

## ESTIMATIVA DE MAGNITUDE-FREQUÊNCIA DE CHUVAS DIÁRIAS ASSOCIADAS À *RUNNOF* E A PROCESSOS GEOMÓRFICOS EM LATOSSOLOS ANTROPIZADOS (SÃO JOÃO DE VIÇOSA, VENDA NOVA DO IMIGRANTE - ES)

Rosilene Bermond Fileti<sup>1</sup>, Ana Christina Wigneron Gimenes<sup>2</sup> e Antonio Celso de Oliveira Goulart<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professora Ma. Disciplina de Geografia, Ensino Médio em Venda Nova do Imigrante – ES, rosilenebfileti@gmail.com; <sup>2</sup> Professora Dra. do Departamento de Geografia da UFES, Vitória/ES, acw.gimenes@gmail.com; <sup>3</sup> Professor Dr. do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia CCHN/PPGG da UFES, Vitória/ES, Brasil celsoliveiragoulart@gmail.com.

**RESUMO** Este artigo apresenta a magnitude-frequência (MF) de eventos pluviométricos capazes de induzir processos geomórficos, em uma área de latossolo, localizada no distrito de São João de Viçosa, município de Venda Nova do Imigrante - ES. Seguindo o método proposto por Ahnert (1987), e por meio de procedimento estatístico que requer o uso de uma equação semilogarítmica, foram definidos o intervalo de recorrência de precipitações, o evento dominante e o Índice MF, escrito como (Y; A), onde Y = intervalo de recorrência em 1 ano e Y+A = intervalo de recorrência em 10 anos, para a referida área. O IMF de chuva diária para o distrito de São João de Viçosa, considerando o período analisado foi (72.35; 40.02), obtido os valores Y e A, respectivamente, indicando que pelo menos a cada ano uma chuva de 72.35 mm ocorre, e a cada 10 anos, (Y+A), uma de 112.37 mm. O valor obtido é elevado e compara-se aos índices encontrados para as cidades de Vitória e Serra (ES), e região de Parelheiros, São Paulo (SP), cujas áreas são influenciadas pelos mesmos sistemas atmosféricos. A investigação sugeriu, portanto, que processos geomórficos mais intensos decorrem de maiores precipitações.

**Palavras-chave:** Eventos Pluviométricos. Intervalo de Recorrência. Análises Estatísticas.

**ABSTRACT** This article presents the magnitude-frequency rainfall events capable of inducing geomorphic processes in a latosol area located in São João de Viçosa district municipality Venda Nova do Imigrante - ES. Following the method proposed by Ahnert (1987) which proposes the Magnitude-Frequency Index (MFI), a historical series of 38 years (1976-2013) of daily rainfall data was used. With use the logarithmic equation and statistics analysis defined recurrence interval, the dominant event and the MFI written as (Y; A) where Y = recurrence interval at 1 year and Y + A = recurrence interval 10, for said area. The MFI daily rainfall for the São João de Viçosa district it was (72.35; 40.02) indicating that at least every one year rainfall occurs 72.35 mm, and 10 years (Y + A) a 112.37 mm. The obtained value is high compared to rates found for the cities of Vitoria and Serra (ES), and the region of Parelheiros, São Paulo (SP), whose areas are influenced by the same atmospheric systems. The research suggested, therefore, that more intense geomorphic processes stem from increased precipitation.

**Keywords:** Rainfall Events. Recurrence Interval. Statistics Analysis.

### 1 INTRODUÇÃO

As precipitações pluviométricas consistem em fenômenos aleatórios e dinâmicos que condicionam a velocidade do escoamento superficial, da infiltração e estão diretamente relacionados à ocorrência de processos geomórficos. Diferem no espaço e tempo, mesmo em superfícies similares de embasamentos rochosos, cobertura vegetal, solos e morfologia do relevo (GIMENES, 2001).

Em meio tropical úmido a água atua como principal agente modelador do relevo. O escoamento superficial e subsuperficial são, em grande parte, controlados pela intensidade dos eventos pluviométricos, e a quantidade de fluxo escoado e infiltrado, depende também das

características geológicas, geomorfológicas, pedológicas do sítio, bem como da interferência antrópica realizada. A investigação dessas características físicas, associadas à dinâmica climática vigente investigada, influenciada pelo efeito orográfico, permite uma pluviosidade elevada no distrito de São João de Viçosa, condição que influencia a ocorrência de processos geomórficos. A intensidade da chuva desempenha, portanto, um importante papel nas taxas de infiltração.

Wolman e Miller (1960) foram precursores na proposição da abordagem de magnitude-frequência aplicada ao estudo dos processos geomórficos, desde então, o índice tem sido adotado em temas diversos sobre geomorfologia de processos (COLANGELO, 2005). Porém, o elevado número de fatores e variáveis envolvidos no estabelecimento e caracterização de processos geomórficos dificulta as tentativas de prognósticos. Deste fato decorre a importância da aplicação e de procedimentos estatísticos em estudos desta natureza. Se com eles o grau de incerteza é elevado, sem eles, o prognóstico se torna incomensurável (COLANGELO, 2005).

As precipitações tomadas num determinado número de valores consecutivos, intercalados a valores contínuos de períodos de estiagem se liga a uma probabilidade. Uma vez conhecido o sistema climático regional de dinâmica associada à circulação atmosférica e as técnicas disponíveis que possibilitam o anúncio de tais eventos, coloca-se uma questão relacionada a esse padrão de dados, aquela relacionada à recorrência de eventos medidos para o intervalo de 24 horas, além das médias anuais ou mensais.

Em Ahnert (1987) foi constatado que por meio de análise da magnitude e frequência de chuvas diárias é possível ressaltar as diferenças climáticas significativas existentes entre locais diferentes, mas com o mesmo valor médio de precipitação anual. Isso permite comparar áreas e identificar aquela considerada a mais úmida para um determinado período de registro histórico. O que dificulta tal comparação e requer cuidados na interpretação é justamente o fato de que autores diferentes, não necessariamente, trataram os dados correspondentes ao mesmo período investigado. Este fato dificulta, mas não impede as comparações, exceto para períodos muito distantes que possam implicar em interpretações de dados cujos registros estão comprometidos por princípio, como por exemplo, no caso de períodos El Niño e La Niña.

Alguns procedimentos estatísticos podem ser utilizados para estimar os valores das magnitudes e frequências das precipitações, principalmente em áreas desprovidas ou com baixa densidade de pluviógrafos, como é o caso da área investigada. Por meio de análise estatística, os intervalos de retorno desses eventos chuvosos são definidos. Desta forma, podem-se reconhecer as chances de ocorrência de determinado evento pelo menos uma vez a cada ano, tanto daqueles eventos dominantes ("mais significativos"), ou seja, aqueles da melhor relação de magnitude e frequência, coincidentes com as chuvas menores, quanto daqueles considerados extremos, que podem desencadear inundações e movimentos de massa.

O método da análise de magnitude e frequência de chuvas diárias define através da análise semilogarítmica, o índice de magnitude-frequência de chuvas diárias - IMF e o evento dominante (AHNERT, 1987), em que valores diários de precipitação pluvial são plotados em um gráfico com o uso de uma equação de regressão semilogarítmica, aplicado ao estudo de regiões climáticas e de processos geomórficos variados (AHNERT, 1987; GIMENES, 2000; GIMENES, 2001; SANTOS 2012). Ahnert (1987) propõe para as regiões úmidas o uso de uma série temporal diária de precipitação de no mínimo 5 anos. O produto da magnitude dos episódios de chuvas vezes a frequência de sua ocorrência resulta na identificação do evento dominante, que necessariamente conduz a um determinado processo geomórfico erosivo de vertente. Uma das vantagens do método de Ahnert (1987) é a análise estatística que proporciona resultados necessários para caracterização de eventos pluviométricos, que por sua vez, não requer registros específicos de fenômenos climáticos globais.

Considerando tais proposições, o objetivo deste trabalho foi definir a probabilidade de ocorrência de eventos pluviométricos capazes de promover movimentos de massa em cortes

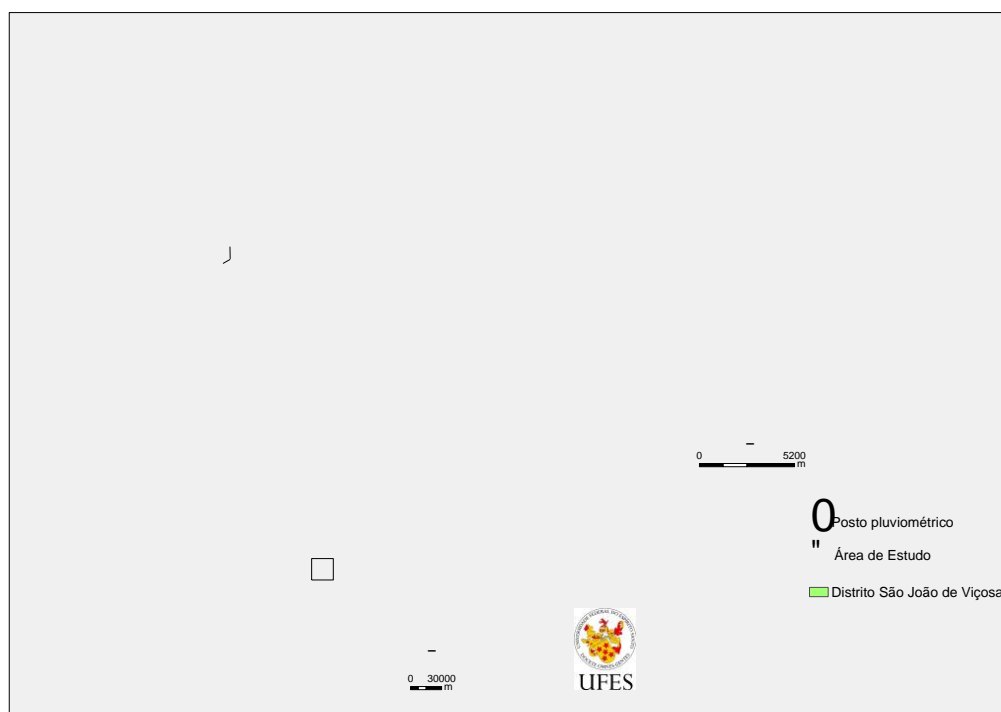
(de estrada/rua) em Latossolos de uma região serrana de precipitação média anual de 1.400 mm de chuva na cidade de Venda Nova do Imigrante Estado do Espírito Santo. Para tal, compreenderam a coleta, a organização e a interpretação de dados de chuva diária. Neste trabalho, o modelo de Ahnert (1987), foi testado para uma tipologia de precipitação pluvial com base no registro diário referente aos dados de 1976 a 2013 <sup>1</sup>do posto pluviométrico pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), operado na fazenda experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), situado a 5 km da área estudada. Definido o índice de magnitude-frequência de chuva diária (IMF), compararam-se os resultados obtidos com estudos realizados em áreas com condições semelhantes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Venda Nova do Imigrante situa-se a 103 km do oceano Atlântico e da capital do Espírito Santo, Vitória (FIGURA 1). Segundo a classificação climática genérica de Köppen, o clima do município é do tipo Awa que corresponde a um clima tropical chuvoso (representado pela letra A) com chuvas de verão (w) onde o mês mais quente tem temperatura média de 22° C (a). Apresenta precipitação média anual de 1.400 mm e inverno seco com temperatura média de 18,5° C, sendo que a média das temperaturas máximas de é de 24,5° C, enquanto as mínimas são de 12,3° C (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER, 2014).

Figura 1: Localização do município de Venda Nova do Imigrante (Brasil, Espírito Santo), área de estudo e posto pluviométrico (Fazenda experimental do INCAPER, distrito São João de Viçosa, Venda Nova do Imigrante).



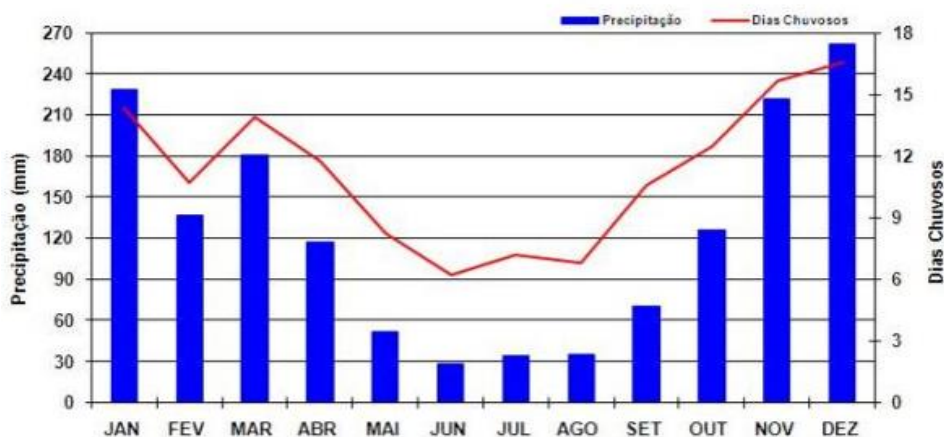
Fonte: Autores, 2015.

Os meses que apresentam os maiores volumes de precipitação são os meses de verão, janeiro, março, novembro e dezembro, enquanto junho, julho e agosto apresentam os menores

<sup>1</sup> Segundo o INCAPER dados posteriores a 2013 não foram disponibilizados devido à questões operacionais.

volumes em consequência do período de chuvas (FIGURA 2). A dinâmica temporal imposta por essas duas estações do ano, juntamente com aquelas provocadas pelas frentes, massas de ar e efeito orográfico regulam as temperaturas máximas e mínimas fazendo com que a amplitude térmica diária no município seja considerável.

Figura 2: Média mensal da precipitação e de dias chuvosos no período de 1976 a 2010.



Fonte: INCAPER, 2014.

No contexto geomorfológico, o distrito de São João de Viçosa insere-se na Região Planaltos da Mantiqueira Setentrional e na transição da Unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba e Maciços do Caparaó I (COELHO et al. 2012). Predomina na área o relevo do tipo morros, com amplitudes topográficas entre topo e fundo de vale, variando entre 100 m e 300 m. O sítio é nitidamente marcado, principalmente por formações rochosas ígneas (granitos) e metamórficas (gnaiesses) que evidenciam o controle estrutural do relevo, domínios da Faixa Araçuaí (HEILBRON et al, 2004), área hoje designada Orógeno Araçuaí (ALKMIN et al. 2007) pertencente a Província Mantiqueira.

## 2.2 ÍNDICE DE MAGNITUDE – FREQUÊNCIA (IMF)

Para estabelecer o Índice de Magnitude – Frequência (IMF) foram utilizados dados diários de precipitação correspondentes a uma série histórica de 38 anos, 1976 a 2013, fornecidos pelo INCAPER (2014). Os dados primários são oriundos de uma plataforma pluviométrica de coleta de dados pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, cuja unidade está localizada na latitude 20° 23’ 6’’ S, longitude 41° 11’ 4’’ O, a 727 m de altitude, Fazenda Experimental do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, distrito de São João de Viçosa, Venda Nova do Imigrante – Espírito Santo (FIGURA 1).

Todos os dados diários de chuva (mm) da série de 38 anos foram selecionados e foram ordenados em uma série decrescente, do maior valor de chuva ao menor. Ao maior valor foi atribuído o valor 1 (rank 1), ao segundo maior valor, o rank 2 e assim sucessivamente, e a equação abaixo (EQUAÇÃO 1), utilizada para determinar o Intervalo de Recorrência (IR), correspondente ao intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento.

$$IR = (N+1) \cdot rank^{-1} \quad (1)$$

Onde:

IR = ao intervalo de recorrência,

N = ao número total de unidades de tempo no registro histórico, expresso em anos.

Uma vez obtidos, esses valores foram plotados como uma função do logaritmo decádico do intervalo de recorrência, e a seguinte equação de regressão foi estabelecida (EQUAÇÃO 02).

$$P24 = Y + A \log_{10} IR_a \quad (2)$$

Sendo:

P24 = a quantidade de chuva diária em milímetros de chuva;

Y = a magnitude do evento pluviométrico P24;

A = o coeficiente de regressão;

IR<sub>a</sub> = ao intervalo de recorrência expresso em anos.

Utilizou-se o gerenciador de planilhas Excel para obter equação de regressão, e essa por sua vez, retornou na seguinte forma (EQUAÇÃO 03):

$$y = \alpha \ln(x) + \beta \quad (3)$$

Desse modo,

$\alpha$  = ao evento dominante (ED), que representa o produto da magnitude vezes a frequência em função do intervalo de recorrência;

$\beta$  = ao Y.

Para obter o valor de A indicado na Equação 2, o logaritmo natural  $\ln(x)$  deve ser transformado para  $\log_{10}x$ , e para isso, utilizou-se a equação abaixo (EQUAÇÃO 04):

$$A \cdot \log_{10} e = \alpha \quad (4)$$

Onde,

e = ao número de Euler;

$\alpha$  = ao Evento Dominante (ED).

Y corresponde a magnitude do evento pluviométrico P24 com intervalo de recorrência IR<sub>a</sub> = 1 ano, ou seja, a chuva que ocorre pelo menos uma vez por ano. Sendo assim, a soma Y+A forneceu o valor da magnitude do evento pluviométrico P24 com intervalo de recorrência IR<sub>a</sub> = 10 anos, ou seja, a chuva que ocorre pelo menos 1 vez a cada 10 anos. Portanto, Y+2A corresponde à magnitude do evento pluviométrico P24 com IR<sub>a</sub> = 100 anos. Y e A combinados formaram o Índice de Magnitude-Frequência (IMF), escrito (Y; A).

O gráfico semilogarítmico foi construído juntamente com a equação de regressão semilogarítmica e o coeficiente de correlação linear, sendo o IMF introduzido posteriormente. Realizaram-se testes para exclusão de dados espúrios, e foram consideradas chuvas com valor igual ou superior a 10 mm.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo os procedimentos anteriormente descritos obteve-se o gráfico semilogarítmico de Precipitações (P24 em mm) x Intervalo de Recorrência (IR) e o Índice de Magnitude-Frequência para o distrito de São João de Viçosa, município de Venda Nova do Imigrante – ES, conforme apresentado na FIGURA 3.

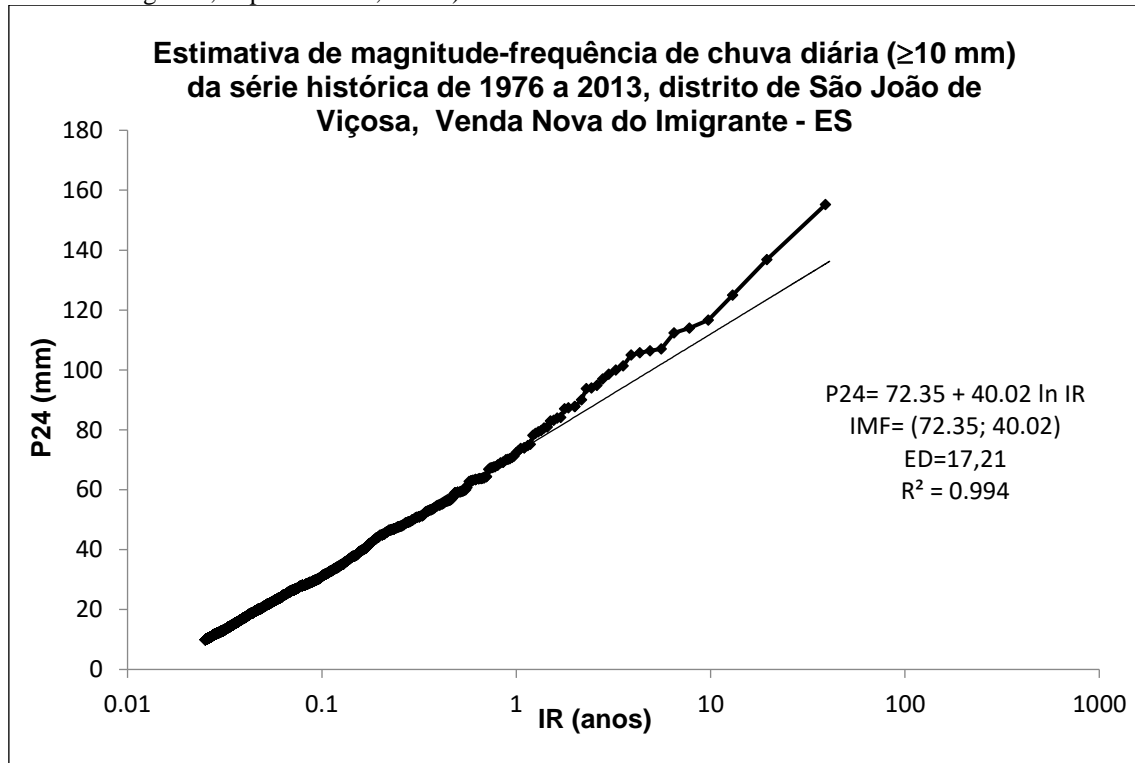
Observa-se no gráfico que os eventos de magnitude  $\geq 10$  mm se ajustam de modo satisfatório ao longo da linha de tendência, enquanto os eventos com valores maiores a partir de 80 mm, por exemplo, divergem um pouco da linha e tendem ao afastamento dessa, deslocando-se para cima. Santos (2012) estabeleceu o IMF para a região de Parelheiros (São Paulo – SP) e verificou que os eventos de maior valor, geralmente entre os três primeiros do

ranking, correspondentes a cerca de 4 postos pluviométricos dos 22 trabalhados, divergiram muito da linha de tendência, o que levou o referido autor a concluir que a extrapolação para maiores prazos fornece valores subestimados.

O IMF de chuva diária para Venda Nova do Imigrante (FIGURA 3) para o período de 38 anos (1976-2013) foi (72.35; 40.02), obtido os valores Y e A, respectivamente, indicando que pelo menos a cada ano uma chuva de 72.35 mm ocorre, e a cada 10 anos, (Y+A), uma de 112.37 mm. A estimativa para 100 anos, calculada pela expressão  $Y + (2.A)$ , 152,39 mm de chuva, poderá ocorrer pelo menos 1 vez.

O Y+2A deve ser, contudo, considerado com ressalvas, devido ao tempo estimado, muito alto, considerando à série histórica envolvida na análise e as possibilidades de variabilidade climática que podem ser submetidas à região investigada. O IMF obtido indica ainda que a região está submetida a elevados valores de precipitação, e isso pode ser explicado, em parte, pelas influências orográficas e sobretudo, pela dinâmica das Massas Tropical Atlântica e Polar Atlântica no hemisfério sul.

Figura 3: Estimativa de Magnitude-Frequência das chuvas diárias, referente ao registro histórico de chuvas de 1976 a 2013 (posto pluviométrico da Fazenda Experimental do INCAPER, distrito São João de Viçosa, Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo, Brasil).



Fonte: Autores, 2015.

O evento diário com maior valor obtido para a série histórica analisada foi de 155,2 mm de chuva, valor muito superior ao acumulado de 50 mm, este o limiar de chuva a partir do qual a Defesa Civil gera alerta para a população acerca das possibilidades de deflagração de movimentos de massa em solos sujeitos a escorregamentos. Uma precipitação de 50 mm, por exemplo, equivale à queda de 50 litros de água por metro quadrado de terreno, ou 500.000 litros por hectare (TAVARES, 2009). O limiar de chuva varia de uma área para outra, pois o mesmo está relacionado às especificidades de cada uma delas. De modo geral, volumes pluviais diários acima de 50 mm representam uma situação de perigo à deflagração de movimentos de massa, principalmente no período de verão (TAVARES, 2009; MOURA et al. 2013).



Quanto a essa questão, Tavares e colaboradores (2004) analisaram o comportamento pluviométrico no litoral norte do Estado de São Paulo durante as ocorrências de movimentos de massa do período mensal de 1991 a 2000 e concluíram que a maior parte dos movimentos de massa, em torno de 70% foram registrados com chuva acumulada igual ou superior a 120 mm em 72 horas (TOMINAGA, 2007). O estudo realizado por Castro (2006) relacionando precipitações pluviométricas aos escorregamentos nas encostas de Ouro Preto evidenciou que cinco dias de chuva acumulada é um dos fatores que mais influenciam para sua deflagração. Essas ocorrências relacionam-se a estação do verão no sudeste do Brasil, período de eventos pluviométricos intensos e recorrentes.

Apesar de essa dinâmica ser natural, ela pode contribuir também, dentre outros fatores, para o aumento da vulnerabilidade humana, tanto no âmbito econômico quanto social, sobretudo quando o crescimento das cidades tende a avançar sobre áreas impróprias a ocupação. No Brasil grande parte das cidades, independente da hierarquia, apresenta um processo de urbanização desordenado, incipiente e que tende a avançar sobre diferentes áreas do relevo, especialmente vertentes (JORGE, 2011).

Como a dinâmica das vertentes é comandada por um jogo de tensões que interage diretamente com esses processos, conseqüentemente, a intensa pluviosidade e escoamento superficial promovem a queda da resistência dos materiais superficiais, suporte do sistema geomórfico (COLANGELO, 2005).

Neste sentido, comparou-se o IMF obtido com o de outros locais onde o índice foi calculado: em Parelheiros - Imigrantes (São Paulo-SP) por Santos (2012), em Fazenda Fonte Limpas (Serra-ES) e em Aeroporto-Vitória (Vitória-ES) por Gimenes (2000; 2001). Os valores definidos em (147.8; 75.1), (73.3; 52.9) e (71.9; 45.7), respectivamente, (TABELA 1), se assemelham a estes obtidos para Venda Nova do Imigrante (72.35; 40.02), representando a influência do Oceano Atlântico e orográfica imposta pelo relevo, exceção ao de São Paulo num sítio de maior altitude e sob influência de clima urbano mais pronunciado.

Essa relação entre as áreas condiz com a dinâmica climática, que por sua vez, é influenciada pelos mesmos sistemas atmosféricos, no caso, célula de Alta Pressão Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), avanço periódico de frentes polares Antárticas e oscilações da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (CONTI e FURLAN, 2011; SANT'ANNA NETO, 2005). A influência do fator orográfico em Venda Nova do Imigrante-ES e da maritimidade em Serra-ES e em Vitória-ES, dentre outras particularidades, são os elementos que as diferem em micro-escala.

Tabela 1: Estimativa de Magnitude-Frequência de chuvas diárias para diferentes localidades.

Autores	Local/Série histórica	Y	A
	Chateaufle-Bains (França) – série histórica não especificada	42.5	27.6
Ahnert (1987)	Aachen (Alemanha), 1974-1978 (5 anos)	29.6	17.9
	Machakos (Quênia) - série histórica não especificada	64.2	36.5
Gimenes (2000, 2001)	Fazenda Fonte Limpas, Serra – ES; 1974-1999 (26 anos)	73.3	52.9
	Aeroporto-Vitória, Vitória – ES; 1988-1997 (12 anos)	71,9	45.7
Santos (2012)	Parelheiros, São Paulo – SP; estação pluviométrica Santo Amaro, 1979-1984 (6 anos)	60.6	30.9
	Parelheiros, São Paulo – SP; estação pluviométrica Imigrantes, 1979-1984 (6 anos)	147.8	75.1
	Parelheiros, São Paulo – SP; estação pluviométrica Rio Acima, 1979-1984 (6 anos)	79,9	41,6

Fonte: Ahnert (1987); Gimenes (2000, 2001); Santos (2012). Elaboração: Autores.

O evento dominante encontrado para Venda Nova do Imigrante foi de 17.21 mm (FIGURA 3), similar ao encontrado para Vitória, 19,7 mm (GIMENES, 2001). Desse modo, a chuva que mais ocorre no ano, está principalmente relacionada aos processos geomorfológicos característicos de superfície, tais como erosão laminar e linear, e não a processos geomorfológicos/geotécnicos/geológicos de subsuperfície, como os escorregamentos. Para a região de Venda Nova, predominantemente, as chuvas de 17.21 mm são as que mais ocorrem num período de 1 ano, podendo promover erosão, enquanto as chuvas de mais de 50 mm, que poderão ser as responsáveis pelos escorregamentos, têm uma recorrência menor.

Devido à localização do posto pluviométrico da área investigada que registra pontualmente os valores precipitados, a extrapolação destes números, para outras áreas do município exige ressalvas, pois a influência do fator orográfico condiciona as áreas a receberem maiores e menores volumes de precipitação.

A importância da identificação do evento dominante deve-se a alguns fatores. No contexto teórico e conceitual dos processos geomorfológicos, duas desvantagens de metodologias que tem por finalidade relatar os processos exógenos, de modo a torná-las ou inadequadas ou pouco aplicáveis foram apontadas por Ahnert (1987): (a) a primeira relacionada à abordagem climatológica geral de valor-médio. Torna-se inadequada porque os processos geomórficos consistem em eventos descontínuos de magnitudes e frequências diferentes e (b) a segunda está relacionada a medições em períodos curtos de tempo. Aplica-se a investigações dos sistemas geomórficos que envolvem experimentos em campo e medições de eventos meteorológicos relevantes para cada tipo de processo, úteis na explanação das interações de processos locais de curta duração, não podendo ser extrapolados no tempo e nem representativos de outras áreas (AHNERT, 1987; GIMENES, 2001), embora de importância incontestável.

Em análise, De Ploey e colaboradores (1991) argumentam que a proposta de Ahnert (1987) é mais apropriada porque estima a magnitude e os intervalos de recorrência (IR) de todos os eventos de chuvas que causam erosão e demais processos geomórficos e não apenas aqueles raros de extrema magnitude. Neste caso, é o evento dominante de 17.21 mm, aquém dos 25 mm esperados para a geração de *runnof*, sobretudo em Latossolos. No caso de solos menos profundos esse valor limiar para a geração do processo pode ser menor. Para este método, este evento de chuva indica que chuvas em torno de 17.21 mm são aquelas que mais produziram a retirada de sedimentos das superfícies inclinadas na região de Venda Nova do Imigrante.

A intensidade da chuva tem sido utilizada por vários pesquisadores, que tem tentado buscar um valor crítico, a partir do qual começa haver erosão dos solos. No entanto, é difícil estabelecer um valor universal, porque outros fatores também influenciam o processo. Alguns valores sugeridos são: 25 mm/h (Hudson, 1961); 10 mm/h (Morgan, 1977); 6 mm/h (Richter e Nengendank, 1977) e 5 mm/h (Boardman e Robinson, 1985). (GUERRA, 2007).

Os fenômenos que relacionados ao ciclo hidrológico são difíceis de serem mensurados qualitativamente e quantitativamente, e, por esse motivo recorrem-se aos procedimentos estatísticos. Além da dificuldade em estabelecer a relação intensidade de chuva e geração de *runnof* devido às características específicas de cada área há também as limitações técnicas dos procedimentos. No caso deste trabalho, destaca-se a dependência de dados fidedignos, ou seja, ora há imprecisão na leitura dos dados primários, ora os registros encontram-se incompletos, situação que requer refinamento dos dados e imparcialidade do pesquisador.

No decorrer da etapa compilatória, verificou-se que no Estado do Espírito Santo os estudos sobre a intensidade, duração e frequência das precipitações são pouco desenvolvidos e os existentes, de ordem técnica, são voltados a obras hidráulicas e limitam-se a algumas



localidades. Dentro deste contexto, e quando consideradas as dimensões do Brasil, verificamos que as características climáticas são pouco exploradas.

O conhecimento sobre magnitude-frequência e evento dominante de eventos pluviométricos interessa ao planejamento público, pois estão diretamente relacionados com inundações e movimentos de massa, uma vez que o *runoff* pode alterar também o perfil geométrico da encosta, promover o solapamento de margens de rios, rompimentos de sistemas de drenagem e saneamento básico.

#### 4 CONCLUSÃO

Esperado para um espaço de tempo de um único dia (P24) e sem considerar os acumulados de um período maior, em São João de Viçosa um valor de 72.35 mm representa a chuva que ocorre pelo menos uma vez a cada ano, a partir do qual ocorrerão outras chuvas maiores. Um valor de 112.37 mm representa a chuva que ocorre pelo menos uma vez a cada 10 anos, enquanto chuvas maiores ocorreram em intervalos maiores do que este. O IMF (72.35; 40.02) é elevado e compara-se aos índices encontrados para Vitória e Serra (ES) e São Paulo (SP), pela influência dos sistemas atmosféricos úmidos do Atlântico.

Considerando a melhor relação entre a magnitude e a frequência das chuvas, em São João de Viçosa dominam as chuvas de 17.21 mm, aquém daquela esperada para a geração de *runnof*, demonstrando que, das chuvas menores do que 25 mm, principalmente ou predominantemente as de 17.21 mm são as que mais irão se infiltrar nos Latossolos, dependendo das características de superfície, tais como vegetação, tipos de cultivos agrícolas, tipo de pavimentação urbana e solo desnudo, e que essas são as chuvas que melhor contribuem para a umidade precedente à saturação do solo, esse capaz de promover escorregamentos nas vertentes de Latossolos antropizados submetidos à corte. Diferentemente dos Latossolos, o evento dominante de 17.21 mm poderá produzir *runnof* nos Neossolos Litólicos observados na região de São João de Viçosa, e, até mesmo, micro-escorregamentos nesses locais onde a superfície de ruptura é a rocha pouco permeável.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES, pela bolsa de Mestrado no Programa em Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGG-UFES) concedida à primeira autora; ao INCAPER por ter cedido os dados de precipitação pluviométricos diários utilizados neste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

AHNERT, F. **An approach to the identification of morphoclimates**. Gardner V., International Geomorphology, 1987, p. 159-188.

ALKMIN, F.F; PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M; CRUZ, S.C.P. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí – Congo Ocidental. **Geonomos**, v. 15, 2007, p. 25-43.

CASTRO J.M.G. (2006). **Pluviosidade e Movimentos de Massa nas Encostas de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto-MG, 114p.

COELHO, A. L. N.; GOULART, A. C. O.; BERGAMASCHI, R. B.; TEUBNER JR, F. J. – **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo**. Nota Técnica 28. Vitória. INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. 2012. Disponível em <  
[http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/attachments/1310\\_ijsn\\_nt28-.pdf](http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/attachments/1310_ijsn_nt28-.pdf)>. Acesso em 21 dez. 2018.

COLANGELO, A. C. Sobre os modelos de magnitude-frequência e de estabilidade de vertentes. **Revista do Departamento de Geografia/USP**, n. 16 p. 11-23, 2005.

CONTI, J. B.; FURLAN, S.A. **Geocologia**: o clima, os solos e a biota. In: Geografia do Brasil. ROSS, J. L. S. (org). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 6.ed., 2011, p. 67-208.

DE PLOEY, J. , KIRKBY, M. J. , AHNERT, F. **Hillslope erosion by rainstorms – A magnitude-frequency analysis**. In: Earth Surface Processes and Landforms, v. 16, p. 399-409, 1991,

GIMENES, A. C. W. Análise Semilogarítmica de Magnitude-Frequência na Identificação do Evento Pluviométrico diário Dominante e Processo Geomórfico Associado. 8. Encontro Latino Americano de Geografia, **Anais...** Universidad de Chile, Santiago do Chile, Media Graphics, p 411-421, 2000.

GIMENES, A.C.W. **Estudo da morfologia, materiais e processos em uma estrutura de relevo cristalina: Mestre Álvaro, Município Serra, Espírito Santo, Brasil**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências – Universidade de São Paulo. São Paulo, 140p., 2001.

GUERRA. A.J.T. **Processos erosivos nas encostas**. In: **Geomorfologia**: Uma atualização de bases e conceitos. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B.C. (orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 7. Ed, p. 149-209, 2007.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (Orgs.), Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Editora Beca, p. 203-234, 2004.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Hidrometeorologia**. Disponível em: <  
<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=carac>>. Acesso em dezembro de 2014.

JORGE, M. C. O. **Geomorfologia Urbana**: Conceitos, Metodologias e Teorias. In: GUERRA, A. J. T. (Org). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 117-145.

MOURA, C.R.; ESCOBAR, G.C.J.; ANDRADE, K. M. Padrões de circulação em superfície e altitude associados a eventos de chuva intensa na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n.3, 2013, p. 267-280.

SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, 2005.

SANTOS, A. H. B. dos. Análise de magnitude-frequência de eventos pluviométricos na região de Parelheiros (São Paulo – SP). **Revista Geonorte**: Ed. Especial, v. 1, n. 4, p. 399-411, 2012.

TAVARES, R. Clima, tempo e desastres. In: **Desastres Naturais Conhecer para Prevenir**. TOMINAGA et al. (orgs.). São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 111-146.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um ensaio em Ubatuba**, SP. 240p. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo – São Paulo, 2007.

**Recebido para publicação:** 19 de junho de 2018.

**Aprovado:** 18 de fevereiro de 2019.