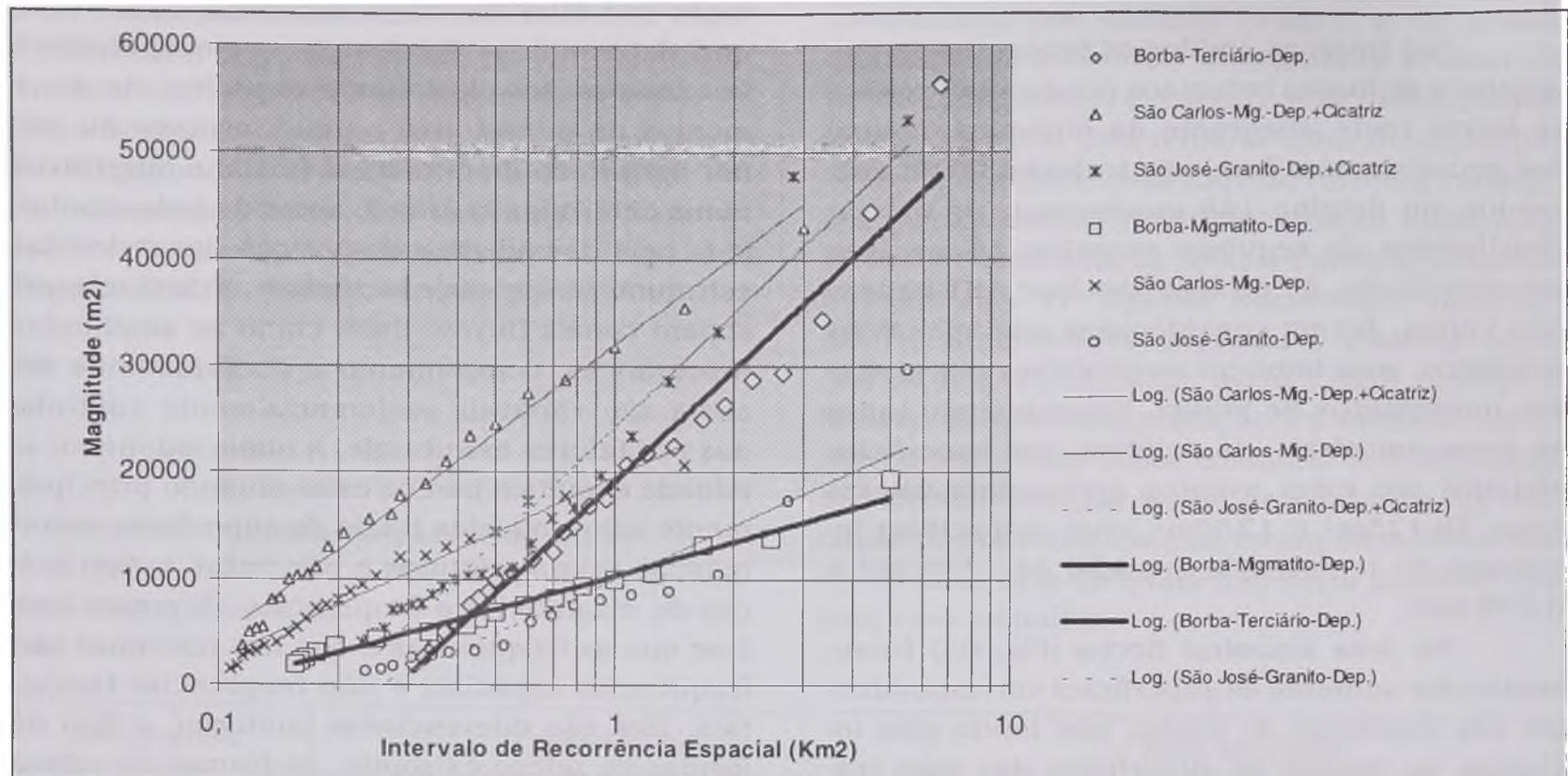


Fig. 06 - Magnitude multiplicada pela Freqüência espacial dos depósitos de "slump" nas áreas amostrais Borba (linhas grossas), São José e São Carlos. Na área amostral Borba pode-se observar a diferença na distribuição de magnitude-freqüência, sobre material de origem sedimentar (Terciário) e sobre migmatitos.

regamentos. É importante notar que na área São Carlos as cicatrizes são muito mais expressivas em consequência das maiores declividades do terreno. O embasamento granítico não favorece a ocorrência de eventos de movimentos de massa, sendo que nos trópicos úmidos condiciona a ocorrência de perfis convexos e conseqüente dispersão hídrica nas encostas (49,3 % da bacia, Tab. 01). Nesta área os depósitos de colúvios ocupam 11,3 % da superfície do terreno.

A bacia São Carlos, sobre migmatitos xistosos tem o relevo fortemente controlado por estruturas litológicas e tectônicas. Esta área apresenta as mais elevadas médias de declividades nas encostas principalmente nas porções com perfil retilíneo, que ocupam 65% da superfície, com 17,8° de declividade média. Ela pertence a

uma unidade de relevo escarpada, tendo 30% da superfície da bacia ocupada por coberturas quaternárias colúvias e só 7% por depósitos fluviais (Tab. 01). Nas figuras 05 e 06 foram confrontados os resultados do comportamento, em termos de magnitudes e freqüências, das superfícies dos depósitos de slumps e destas acrescidas das superfícies das cicatrizes.

Os eventos dominantes

Se observarmos os números sublinhados nas equações abaixo relacionadas, veremos que os eventos dominantes de movimentos de massa não apresentam superfícies muito extensas. Porém, tais valores quando multiplicadas pelas suas respectivas freqüências de ocorrência repre-

Área Amostral		Superfície coberta e taxa de magnitude		Freqüência (eventos/ Km ²)		*Intervalo de Recorrência Espacial (Km ²)		Event-ocor com IRE* = 1Km ² (m ²)	Evento Dominante (melhor relação mag. X freq.)			
		Super. (%)	Min. Max. (m ²)	Valor Máx.	Valor Mín.	Valor Mín.	Valor Máx.		Mag. (m ²)	Freq. (Ev/m)	IRE* (Km ²)	Mag. X Freq. (m ² /Km ²)
Área Borba Dep. Rotacional	Migmatitos	3,30	1875 19375	6,4	0,20	0,156	5,0	10315	4558	3,54	0,282	16118
	Dep Bacia Taub.	4,20	1875 58125	3,2	0,07	0,310	13,4	19106	15132	1,30	0,769	19677
Área São José Granit. Migm.	Dep.	2,72	1250 29750	4,4	0,18	0,235	5,5	9928	7467	1,39	0,719	10382
	Dep. e Cicatr.	8,20	4000 53000	4,3	0,18	0,230	5,5	24251	15448	1,77	0,566	27312
Área São Carlos Migm.	Dep.	15,3	1500 20750	9,3	0,33	0,107	1,5	19899	7705	4,87	0,205	37509
	Dep. e Cicatr.	20,0	3750 43000	8,7	0,33	0,115	3,0	31922	12022	5,23	0,191	62931

Tab. 02 – Área de cobertura, taxas de magnitude, freqüência espacial e intervalo de recorrência espacial (*IRE) dos depósitos e cicatrizes de movimentos de massa rotacionais ("slumps"), nas três áreas amostrais. Magnitude do evento de "slump" com intervalo de recorrência espacial (IRE) de 1 km² e parâmetros de magnitude-freqüência do evento de "slump" dominante. O evento dominante é aquele que apresenta a melhor relação de magnitude-freqüência. Eles correspondem aos topos das curvas apresentadas na Fig. 06

sentam superfícies bem mais extensas (Tab. 02). Estes eventos dominantes correspondem ao topo das curvas de distribuição de magnitude x frequência nas figuras 6 e 7

Área Amostral Borba:

Dep (m²) = 4558Ln SRI + 10315 (migmatitos)

Dep (m²) = 15132Ln SRI + 19106 (sedimentos terciários)

Área Bacia São José migmatitos e granitos:

Dep (m²) = 7467Ln SRI + 9928

DSc (m²) = 15448Ln SRI + 24251

Área Bacia São Carlos – migmatitos:

Dep (m²) = 7705Ln SRI + 19899

DSc (m²) = 12022Ln SRI + 31922

Conclusões

A abordagem de magnitude e frequência permite lançar alguma luz sobre antigas questões geomorfológicas, tais como as que indagam sobre a validade das hipóteses da geomorfologia climática. A partir dos dados que dispomos podemos afirmar que o controle climático sobre a ocorrência de movimentos de massa é determinante sobre a magnitude da superfície total de

escorregamentos produzida. A distribuição das magnitudes e frequências é controlada principalmente por fatores estruturais, de origem litológica ou tectônica (falhas, dobras e diáclases).

As fortes declividades da área São Carlos (16°) são responsáveis pela produção de extensas superfícies de ruptura de slumps (20%, Tab. 02) e de coluviais (30%, Tab. 02). Na área São José o average slope gradient cai para 11,5° enquanto que as superfícies de ruptura representam 8,5% e os colúvies 11,3% da superfície total da bacia (Tab. 02; Figs. 05 e 06).

A existência de uma possível constante morfoclimática é uma hipótese válida e pode estar se manifestando como um mecanismo de compensação como o observado na área Borba, entre o comportamento de magnitude e frequência dos processos de slump sobre material de origem sedimentar (Terciário) e cristalino (Migmatitos Pré-cambriano). Sobre Migmatitos os processos são mais frequentes porém de magnitudes menores, enquanto que sobre sedimentos terciários eles são menos frequentes e com maiores magnitudes. Por esta razão, os totais de superfícies produzidos pelos escorregamentos nos dois casos são respectivamente 3,3% e 4,2%. Considerando as margens de erro aceitáveis para estudos desta natureza e mesmo variações produzidas pela atuação de alguma variável ainda não contemplada, podemos suspeitar que realmente o parâmetro climático pode determinar *ranges* de totais de superfícies produzidas, para um tipo específico de processo geomorfo-genético.

Bibliografia

- AB'SABER, A.N. 1966 O Domínio dos "Mares de Morros" *Geomorfologia*, São Paulo, IGEOG-USP, n° 2, 9p.
- AHNERT, F. 1987 An Approach to the Identification of Morphoclimates, in Gardner V., *International Geomorphology* 1986, pp. 159-188.

- ALMEIDA, F.F.M. 1964 Os Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. In *Geologia do Estado de São Paulo*, Bol. Inst. Geograf. Geol., São Paulo, n° 41, pp. 169-263.
- CHOW, V. T. – 1964 – *Handbook of Applied Hydrology*, New York, McGraw-Hill, 1453p.
- COLANGELO, A. C. 1996 O modelo de Fei-

- ções Mínimas, ou das Unidades Elementares de Relevo: um suporte cartográfico para mapeamentos geoecológicos, *Revista do Departamento de Geografia n°10*, São Paulo, USP, pp. 29-40.
- COLANGELO, A. C. – 1997 – “Spatial Magnitude-frequency Index of Mass Movement Event Deposits in na Humid Tropical Pre-cambrian Plateau, and its Connection with MFI of Daily Rainfall: according to Ahnert’s approach” *Fourth International Conference on Geomorphology*, IAG, Bologna, Italia, p.124.
- CROZIER, M & GLADE, T. – 1997 – “Magnitude and Frequency of Landslide Events in New Zealand” *Fourth International Conference on Geomorphology*, IAG, Bologna, Italia, p. 130.
- CRUZ, O. 1974 A Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba-SP, *Teses e Monografias*, São Paulo. IG-USP, n° 11, 181p.
- DE PLOEY, J. KIRKBY, M. J. & AHNERT, F. – 1991 – Hillslope Erosion by Rainstorms – A Magnitude-Frequency Analysis, *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 16, pp. 399-409.

