

CORRELAÇÃO ENTRE MOVIMENTOS DE MASSA E PLUVIOSIDADE NAS ENCOSTAS DE JOÃO PESSOA/PB - BRASIL

Rainfall-landslide relationship for João Pessoa/PB - Brazil

Fábio Lopes Soares*

Geraldo Moura Ramos Filho**

RESUMO – As ocorrências de movimentos de massa na cidade de João Pessoa estão gerando preocupação à sociedade. Dado que a chuva é um dos principais agentes responsáveis pela deflagração dos deslizamentos, este trabalho busca realizar um estudo da relação da precipitação com os deslizamentos, objetivando encontrar um meio para monitorar e prever os movimentos de massa através do estudo de uma única variável, as chuvas. Foi delimitada a região a ser estudada, coletados os dados dos movimentos de massa e dos pluviômetros e, por fim, traçou-se curvas do tipo chuvas diárias vs. chuvas acumuladas, buscando índices de correlação (R^2) elevados. Encontraram-se resultados bastante significativos para a prevenção e o monitoramento dos movimentos de massa. Para a precipitação acumulada de oito dias foram encontradas três equações que se diferenciam pela gravidade do movimento de massa e, ainda, as correlações encontradas foram elevadas.

SYNOPSIS – The occurrence of mass movements in the city of João Pessoa are generating concern for the Civil Defense services. As the rain is one of the main agents for triggering landslides, this work aims to conduct a study of the rainfall-landslide relationship, in order to find a way to monitor and predict the mass movements through the study of a single variable, rainfall. The area of study has been delimited, the mass movements and rain data were collected and finally the daily rain vs. accumulated rain curves were traced, searching for high correlation indices (R^2). Significant results have been found for the prevention and monitoring of mass movements. For the eight day accumulated rainfall three equations were derived that differ in the severity of the mass movement and whose correlations were high.

PALAVRAS CHAVE – Movimento de massa, pluviosidade, correlação.

1 – INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa, habitualmente conhecidos como escorregamentos ou deslizamentos, são os fenômenos naturais que mais afetam as cidades brasileiras, provocando danos sociais e econômicos. Ocorrem geralmente nos períodos chuvosos, sendo a chuva considerada um dos principais agentes de deflagração desses movimentos. Este fato é agravado por outro fator, a ocupação desordenada.

Segundo Ide (2005), a preocupação com os movimentos de massa é necessária devido ao grande número de cidades nas quais existem esses problemas. O monitoramento e a prevenção eficazes destes processos têm sido um desafio para as comunidades internacionais, visando à proteção à vida e à propriedade. O sucesso dessa empreitada, no entanto, está intimamente ligado ao conhecimento de seus agentes condicionantes e como se relacionam até a deflagração.

* Professor Titular, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba.
E-mail: flseng@uol.com.br

** Engenheiro civil. E-mail: geraldo0511@hotmail.com

1.1 – Estudos anteriores

A busca para tentar compreender a associação entre a deflagração dos movimentos de massa e os índices pluviométricos, está levando muitos pesquisadores a tentarem estabelecer correlações empíricas, probabilísticas ou físico-matemáticas entre a pluviosidade e a ocorrência desses processos. Entre trabalhos internacionais citam-se Endo (1970), Campbell (1975), Lumb (1975), Govi (1977), Eyles (1979), Kay e Chen (1995), Zêzere (2003). No Brasil, são conhecidas diversas correlações entre os episódios de chuva e os movimentos de massa, resultantes de diferentes locais e utilizados em planos de defesa civil. Citam-se os estudos de Guidicini e Iwasa (1977), Tatizana *et al.* (1987), Almeida e Nakazawa (1991) para Petrópolis, Elbachá *et al.* (1992) para Salvador, Xavier (1996) para Belo Horizonte, Alheiros *et al.* (2003) para Olinda, Salaroli (2003) para Vitória, Vieira (2004) para Blumenau, Ide (2005) para Campinas/SP, Castro (2006) para Ouro Preto. Os Quadros 1 e 2, citados por Ide (2005), mostram de forma resumida cada trabalho e as conclusões encontradas.

Quadro 1 – Resumo de pesquisas internacionais realizadas sobre chuva e escorregamento (Ide, 2005).

Autor e ano	Local	Característica associada a escorregamento
Endo, 1970	Hokkaido	Limite de 200 mm / dia.
Campbell, 1975	Los Angeles	Limite de 262 mm / evento de chuva.
Nielsen <i>et al.</i> , 1976	Alameda County, Califórnia	Limite de 180 mm / evento de chuva.
Govi, 1976	Bacino Padano, Itália	Limite de 100 mm / 3 dias.
Eyles, 1979	Wellington City	Limite de 50-90 mm / evento de chuva. Escorregamentos de grande porte com 100 mm / evento de chuva.
Brand <i>et al.</i> , 1984	Hong Kong	Limite de 100 mm / 24 horas; 70 mm / hora.
Kay e Chen, 1995	Hong Kong	Relação: $d = (180 - h)/s$ onde d é a chuva diária (mm), h é a chuva horária (mm) e s é o coeficiente de inclinação da reta que limita as zonas de probabilidade de ocorrência de escorregamentos.
Finlay <i>et al.</i> , 1997	Hong Kong	Boa relação com chuva de 1 e 12 horas anteriores Limite de 8 a 17 mm / hora.
Zêzere <i>et al.</i> , 2003	Lisboa, Portugal	Limite de 220 mm / 15 dias para escorregamentos de pequeno porte / translacionais rasos. Limite de 130 mm / dia para escorregamentos múltiplos translacionais. Limites de 459 mm / 40 dias a 690 mm / 75 dias (chuvas prolongadas) para movimento de massa profundos.

Quadro 2 – Resumos de pesquisas brasileiras realizadas sobre chuva e escorregamento
(Modificado de Ide, 2005).

Autor e ano	Local	Característica associada a escorregamento
Guidicini e Iwasa, 1977	Costa Ocidental, Brasil	Limite de 8 a 17% de pluviosidade anual. Com 20% da pluviosidade anual, desenvolvem-se fenômenos catastróficos.
Tatizana <i>et al.</i> , 1987	Serra do Mar, Brasil	Boa relação com precipitação acumulada de 4 dias; $I (Ac) = 2603 Ac^{0,933}$ I = intensidade da precipitação Ac = precipitação acumulada de 4 dias
Elbachá <i>et al.</i> , 1992	Salvador, Bahia	Limite indicativo de 120 mm/ 4 dias.
Xavier, 1996	Belo Horizonte, Minas Gerais	Limite de 30 mm/24 horas e 50 mm em 48 horas.
GEO-RIO, 2000	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Boa relação com chuva acumulada de 4 dias.
Alheiros <i>et al.</i> , 2003	Olinda, Pernambuco	Maior chance de instabilidade de massa para $R > 60\,000\text{ mm}^2$ sendo: $R = Pac \cdot I$ I = intensidade da chuva Pac = precipitação acumulada desde o início da estação chuvosa
Salaroli, 2003	Vitória, Espírito Santo	36,00 mm para nível de Atenção. 87,5 mm para nível de Alerta.
Vieira, 2004	Blumenau, Santa Catarina	Boa relação com chuva acumulada de 3 a 4 dias, somando em torno de 50 mm.
Ide, 2005	Campinas, São Paulo	78,0 mm para 7 dias de acumulada.
Castro, 2006	Ouro Preto, Minas Gerais	129,0mm de chuva acumulada em cinco dias com chuvas diárias de 55,0mm.
Soares e Ramos, 2014	João Pessoa, Paraíba	50,0 mm de chuva acumulada de sete dias com chuvas diárias de 150,0 mm. 150,0 mm de chuva acumulada de sete dias com chuvas diárias de 50,0 mm.

1.2 – Área de estudo

A área objeto de estudo compreende a cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. A região está inserida na folha topográfica de João Pessoa (Brasil, 1974), na escala 1:100 000, e situa-se na zona fisiográfica da Mata Paraibana. A cidade de João Pessoa faz limites, a norte, com o município de Cabedelo, a sul, com os municípios do Conde e Alhandra, a oeste, com os municípios de Bayeux e Santa Rita, e a leste, apresenta como ponto limite a fronteira marítima do Oceano Atlântico.

Atualmente, a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) identifica na grande João Pessoa trinta e uma áreas de risco. Uma área é considerada de risco quando está situada em: encostas declivosas, fundos de vales, várzeas de rios, encostas sujeitas a deslizamento, áreas onde passam redes de alta tensão de energia elétrica, tubulações de gases naturais, transmissão de água, entre outros.

Para compreender a influência das chuvas no desencadeamento dos movimentos de massa na cidade de João Pessoa, serão traçadas curvas de dispersão com os valores de precipitação diária e acumulada para as quais começa a deflagração. A partir destas informações pode-se criar um

suporte para um sistema de alerta, que servirá como instrumento preventivo da COMDEC para a população e os órgãos competentes.

2 – METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho é bastante semelhante aos estudos de Ide (2005) e Castro (2006), porém devido a algumas peculiaridades da área de estudo, algumas adaptações do método adotado foram necessárias. Este estudo foi desenvolvido em duas etapas.

1. Coleta de dados – Levantamento dos dados sobre movimentos de massa e dos dados pluviométricos, sendo criado um cadastro.

2. Correlação entre escorregamento e pluviosidade – Verificação da quantidade de dias de chuva acumulada na deflagração dos escorregamentos e, por fim, determinação da relação entre precipitação e escorregamentos.

2.1 – Coleta de dados

Os levantamentos de dados dos movimentos de massa e da pluviosidade ocorrem de forma a coincidir as datas e locais, devido à interdependência entre estes dados. O período de estudo do trabalho compreendeu desde 2008 até 2013, portanto foi importante a coleta dos dados tanto de precipitação quanto de movimentos de massa dentro desse período.

2.1.1 – Movimentos de massa

O levantamento dos dados foi realizado com a ajuda da COMDEC de João Pessoa, complementado pelas informações obtidas na mídia. O início do cadastro de escorregamentos em 2008 se deve à inexistência de registro das ocorrências anteriores a esta data.

A coleta dos dados para o cadastro seguiu os procedimentos abaixo:

- Levantamento das ocorrências atendidas pela COMDEC de João Pessoa, selecionando apenas aquelas relacionadas a movimentos de massa;
- Verificação das datas e locais das ocorrências para certificação que foram atendidas na área de estudo;
- Arquivamento das informações coletadas.

Deve-se realizar uma triagem inicial nas informações coletadas, evitando assim os acidentes não relacionados diretamente à precipitação. Nos casos em que foi identificado que o rompimento se dera por falhas na construção civil, rompimento de tubulações de água e esgoto, escavações ou cortes inadequados do terreno, entre outros, a ocorrência deve ser excluída.

O número de movimentos de massa que ocorreram no período da pesquisa, provavelmente é maior do que os cadastrados. Isto se deve ao fato da existência de locais não habitados na área urbana de João Pessoa onde ocorrem movimentos, mas estes não atingem moradias. Assim a ocorrência não é registrada.

Para apurar maiores detalhes como o horário e tipos de perdas ocorridas no acidente, a bibliografia existente sobre o assunto aconselha a procurar no meio de comunicação, em jornais, revistas locais, entre outros, as notícias de escorregamentos. A melhor precisão do horário da ocorrência dos movimentos de massa é muito importante para a utilização rigorosa das informações coletadas nos pluviômetros.

O cadastro final foi criado em um banco de dados em planilha Excel, armazenando e ordenando os dados. No cadastro consta a data da ocorrência e endereço (logradouro e bairro).

2.1.2 – Pluviosidade

Os dados de precipitação foram considerados de forma que abranja toda a área de estudo. O ideal é que exista uma rede de pluviômetros na cidade para captar as leituras em vários pontos distintos. Em João Pessoa, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) possui um pluviômetro localizado na região estudada e a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESA) possui seis.

Outro fator importante é que as informações dos pluviômetros devem coincidir com as informações dos movimentos de massa e ainda apresentar dados confiáveis no período estudado. Para a região estudada, apenas o pluviômetro do INMET apresentou dados confiáveis no período de estudo.

Para os estudos de correlação, é importante saber os valores das chuvas acumuladas nos dias anteriores. A partir da planilha Excel foram calculadas as chuvas acumuladas de 1 a 10 dias.

2.2 – Correlação entre escorregamentos e pluviosidade

Esta correlação tem por objetivo estabelecer uma relação numérica entre os dois, sendo de grande utilidade para a previsão dos movimentos de massa e tendo aplicação direta nos planos de defesa civil do município, através das previsões meteorológicas e acompanhamento dos índices pluviométricos.

Segundo Castro (2006), o estudo de correlação consiste na comparação, através de diversos gráficos, entre os valores de precipitação que causaram escorregamentos e aqueles valores que não causaram nenhum tipo de movimento.

Primeiramente, foram estudados os dias de chuva acumulada que influenciam nos movimentos de massa, sendo esta análise importante para verificar qual a quantidade de dias antecedentes que tem maior influência nos movimentos, ou seja, a importância da saturação do solo no desencadeamento dos escorregamentos.

Posteriormente, traçou-se uma curva para através desta fornecer uma relação numérica entre a chuva acumulada na quantidade de dias antecedentes aos escorregamentos e a chuva ocorrida no dia da ocorrência.

2.2.1 – Quantidade de dias de chuva acumulada na deflagração dos escorregamentos

Através da construção de diagramas de dispersão para as chuvas acumuladas de 1 a 10 dias, pode-se verificar a quantidade de dias de chuvas acumuladas que influenciam na deflagração dos escorregamentos, comparando os valores das chuvas acumuladas que causaram ou não escorregamentos. A análise consiste em definir o diagrama de menor número de dias que apresenta uma separação mais nítida dos pontos com e sem escorregamentos.

Para a elaboração desse diagrama, foram plotados os pontos com e sem escorregamentos pela data de sua ocorrência. Através destes diagramas é possível estabelecer um valor limite da precipitação que inicia o processo de movimentação.

2.2.2 – Relação entre precipitação e escorregamentos

Para estudar a relação numérica entre as chuvas e os escorregamentos foi construído um gráfico. Este gráfico fornece uma equação que correlaciona a chuva acumulada com a chuva diária do dia da ocorrência, e pode ser usada como auxílio à prevenção de acidentes.

Para a construção deste gráfico foram utilizados todos os dados de escorregamentos dos anos escolhidos para as análises, pois uma quantidade maior de dados proporciona um melhor ajuste para a curva. O objetivo da construção deste gráfico é estudar os pontos em situações adversas, ou seja, aqueles dias em que ocorreu um baixo volume de chuva, mas houve movimentos e aqueles que com alto valor de chuva diária não causaram escorregamentos.

Quando não existem dados pluviográficos, valores de intensidade horária de chuva, o gráfico pode ser construído com os valores diários da chuva, assim como no trabalho de Ide (2005) e de Castro (2006). Para este tipo de gráfico, utiliza-se o valor da chuva em 24 horas correlacionando-o com a chuva acumulada em X dias, excluindo o valor da precipitação do dia de ocorrência. O gráfico elaborado neste trabalho utilizou os dados diários.

Foram lançados todos os pontos com e sem escorregamentos no gráfico da chuva diária pela chuva acumulada, definindo uma curva que mostra a melhor separação desses pontos. A equação que melhor se ajustar a esta curva será a relação numérica entre essas duas variáveis. Para se obter a melhor curva com o melhor ajuste foram realizadas várias tentativas.

3 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 – Dados do cadastro de movimentos de massa

A triagem foi realizada e foram selecionados apenas os deslizamentos provocados pelas chuvas. Ao fim da triagem, foi possível observar que os movimentos de massa registrados são escorregamentos do tipo rotacional e 19 datas distintas foram utilizadas no estudo (Quadro 3), onde foram subdivididas em três categorias:

- Eventos simples (registro de apenas um movimento no dia) – foi maioria, atingindo 63,16% dos movimentos cadastrados;
- Eventos médios (registro de dois ou três movimentos no dia) – atingindo 26,32% dos movimentos cadastrados;
- Eventos grandes (registros de mais de três movimentos no dia) – atingindo 10,52% dos movimentos cadastrados.

Os registros de movimentos de massa têm maior ocorrência no período entre maio e agosto, sendo facilmente compreendido devido ao período de chuva ser concentrado nestes meses. A maior concentração de registros ocorreu em junho, aproximadamente 26%, seguido de julho, aproximadamente 21%. A Fig. 1 mostra a localização da ocorrência dos movimentos de massa.

Quadro 3 – Data e localização dos movimentos de massa provocados pelas chuvas em João Pessoa.

Data	Local	Data	Local
Eventos simples			
30/08/2013	Comunidade Santa Barbara	2/7/2012	Saturnino de Brito
14/07/2013	Saturnino de Brito		São José
29/04/2013	Cristo Redentor	20/05/2011	Valentina
28/06/2012	BR-230/Km-19 Castelo Branco		Rangel
19/06/2012	Saturnino de Brito		Cruz das Armas
24/01/2012	Timbó	23/04/2009	São José
17/07/2011	São Jose		Cabo Branco
12/7/2011	BR-230/Km-19 Castelo Branco	Eventos grandes	
20/02/2011	Ilha do Bispo	9/6/2013	São José
23/05/2009	Roger		Timbó
22/02/2009	Renascer		BR-230/Km-19 Castelo Branco
16/06/2008	Roger		Comunidade Santa Clara
Eventos médios		12/4/2011	São José
4/9/2013	BR-230/Km-19 Castelo Branco		Comunidade Tito Silva
	Miramar		Barreira do Cabo Branco
	Barreira do Cabo Branco		Saturnino de Brito
13/06/2013	Saturnino de Brito		Timbó
	Timbó		Roger

3.2 – Dados pluviométricos

Para a coleta dos dados de pluviosidade, as informações foram obtidas no banco de dados do INMET, que pode ser acessado via internet, e na AESA. O Quadro 4 e a Fig. 1, especifica a quem pertence e a localização dos pluviômetros espalhados em João Pessoa.

Quadro 4 – Pluviômetros: órgão/coordenadas.

Pluviômetro	Órgão	Latitude (graus)	Longitude (graus)
Estação 82798	INMET	-7.1	-34.86
Bayeux	AESA	-7.13	-34.94
João Pessoa / DFAARA	AESA	-7.08	-34.83
João Pessoa / Mangabeira	AESA	-7.19	-34.81
João Pessoa / Mares	AESA	-7.15	-34.9
João Pessoa / CEDRES	AESA	-7.21	-34.95
Cabedelo / Emater	AESA	-7.08	-34.85



Fig. 1 – Mapa de localização dos movimentos de massa e dos pluviômetros em João Pessoa.

Dentre as estações pluviométricas do Quadro 4, foi observado que:

- a estação Bayeux e João Pessoa/Mangabeira não apresentam dados para todo o período de estudo. O último registro coletado foi no mês de maio/2013 para a estação Bayeux e agosto/2012 para a estação João Pessoa/Mangabeira;
- a estação João Pessoa/Mares e João Pessoa/EMATER apresentam falhas nas medições, ou seja, não foram realizados os registros de precipitação em algumas datas dentro do período de estudo;
- a estação João Pessoa/DFAARA apresenta dados extremamente semelhantes a estação 82798 do INMET.

Por fim, a estação do INMET (estação 82798) foi selecionada para realização do estudo, pois foi considerada a mais representativa devido à existência de dados em todo o período de investigação dos escorregamentos (2008 a 2013) e à maior proximidade aos locais dos escorregamentos selecionados.

3.3 – Correlação entre escorregamentos e pluviosidade

3.3.1 – Análise do número de dias de precipitação acumulada mais efetivo nos processos de escorregamentos

Foram lançados todos os dados de chuva do ano de 2011 em um gráfico de dispersão de precipitação acumulada de 8 dias. A Fig. 2 mostra os resultados para as chuvas acumuladas de 8 dias. Os 5 casos de escorregamentos e os casos de não ocorrência estão destacados nos gráficos como indica a legenda.

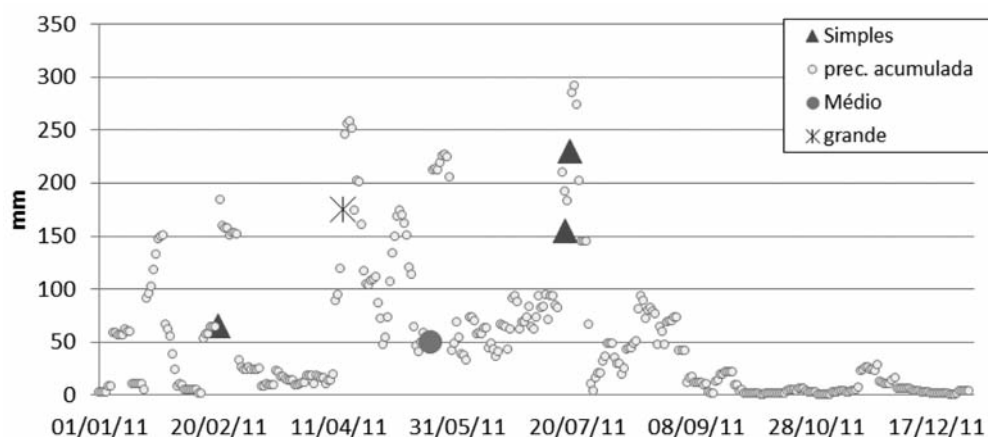


Fig. 2 – Gráficos de dispersão de precipitação acumulada de 8 dias.

Observando o gráfico podemos chegar a conclusão que:

- Os eventos simples e médios ocorrem a partir de um limiar próximo de 50 mm;
- Os eventos grandes ocorrem a partir um limiar próximo de 175 mm.

E, ainda, os limites traçados não segregam os pontos de escorregamentos dos pontos de precipitação acumulada, esta situação sendo a ideal. O resultado encontrado é ainda considerado insatisfatório, mas os valores limites encontrados são uma excelente referência para o estudo da relação chuva diária vs. chuva acumulada, como veremos mais adiante.

3.4 – Relação numérica entre precipitações e escorregamentos

As curvas que correlacionam a precipitação acumulada e a precipitação diária foram definidas para se obter uma relação numérica entre estes dois parâmetros. Foram obtidas através de um gráfico com todos os pontos de escorregamentos (simples, médios e grandes) e os pontos de chuva que não provocaram escorregamentos (Fig. 3). As equações foram obtidas através de linhas de tendência do tipo potencial, cujo objetivo é encontrar uma correlação elevada.

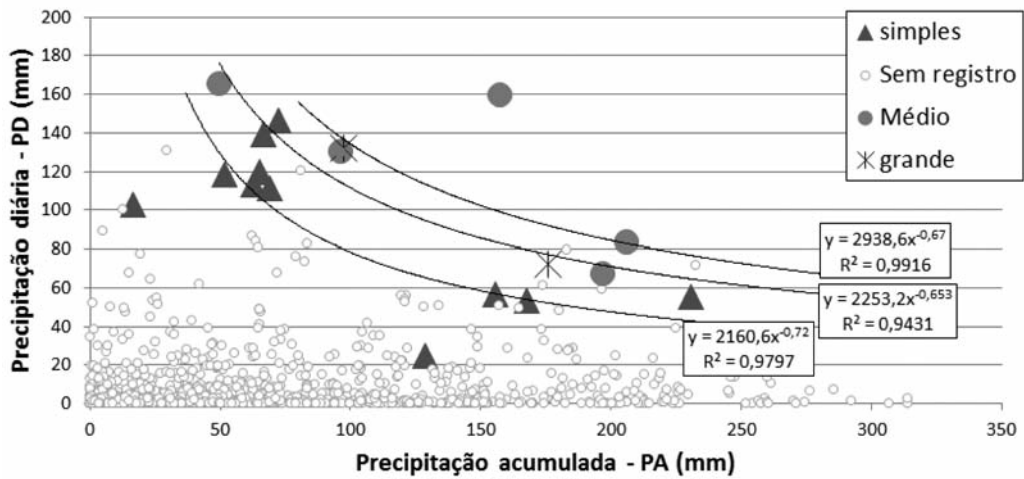


Fig. 3 – Curvas de correlação entre precipitação diária e acumulada para 8 dias.

No gráfico acima, é perceptível a separação dos pontos sem registro e com registro de escorregamento. O valor de R² foi satisfatório para os eventos simples, médios e grandes – 0,9797; 0,9431 e 0,9916, respectivamente – significando boa concordância dos pontos com a linha de tendência adicionada. O Quadro 5 mostra as equações encontradas e o fator R² de cada uma das curvas.

Quadro 5 – Resumo das equações das curvas encontradas e valor de R².

Chuvas acumuladas – 8 dias	Equação	R²
Simples	$PD = 2160,6.PA^{-0,72}$	0,9797
Médio	$PD = 2253,2.PA^{-0,653}$	0,9431
Grande	$PD = 2938,6.PA^{-0,67}$	0,9916

Com a elaboração destas equações, agora é possível calcular a quantidade de chuva que pode ocasionar escorregamentos, partindo das informações de chuva acumulada dos dias anteriores. Por isso é necessário o acompanhamento da chuva ocorrida nos dias antecedentes, favorecendo a prevenção de acidentes.

Como mostram os gráficos de chuva acumulada de 8 dias, é possível observar pontos acima da curva não associados aos escorregamentos. Mesmo assim, a maior parte do universo de dados de precipitação localiza-se na área inferior do gráfico, área a qual deve ser atribuída uma suscetibilidade menor a escorregamentos na região de João Pessoa. Podemos perceber também que ainda existem pontos de eventos simples abaixo da curva. Porém esses pontos são poucos, representando, aproximadamente, 15% dos escorregamentos.

Vale ressaltar que por tratar-se de um resultado empírico, a qualidade da aplicação da equação depende do tamanho da amostra dos dados utilizados. Por essa razão, é importante realizar frequentes atualizações, inserindo novos casos de escorregamentos e ampliando a amostra de dados de cada estação chuvosa.

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível estabelecer relações numéricas a partir de uma única variável, a precipitação, as quais dão indicação da probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, apesar de existir inúmeros fatores e agentes condicionantes para influenciar os processos de escorregamentos. A investigação destas relações numéricas por meio da análise dos escorregamentos passados é uma técnica amplamente utilizada na problemática de previsão deste tipo de acidente. No entanto, é preciso observar a complexidade de fatores físicos que atuam no processo e a variabilidade climática e geomorfológica existente de cada região, pois os resultados encontrados mostram-se aplicáveis a nível local, sendo recomendável realizar atualizações constantes.

Diante das análises realizadas com os registros de ocorrências de escorregamentos para a cidade de João Pessoa, chegou-se a conclusão de que a chuva acumulada é de grande influência no desencadeamento dos escorregamentos. As análises demonstraram que o melhor indicador do início da deflagração dos escorregamentos são as chuvas acumuladas em oito dias anteriores ao acidente.

As equações que correlacionam a chuva diária com a chuva acumulada são do tipo potencial, devido ao melhor ajuste à curva. As equações encontradas foram: para eventos simples, $PD = 2160,6.PA^{-0,72}$, para eventos médios, $PD = 2253,2.PA^{-0,653}$, e para eventos grandes, $PD = 2938,6.PA^{-0,67}$, sendo PD a precipitação diária do dia do escorregamento e PA a precipitação acumulada, excluindo a precipitação do dia do acidente. Estas equações podem ser utilizadas no monitoramento das chuvas acumuladas para a prevenção aos escorregamentos na cidade de João Pessoa.

Há a necessidade de intensificar e estender este estudo no decorrer dos anos buscando sempre aumentar os registros de escorregamentos e dos dados do pluviômetro, para no futuro existir uma curva cada vez mais confiável, para assim auxiliar o Poder Público a realizar ações preventivas para os movimentos de massa, principalmente nas áreas de riscos de João Pessoa.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 05/01/2014.
- Alheiros, M.M.; Souza, M.A.A.; Bitoun, J.; Medeiros, S.M.G.M.; Amorim Junior, W.M. (2003). Manual de ocupação de morros da Região Metropolitana de Recife. Recife: Fundação de Desenvolvimento Municipal, 384p.
- Almeida, M.C.J.; Nakazawa, A. (1991). *Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos no Município de Petrópolis, RJ*. Geologia de Engenharia no Meio Ambiente Urbano, 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, pp.129-137.
- Brasil (1974). Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste-SUDENE. Mapa Topográfico de João Pessoa. s.l.. Escala 1:100 000. 1 mapa.
- Campbell R. (1975). *Soil slips, debris flows and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California*. USGS Professional Paper, 851: 51 pp.
- Castro, J.M.G. (2006). *Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. 100 p.
- Elbachá, A.T.; Campos, L.E.P.; Bahia, R.F.C. (1992). *Tentativa de correlação entre precipitação e escorregamentos na cidade de Salvador*. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Taludes de Encostas, 1, Rio de Janeiro: ABMS, 1992. pp. 647-656.
- Endo T. (1970). *Probable distribution of the amount of rainfall causing landslides*. Annual Report, Hokkaido Branch, Govern. Forest Experiment Station, Sapporo, 123-136.
- Eyles, R.J. (1979). *Slip-triggering rainfalls in Wellington City, New Zealand*. New Zealand Journal of Science, vol. 22, pp. 117-121.
- GEO-RIO (2000). *Manual técnico de encostas*. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro.
- Govi, M. (1977). *Photo-interpretation and mapping of the landslides triggered by the Friuli earthquake (1976)*. Bulletin International Assoc. Engineering Geology, nº 15, pp. 67-72.
- Guidicini, G; Iwasa, O. Y. (1977). *Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment*. Bulletin International Association Engineering Geology, Krefeld, v.16, pp. 13-20.
- Ide, F.S. (2005). *Escorregamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Campinas, 153 p.
- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 05/01/2014.
- Kay, J. N.; Chen, T. (1995). *Rainfall-landslide relationship for Hong Kong*. Proc. IC. Geotechnical Engineering, Bangkok, v.113, pp.117-118.
- Lumb, P. (1975). *Slope failures in Hong Kong*. Quarterly Journal of Engineering Geology, London, v. 8, pp. 31-65.

- Salaroli, I.S. (2003). *Movimentos de Massa no Município de Vitória – ES: Inventário, caracterização e indicativos de um modelo comportamental*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.
- Tatizana, C.; Ogura, A.T.; Cerri, L.E.S.; Rocha, M.C.M. (1987). *Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, Município de Cubatão*. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, São Paulo: ABGE, v.2, pp. 225-236.
- Vieira, R. (2004). *Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento*. Tese (Doutorado), Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 197p.
- Xavier, H. (1996). *Percepção geográfica dos deslizamentos de encostas em áreas de risco no município de Belo Horizonte, MG*. Tese (Doutorado), Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 222p.
- Zêzere, J.L.; Rodrigues, M.L.; Ferreira, A.B. (2003). *Recent landslide activity in relation to rainfall in the Lisbon Region (Portugal)*. Geophysical Research Abstracts, v.5, 05506.