

RELAÇÃO ENTRE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E OCORRÊNCIAS DE MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO – RJ: UMA RELEVANTE VARIÁVEL A SE PENSAR NO PLANEJAMENTO URBANO

SILVA, J. C.¹

¹ Graduando em Geografia – Bolsista UERJ
Rua Francisco Portela, 794 – Paraíso. São Gonçalo – RJ. CEP: 24435-000.
Telephone: (21) 2604.3232 E-mail: jaquegeografia@yahoo.com.brT

PEREIRA, C. A. L.²

² Coordenadoria de Defesa Civil – SG

SILVA, J.A.³

³ Graduada em Geografia – UERJ, Rua Francisco Portela, 794 – Paraíso. São Gonçalo – RJ. CEP: 24435-000. Telephone: (21) 2604.3232

BERTOLINO, A. V. F. A.⁴

⁴ Professor do DGEO/FFP/UERJ, Faculdade de Formação de Professores – UERJ
Rua Francisco Portela, 794 – Paraíso. São Gonçalo – RJ. CEP: 24435-000. Salas 155 e 167
Telephone: (21) 2604.3232 – R 245

BERTOLINO, L. C.⁵

⁵ Professor do DGEO/FFP/UERJ, Faculdade de Formação de Professores – UERJ
Rua Francisco Portela, 794 – Paraíso. São Gonçalo – RJ. CEP: 24435-000. Salas 155 e 167
Telephone: (21) 2604.3232 – R 245

RESUMO

Os movimentos de massa são fenômenos naturais que podem ter vários fatores condicionantes, tais como: características lito-estruturais do embasamento rochoso, gradiente da encosta e forma da encosta (Selby, 1982 e Sidle et al., 1985), as propriedades físicas e mineralógicas dos solos, a intensidade da chuva (Vargas Jr. et al, 1985, Montgomery, et al., 1997) e a presença ou não da vegetação (Greenway, 1987), o que torna o entendimento dos movimentos de massa assunto extremamente complexo. Além desses fatores, a ação antrópica vem contribuindo ainda mais para essa complexidade. O objetivo do trabalho é correlacionar os dados pluviométricos da Estação Climatológica Urbana Experimental do DGEO/FFP/UERJ, com registros de ocorrências de movimentos de massa cedidos pela Defesa Civil Municipal, visando verificar se a ocorrência desse tipo de fenômeno na área de estudo possui relação com as classes de intensidade de chuva. A área de estudo é o Município de São Gonçalo, localizado na porção sudoeste do estado do Rio de Janeiro, com uma extensão territorial total de 251,3 km². Os morros estão espalhados nas direções sul e oeste do município e os registros da Defesa Civil Municipal apontam a porção oeste como a região de maior concentração dos movimentos de massa. Segundo os dados da Estação Climatológica do campus da UERJ/FFP, o clima da região é do tipo AW na classificação de Köppen. Foram reunidos dados pluviométricos da Estação Climatológica Urbana Experimental do DGEO/FFP/UERJ e registros de ocorrências de movimentos de massa registrados pela Defesa Civil do Município. Os dados a serem trabalhados foram delimitados temporalmente ao ano de 2005. A análise dos dados buscou as seguintes relações: distribuição temporal dos eventos chuvosos e de movimentos de massa, meses com maiores registros, ligação de um registro da Defesa Civil com um evento chuvoso específico, existência de umidade antecedente de chuvas anteriores à data do evento, predomínio de intensidade de chuva ligada aos registros e tempo gasto entre o início da chuva e o chamado da Defesa Civil. Na comparação desses dados verificou-se que 48,9% do total das ocorrências estavam ligadas inteiramente aos registros de chuva e 13,6% relacionadas com registros de uma alta umidade antecedente, totalizando 62,5%. Observa-se que os eventos de intensidade leve foram os que mais estavam associados com os registros de movimentos de massa e que os casos que não tiveram ligação direta com algum evento chuvoso, a umidade antecedente era dada através de eventos de intensidade moderada.

Palavras-chave: movimento de massa – regime pluviométrico – planejamento urbano

INTRODUÇÃO

Movimentos de massa são processos naturais que englobam uma série de fatores condicionantes, entre eles: o regime pluviométrico, a morfologia do relevo e as propriedades dos solos e das rochas (Selby, 1993), como, por exemplo, as descontinuidades hidráulicas (Vieira, 2001). A importância desse tipo de fenômeno se dá devido ao fato deles controlarem o desenvolvimento e a evolução das encostas.

Esses processos naturais, que podem ser acelerados pela ação antrópica, podem estar associados a diversos outros fatores, tais como: a geologia, pedologia, a morfologia da encosta, sendo a chuva apenas um deles.

Segundo Fernandes & Amaral (1996), “várias feições podem atuar como fatores condicionantes de escorregamentos, determinando a localização espacial e temporal dos movimentos de massa nas condições de campo. Muitas dessas feições possuem sua origem associada a processos geológicos e geomorfológicos que atuaram no passado e que, em muitos casos ainda atuam naquele local”.

Da mesma forma que as feições geomorfológicas, as características estruturais e litológicas dos maciços exercem um papel fundamental na estabilidade das encostas. Dentre elas destacam-se os sistemas de fraturas e falhas, as características da foliação e/ou bandamento, em especial a espessura, composição e orientação das camadas, além das feições estruturais relíquias do embasamento rochoso, as quais pode representar importantes descontinuidades mecânicas e hidráulicas (Fernandes & Amaral, 1996).

Segundo Sidle *et al* (1985), “além de contribuir para o conhecimento da evolução das formas de relevo o estudo detalhado desses processos pode contribuir para minimizar, ou até mesmo evitar danos causados a sociedade, dentre eles a destruição de casas e avenidas e a diminuição da produtividade dos solos causado tanto pela erosão dos seus nutrientes quanto pela deposição de sedimentos em áreas férteis, como por exemplo, depósitos de solos aluviais”.

Os movimentos de massa são processos gravitacionais, envolvendo sedimentos, solos e blocos de rocha a partir da desestabilização dos terrenos inclinados e encostas, normalmente essa desestabilização ocorre devido a implacável ação das chuvas sobre a encosta, pois segundo Alheiros *et al.*, 2003, “as águas que escoam suavemente pela encosta passam por um grande aumento de sua energia potencial e, conseqüentemente, pelo aumento de velocidade devido a verticalização do perfil. Associado a isso, o patamar e o talude de corte ficam desprovidos da proteção oferecida pelo solo e pela vegetação, passando a absorver muito mais água para o subsolo, acelerando o processo de saturação

da encosta, facilitando a ocorrência de rupturas e erosões”. Fatores agravantes da ação das águas na encosta seria a ocupação.

O objetivo principal do presente trabalho é correlacionar os dados pluviométricos da Estação Climatológica Urbana Experimental do DGEO/FFP/UERJ, com os registros de ocorrências de movimentos de massa emitidos pela Defesa Civil de São Gonçalo, onde se destaca o fato da Estação da FFP/UERJ se localizar no Distrito que ocupa o 3º lugar nas ocorrências registradas pela Defesa Civil.

ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo em questão é o Município de São Gonçalo, localizado na região sudeste do Brasil, porção sudoeste do estado do Rio de Janeiro, com uma extensão territorial total de 251,3 km² (Figura 1). Está inserido no conjunto de cidades que compõem a Região Metropolitana do estado (RMRJ). Apresenta uma população estimada em 1.300.000 habitantes. Comparado aos demais municípios integrantes da RMRJ é o nono em área, o terceiro mais populoso, o quarto em densidade demográfica (3.703,3 hab/km) e apresenta a quarta maior taxa média geométrica de crescimento anual (2,7%).



Figura 1 – Localização do Município de São Gonçalo. Fonte: Prefeitura municipal de São Gonçalo, 2005.

São Gonçalo encontra-se a aproximadamente 13 a 19 metros acima do nível do mar. Os morros estão espalhados nas direções sul e oeste do município e como comprovado pelos estudos realizados por SILVA (2006), os registros da Defesa Civil municipal apontam a porção oeste como a porção em que concentram os movimentos de massa do município.

No Município de São Gonçalo o relevo apresenta três feições distintas: relevo de morros isolados, planícies flúvio-marinhas e superfícies coluvionares. Nessas serras e morros que compõem o relevo do município, as declividades das encostas são superiores a 30%, o que impossibilita qualquer tipo de ocupação.

Os morros ao norte de um modo geral apresentam vertentes convexas, podendo haver o contato da base com planícies flúvio-marinhas, na forma côncava. São formados, predominantemente, por gnaisses com manto de alteração areno-siltoso e/ou areno-argiloso. Ocorrem matacões e blocos nas encostas, onde o manto de alteração é pouco espesso (Silva, 2006).

A área de planície flúvio-marinha localiza-se, em sua quase totalidade, na parte norte do município. São áreas planas, formadas por terrenos inconsolidados, sujeitas a inundações periódicas, e constante processo de deposição de sedimentos finos (silte, argila, matéria orgânica).

No Município de São Gonçalo destacamos domínios geológicos do Quaternário, Terciário, Mesozóico e Pré-Cambriano. Os domínios geológicos que possuem maior representatividade no Município são formações do Pré-Cambriano, dentre elas destacam-se: *p ∈ IIgf - UNIDADE GNAISSE FACOIDAL*: características estruturas oftálmicas a semioftálmicas (gnaisse facoidal e semifacoidal). Presença rara de lentes de leptinitos e rochas da suíte charnockítica. Contatos transacionais para a Unidade Cassorotiba e a *p ∈ IIcs - UNIDADE CASSOROTIBA*: textura porfiroblásticas, com estruturas nebulítica e subordinadamente "schlieren". Foliação de incipiente a bem desenvolvida. Presença local de porções migmáticas heterogêneas da Unidade Santo Eduardo, não mapeáveis a escala. Contatos transicionais para as Unidades Santo Eduardo, São Fidélis e Gnaiss Facoidal.

Segundo os dados da Estação Climatológica do *campus* da UERJ/FFP, o clima da região é do tipo AW na classificação de Köppen. O período mais seco ocorre entre os meses de maio e outubro com totais pluviométricos mensais inferiores a 100 mm. Neste período, cerca de 55% da total pluviométrico está concentrado nos meses de maio e julho, sendo o mês de agosto o mais seco, com total inferior a 20mm. A estação chuvosa acontece entre os meses de novembro e abril, com totais pluviométricos mensais superiores a 100 mm. Cerca de 30% da total acumulado está concentrado no mês de janeiro, onde, em geral, registra-se um total de chuva superior a 200mm. A temperatura média anual é de cerca de 25,1°C, com extremos registrados, até hoje, de 13,8°C - em julho de 2005 - e 40,6°C - em outubro de 2005. Em geral, a região apresenta temperaturas quentes e alta umidade relativa do ar, em média de 74%, na maior parte do ano (Madureira, 2006).

METODOLOGIA

Foram reunidos os dados pluviométricos da Estação Climatológica Urbana Experimental do DGEO/FFP/UERJ e os registros de ocorrências (Boletins de Ocorrência – B.O.) de movimentos de massa registrados pela Defesa Civil do Município de São Gonçalo. Os dados a serem trabalhados foram delimitados temporalmente ao ano de 2005.

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos a partir da decomposição dos pluviogramas, através dos quais classificam-se os eventos chuvosos de acordo com os critérios de Reichardt (1987), (leve –até 2,5 mm/h, moderada – de 2,5mm/h a 7,5 mm/h, forte – maior que 7,5 mm/h) e da Fundação Geo-Rio (insignificante - menor que 1,1mm/h, leve de 1,2 a 5,0 mm/h, moderada - de 5,1 a 25 mm/h, forte – de 25,1 a 50 mm/h e muito forte – maior que 50 mm/h).

Após a decomposição dos dados pluviométricos e da seleção dos dados da Defesa Civil buscou-se a correlação entre eles. A análise dos dados teve como enfoque principal à busca das seguintes relações: a distribuição temporal dos eventos chuvosos e dos eventos de movimentos de massa, os meses com maiores registros, a ligação de um registro da Defesa Civil com um evento chuvoso específico, a existência de umidade antecedente de chuvas anteriores à data do evento, a predominância de uma certa intensidade de chuva ligada aos registros e o tempo gasto entre o início da chuva e o chamado da Defesa Civil.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ano de 2005 a Estação registrou um acúmulo de chuvas de 1001,7 mm. Observa-se que o mês de maior representatividade dos eventos chuvosos também foi janeiro, que com o registro de 271,4 mm representou 27,1% do total anual, sendo seguido de dezembro com 145,0 mm ou 14,5% (Figura 2). Quanto às intensidades, tiveram-se a predominância segundo os critérios da Geo-Rio, das chuvas leves com 53,9% e insignificantes com 29,3%, totalizando 83,2% e para os critérios de Reichardt 1987, as chuvas leves com 70,7% e moderada com 18,2%, totalizando 88,9%.

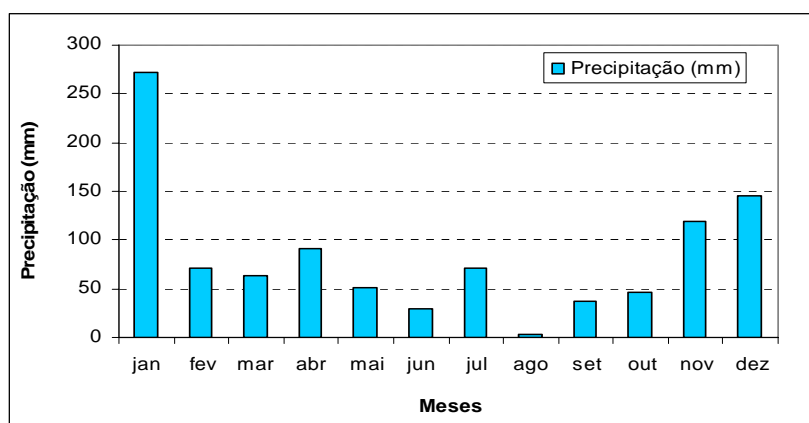


Figura 3 – Distribuição temporal da precipitação na da Estação Climatológica Experimental Urbana da FFP/UERJ, no ano de 2005, onde se percebe a significância do mês de janeiro, para o qual também tem o maior número de registros de movimentos de massa em São Gonçalo – RJ.

Trabalhos desenvolvidos anteriormente na área mostraram que durante o ano de 2005 a Defesa Civil Municipal totalizou um registro de 88 chamados, sendo o mês de janeiro o mais significativo dentre esses dados, concentrando 23,9% desse total, em seguida, teve-se os meses de maio e dezembro, com 10,2% e seguida como um dos mais expressivos, tivemos fevereiro com 9% (Silva, 2006). Uma característica a se destacar é que essas ocorrências tiveram uma relação direta com os meses de verão, ou seja, os meses mais chuvosos.

Essas ocorrências da Defesa Civil estavam distribuídas pelos seguintes tipos: deslizamento de encosta/talude, deslizamento de lixo, queda de bloco e queda de barreira. A tabela 1 está representando a distribuição das ocorrências segundo os tipos desses fenômenos considerados pela Defesa Civil.

Tabela 1 – Distribuição das ocorrências de acordo com o tipo (Silva, 2006).

Tipo de ocorrência	Nº	%
Deslizamento de encosta/talude	58	65,9
Deslizamento de lixo	1	1,1
Queda de bloco	13	14,8
Queda de barreira	16	18,2
Total	88	100,0

Partindo para uma análise mais detalhada, comparando as datas dos registros de ocorrências dos fenômenos como os eventos pluviométricos, obteve-se uma relação superior a 50%. A análise consistiu em verificar se na data do evento registrado na Estação Climatológica houve correlação com as data da Defesa Civil. Verificou-se que 48,9% do

total das ocorrências estavam ligadas inteiramente aos registros de chuva e 13,6% relacionadas com registros de uma alta umidade antecedente, totalizando 62,5%. Já 22,7% delas não tiveram nenhum tipo de relação com os dados da estação e para 13,6% não foi possível traçar essa comparação devido à falta de dados no Boletim de Ocorrência, como, por exemplo, a falta de registro do dia do chamado, constando apenas o mês e o ano (Figura 3).

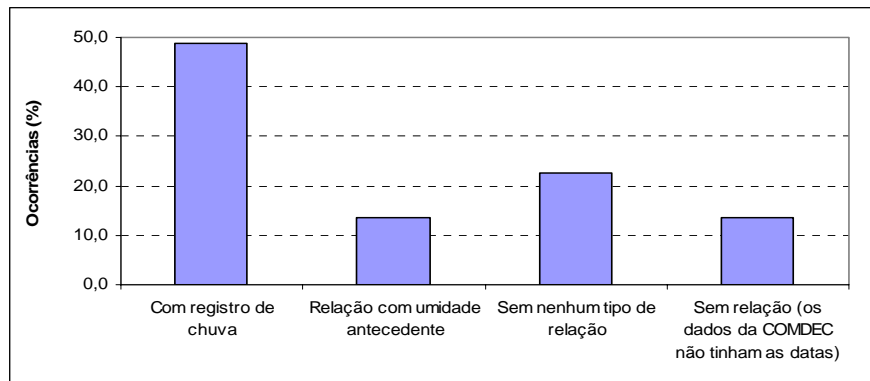
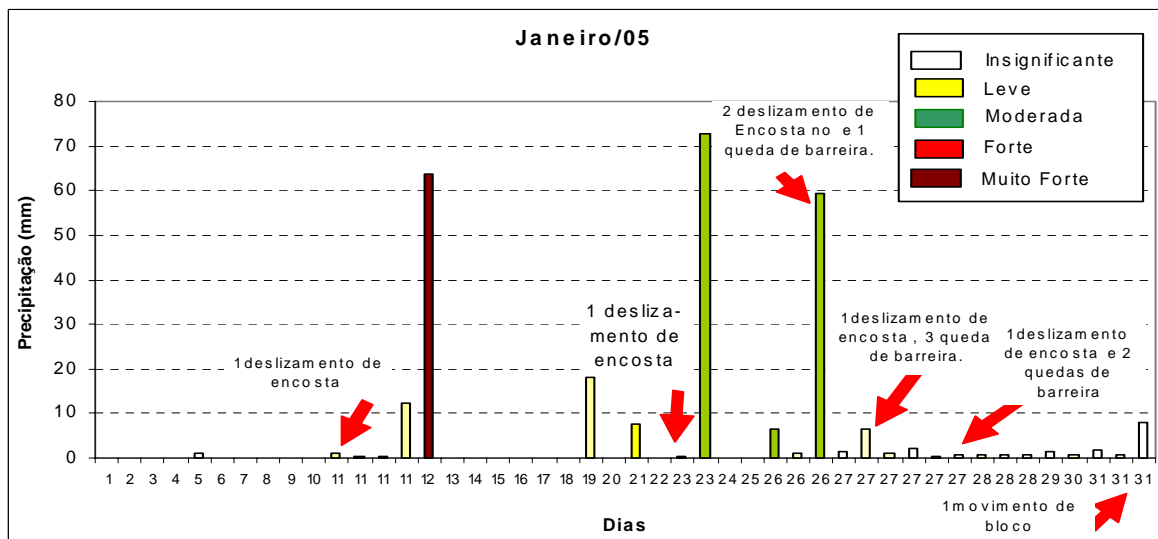


Figura 3 – Resultados da correlação dos dados da defesa Civil com os registros de chuva da Estação da FFP/UERJ.

Ao realizar a análise da intensidade dos eventos de chuva relacionados às ocorrências de movimentos de massas, observa-se que os eventos de intensidade leve foram os que mais estavam associados com os registros de movimentos de massa e que os casos que não tiveram ligação direta com nenhum evento chuvoso, a umidade antecedente era dada através de eventos de intensidade moderada (Figura 4).



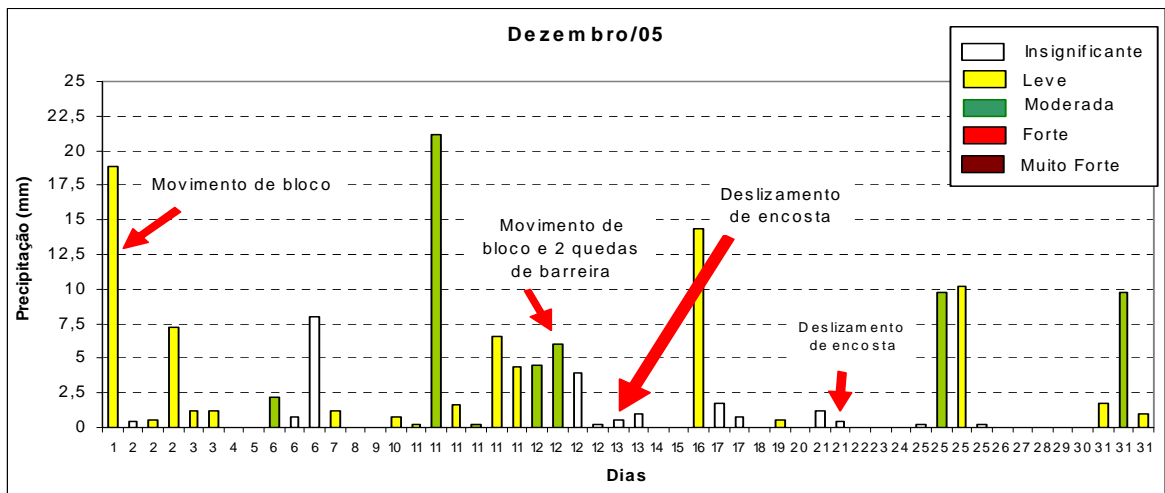
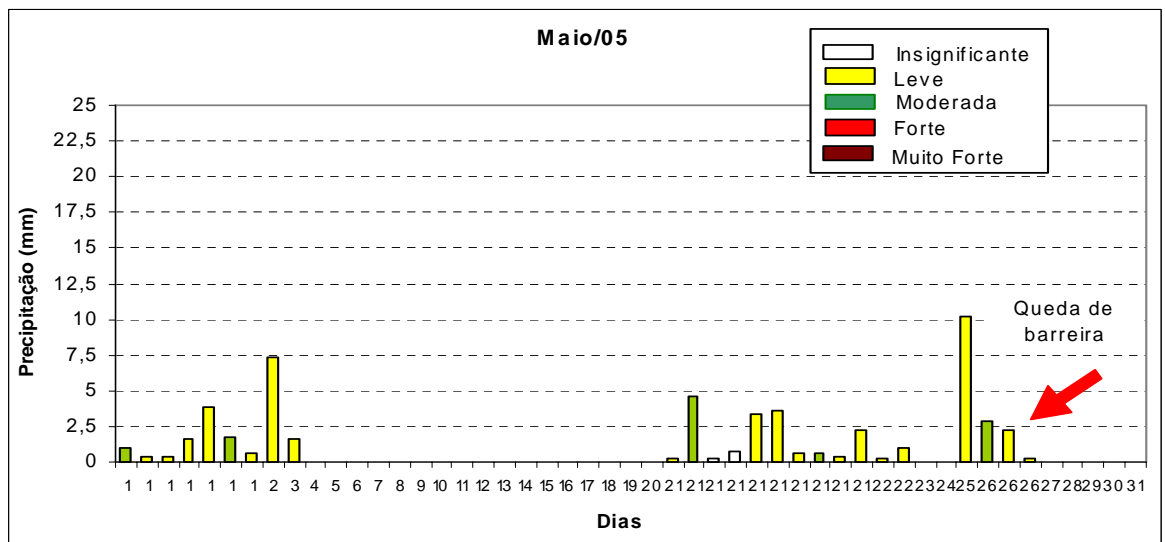
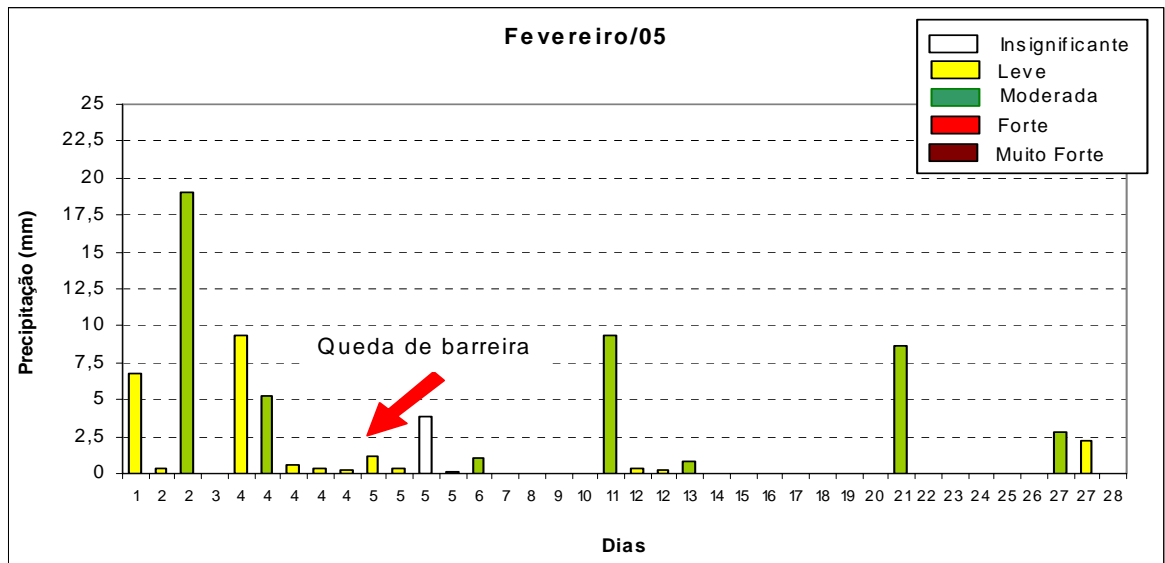


Figura 4 – Gráficos que ilustram a relação das ocorrências de movimentos de massa com as intensidades leve e insignificante pelos critérios da Geo-Rio.

A partir da Figura 4, observa-se que no mês de janeiro, caracterizado como o mais chuvoso do ano de 2005, as ocorrências de movimentos de massa se encontram em sua maioria ligados a eventos chuvosos de intensidade leve, além do registro de umidade antecedente ser proveniente de chuvas moderadas. Nos meses de fevereiro e maio, caracterizados como meses mais secos, quando comparados ao mês de janeiro, as ocorrências de movimentos de massa também estão associadas a eventos de intensidade leve, predominante nesses meses mais secos, e a umidade antecedente continua sendo associada a eventos de intensidade moderada. No mês de dezembro, para o qual temos o aumento da taxa de precipitação e do número de dias em que a Estação registrou chuva, observa-se que a tendência desse tipo de fenômeno foi estar associado a intensidades leves e a umidades antecedentes provenientes da intensidade moderada, apresentando alguns eventos associados a chuvas de intensidade insignificante, após o registro de vários dias chuvosos com chuvas moderadas e leves.

Os estudos de Campos *et al* (1992) mostram que a ocorrência de muitos casos de movimentos de massa está associada à saturação da encosta pela infiltração da água da chuva e a geração de fluxos paralelos à superfície da encosta. Já Vargas *et al* (1986), comprova que há a necessidade de se determinar o efeito da intensidade das chuvas na estabilidade de uma encosta destacando que é possível fazer previsões da influência da intensidade das chuvas na estabilidade das encostas quando o processo de infiltração atua como principal fator condicionante.

Quanto à relação entre o tempo gasto entre o início da chuva e o chamado da Defesa Civil, estabeleceram-se os seguintes critérios: até 5 horas, de 5 a 10 horas, de 10 a 15 horas, de 15 a 20 horas, de 20 a 25 horas, de 25 a 30 horas e acima de 30 horas. Para essa análise obteve-se exatamente uma relação de 50% entre os dados, para os outros 50% (44 casos) restante teve-se à falta de algum tipo de dado, ou os boletins de ocorrências estavam incompletos, sem os registros de horário (23 casos) ou não se teve o registro de chuvas na Estação da FFP/UERJ (21 casos). Teve-se como predominância a classe de até cinco horas que concentrou 59,1% dos registros de ocorrências dentre os quais não se conseguiu estabelecer a relação, posterior a essa classe, tivemos a de 10 a 15 horas, com 18,2%, em terceiro a classe de 5 a 10 horas e 15 a 20 horas, com 6,8%. Vale ressaltar que o horário do chamado da Defesa Civil não corresponde ao horário real do evento, pois as pessoas envolvidas nas catástrofes demoram algum tempo para acionar o órgão, fato explicado pelo desespero momentâneo de quem vive a situação.

CONCLUSÕES

Identificar, analisar e compreender a relação entre os dados pluviométricos e os registros de ocorrência de movimento de massa são metas fundamentais para poder pensar em um planejamento urbano, capaz de prever as áreas vulneráveis ou não aos adensamentos urbanos e poder atuar de forma a prevenir tais desastres. Além de contribuir para a ocupação ordenada de áreas sem registros de grandes adensamentos. Lembrando que o meio físico é fator indispensável ao planejamento das formas de ocupação e expansão das cidades.

Diante da análise dos dados apresentados no decorrer do trabalho, verificou-se a relação entre os eventos chuvosos e a ocorrência do fenômeno de movimentos de massa para o município de São Gonçalo-RJ. Verifica-se que para São Gonçalo, os dados pluviométricos corroboram os dados de registros da Defesa Civil do Município, comprovando tal relação.

A partir de tal constatação, pode-se dizer que elementos do meio físico devem ser levados em consideração ao se traçar um planejamento da cidade. Esses dados devem contribuir para a ocupação ordenada de áreas ainda passíveis de planejamento e orientar os órgãos competentes a atuar na prevenção desse tipo de fenômenos em áreas de risco já ocupadas.

Ou seja, a compreensão do comportamento e espacialização desse tipo de fenômenos a partir da construção de um histórico deve orientar ações de planejamento na cidade, capazes que respeitar a especificidade de cada área a partir dos elementos do meio físico.

Deve-se criar uma gestão urbana orientada por diretrizes que evitem e amenizem os impactos gerados pelas práticas de ocupação das áreas de morros e pelos eventos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHEIROS, Margareth Mascarenhas; BITOUN, Jan; SOUZA, Maria Ângela de Almeida; MEDEIROS, Sônia Maria Gomes de Matos & AMORIM JÚNIOR, Washigton Moura. **Manual de ocupação dos morros da Região Metropolitana do Recife**. Recife: Fundação de Desenvolvimento Municipal (Pernambuco), 2003. 384p.
- BARROSO, Josué Alves & BARROSO, Emilio Velloso. **O meio físico como fator indispensável ao planejamento da expansão das cidades: o caso de Niterói – RJ**. *In:*

Solos e Rochas: Revista Brasileira de Geotecnia. (ABMS/ABGE). São Paulo, SP 1978 – 1996, 19 (1).

CAMPOS, J. L. E.; VARGAS JR., E. A. & CAMPOS, T. M. P. **Avaliação de campo da permeabilidade não-saturada de solos em encostas**. Conferência sobre Estabilidade de Encostas – 1ª CONBRAE. Rio de Janeiro: 1992, 1: pp 371-381.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de; CALHEIROS, Lélío Bringel; CUNHA, Maria Inêz Resende & BRINGEL, Maria Luiza Nova da Costa. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174p.

FERNANDES, Nelson F. & AMARAL, Cláudio P. **Movimentos de Massa: uma Abordagem Geológico-Geomorfológica** In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Org). “Geomorfologia e Meio Ambiente”. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. 394p.

Fundação Instituto de Geotécnica do Município de Rio de Janeiro – Geo-Rio. **Investigações e Análises / Coleção Manual Técnico de Encostas**. Rio de Janeiro: 2000. 253p. (volume 1)

MADUREIRA, Núbia Andrade. **Alterações na dinâmica hidrológica e erosiva do solo em parcelas de erosão com diferentes usos – Estação Experimental de Erosão DGEO/FFP**. Rio de Janeiro: UERJ, 2006.

PREFEITURA DE SÃO GONÇALO 2005; Site [http:// www.saogoncalo.gov.br](http://www.saogoncalo.gov.br) , 2005;
SELBY, R. C. **Hillslope materials & processes**. Oxford University Press. New York:1993. 141p.

SIDLE, R. C.; PEARCE, A. J. & O’ LOUGHLIN, C. L. **Hillslope stability and land use**. American Geophysical Union. Washington: 1985. 141p.

SILVA, Jociana Alves da. **Inventário de deslizamento no Município de São Gonçalo como subsídio ao mapeamento de áreas de risco**. Rio de Janeiro: UERJ/FFP – DGEO, 2006. 50p.

VARGAS JR. E.; OLIVEIRA, A. R. B.; FILHO, L. M. C. E CAMPOS, L. E. P. **A Study of the Relationship Between the Stability of Slopes in Residual Soils and Rain Intensity**. International Symposium on Environmental Geotechnology. USA, Envo Publishing: 1986. pp 491-500.

VIEIRA, Bianca Carvalho. **Caracterização *in situ* da condutividade hidráulica dos solos e sua influência no condicionamento dos deslizamentos da bacia do rio Papagaio, maciço da Tijuca (RJ)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

* Agradecimentos:

Á Defesa Civil do Município de São Gonçalo.