

MOVIMENTOS DE MASSA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS: O CASO DE PETRÓPOLIS (RJ)

Aline Garcia dos Santos – UFRJ – alinegarcia dos santos@yahoo.com.br

Antonio José Teixeira Guerra – UFRJ – guerra@igeo.ufrj.br

1 INTRODUÇÃO

Movimentos de massa têm ocorrido em várias partes do mundo, com maior ou menor intensidade. Estes podem ter causas naturais ou ser acelerados por causas antrópicas (Guerra, 2002). O desencadeamento de escorregamentos em uma dada região depende de vários condicionantes naturais; porém, a chuva é um dos fatores mais significativos, pois quase todos os registros estão associados a episódios de chuvas de forte intensidade, ou de períodos prolongados, geralmente concentrados em alguns meses, muito comum nas regiões tropicais. A expansão urbana e as construções nas encostas, destituídas de técnicas, têm produzido grandes alterações na paisagem, com o agravamento dos movimentos de massa (Gonçalves, 2001).

Apesar de os fenômenos de chuvas de forte intensidade e escorregamentos serem mais propensos nas regiões tropicais, o aumento da ocupação de áreas pelas atividades antrópicas desencadeia reações que, associadas ao mau uso, manejo e conservação dos solos vêm gerando problemas ambientais como os movimentos de massa, principalmente em áreas que apresentam topografia acidentada, desmatamento nas encostas e ocupação desordenada (Gonçalves, 2001).

Petrópolis, situado a aproximadamente 60 quilômetros do norte da cidade do Rio de Janeiro/RJ, na Serra do Mar, entre as coordenadas de 43° 04' - 43° 14' W e 22° 33' - 22° 35' S, tem apresentado um número significativo de ocorrências de movimentos de massa nas últimas décadas, o que tem causado grandes perdas humanas, materiais e econômicas. O município abrange uma área de 811 Km², apresentando altitude média de 840 metros, variando entre 600 a 2000 metros, relevo fortemente dissecado, com encostas variando entre 5° e 80°, rochas bastante fraturadas e falhadas, solos profundos e contato solo-rocha abrupto, o que pode corresponder a um plano de cisalhamento por onde os deslizamentos ocorrem. O clima do município é do tipo mesotérmico brando superúmido, com precipitação média anual de 2.200 mm e chuvas concentradas principalmente nos meses de verão, tendo dezembro cerca de 15% das chuvas anuais (Guerra e Favis-Mortlock, 1998; Gonçalves, 1998; Gonçalves e Guerra, 2001; Guerra e Favis-Mortlock, 2002).

Tais características ambientais, principalmente o alto índice de pluviosidade concentrado no verão, relevo bastante dissecado e condições geológico-geomorfológicas já são suficientes para a detonação de movimentos de massa. O constante desmatamento das encostas e a ocupação desordenada, situada principalmente em áreas de risco, têm acentuado cada vez mais esses fenômenos naturais. Gonçalves (2001), através de seus estudos sobre a distribuição espacial e temporal dos movimentos de massa na área urbana de Petrópolis de 1960 a 1997, concluiu que conforme a expansão urbana desordenada foi se acentuando no decorrer das décadas, o número de movimentos de massa foi aumentando, mesmo em décadas com totais pluviométricos não tão acentuados.

Mesmo com grandes limitações físicas, Petrópolis continua apresentando crescimento urbano. Com isso, muitas moradias são construídas em áreas consideradas de

risco, já que essas são, na sua maioria, loteamentos irregulares. A expansão urbana também tem exercido pressão sobre as áreas da APA Petrópolis adjacentes à malha urbana, agravando ainda mais os problemas ambientais do município.

Como a tendência na área de estudo é o aumento do crescimento urbano associado a um sítio urbano relativamente inadequado para a densa e concentrada ocupação urbana, face às mudanças climáticas globais, Petrópolis se apresenta como uma área de risco.

2 METODOLOGIA

Para avaliar os riscos de ocorrência de movimentos de massa face às mudanças climáticas globais, foi utilizado neste trabalho o software *SCENGEN* (SCENario GENERator), um gerador de cenários criado para fazer previsões de mudanças climáticas futuras (Hulme *et al.*, 2000). Cenários para os anos de 2010, 2020 e 2030 foram construídos, sobre a quadrícula das coordenadas geográficas do software em que Petrópolis está inserido ($-22^{\circ} 50'$ de latitude e $-42^{\circ} 50'$ de longitude). Os cenários criados pelo SCENGEN são baseados em GCMs (modelos de circulação geral, e para os criados neste trabalho utilizou-se os GCMs BMRC-EQ (Bureau of Meteorology Research Centre, Austrália), UKHI-EQ (UK Met. Office/Hadley Centre Transient) e UKTR (UK Met. Office High Resolution). O parâmetro no qual os cenários foram baseados foi a mudança na precipitação média mensal e os sobre os dados obtidos assumiu-se que o efeito estufa continue seguindo a tendência atual e que a sensibilidade da mudança global climática tenha um valor médio de 2.5°C .

Apesar do SCENGEN permitir a geração de dados sobre pluviosidade e temperatura, neste trabalho optou-se apenas por observar as modificações provocada pelas mudanças climáticas globais sobre a pluviosidade, uma vez que está é, como já foi dito, um dos principais detonadores dos processos de movimentos de massa. A mudança de precipitação média mensal, nos anos e modelos propostos foi obtida em milímetros e em porcentagem.

Após a geração dos dados no SCENGEN, tabelas e gráficos foram criados. Primeiramente, avaliou-se os dados gerados por cada GCM separadamente, para os anos propostos neste trabalho. Após a avaliação dos modelos tomou-se como parâmetro os anos de 2010, 2020 e 2030, podendo-se assim observar o comportamento dos três modelos juntos num determinado ano.

III – RESULTADOS OBTIDOS

Todos os modelos demonstraram resultados semelhantes nas mudanças de precipitação média mensal, em milímetros, nos cenários gerados em 2010, 2020 e 2030. As chuvas tendem a se concentrar nos meses de verão. Os resultados gerados pelo GCM BMRC-EQ, assim como por UKHI-EQ e UKTR apresentaram os mais altos índices de precipitação em dezembro e janeiro, obtendo-se respectivamente aos meses acima 333.3 e 303.3 mm em 2010, 348.7 e 304.8 mm em 2020 e 343.6 e 306.6 mm em 2030. UKHI-EQ indicou 326.2 e 309.9 mm para o ano de 2010, nos meses de dezembro e janeiro, 338 e 314.7 mm nos mesmos meses em 2020 e 329.8 e 319.5 mm em 2030, em dezembro e janeiro. UKTR também indica uma pluviosidade média mensal significativamente altas. Em 2010, nos mesmos meses avaliados acima este modelo apresentou 319.8 e 319.2 mm em 2010, 319.2 e 327.9 mm em 2020 e 317.9 e 337.5 em 2030. Todos os modelos também

apresentaram picos de pluviosidade nos meses de março e setembro, alguns mais acentuados e outros não.

Nos meses de inverno já ocorre completamente o contrário aos de verão. É neste período que se encontram as menores taxas de pluviosidade média. Junho apresenta as menores taxas anuais, variando entre 65 a 72 mm, nos anos de 2010, 2020 e 2030, nos modelos aqui estudados. A amplitude de pluviosidade apresentada pelos modelos entre os meses de verão e de inverno é bem acentuada, o que indica que cada vez mais as chuvas no município tenderão a se concentradas nos meses de verão (período que mais apresenta ocorrências de movimentos de massa) e a se comportarem de maneira mais escassa nos de inverno.

A porcentagem de mudança da precipitação se apresentou de maneira bem diferente entre os modelos. O que todos os modelos mostraram de maneira semelhante foi que com o passar dos anos, ou seja, de 2010 a 2030 a tendência é que os picos ou quedas de porcentagem de mudança de precipitação média aumente ou diminua cada vez mais. Esses resultados são facilmente visualizados nos gráficos gerados com os dados obtidos. BMRC-EQ apresenta o mês de fevereiro com as maiores quedas na porcentagem de precipitação nos anos de 2010, 2020 e 2030 e setembro com as maiores porcentagem de precipitação. UKHI-EQ já apresenta uma grande queda na porcentagem de junho até setembro, voltando a crescer em direção a novembro. Os meses de início do ano apresentaram porcentagens relativamente contínuas. UKTR apresenta uma queda brusca entre os meses de junho e julho, voltando a crescer até novembro e possuindo os meses de janeiro, fevereiro e março com as maiores porcentagem.

A questão da porcentagem é muito importante, pois ela indica o quanto as taxas de pluviosidade atuais tendem a aumentar ou diminuir, e como os dados se apresentam, os meses de inverno sofreram quedas pluviométricas ainda mais bruscas no inverno e aumento de pluviosidade nos de verão, ocasionando cada vez mais chuvas concentradas em curtos períodos do ano, o que aliado ao crescimento urbano traria sérias catástrofes em Petrópolis.

Avaliando os anos separadamente os resultados foram bastante semelhantes. Em todos os anos os modelos apresentaram os menores índice pluviométricos entre os meses de abril a outubro, tendo os maiores índices os meses de janeiro, março e dezembro. No que diz respeito a porcentagem de precipitação os modelos se apresentaram de maneira bem diferente. Alguns meses em que um modelo avaliou como os de mais altas taxas, outros modelos já não avaliam assim, isso quando alguns desses meses estão entre os mais baixos. O que realmente importa são os resultados alarmantes que os processos causadores das mudanças climáticas globais possam trazer sobre a precipitação mundial. No caso de Petrópolis os movimentos de massa se tornariam cada vez mais freqüentes e catastróficos nos meses de verão, período de maior risco e susceptibilidade ambiental, pois o teor de umidade do solos seria grandemente afetado.

IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar destes dados serem apenas estatísticas e de não podermos garantir que as mudanças climáticas se comportarão como apontado pelos modelos, é importante estudos como estes, uma vez que áreas de risco, como Petrópolis, tenderão a sofrer sérias conseqüências, cada vez mais freqüentes, com a atuação das mudanças climáticas globais e

ocupação desordenada das encostas, já que a população continua crescendo no município e novas encostas vem sendo desmatadas para dar lugar à urbanização.

Guerra (2002) ressalta que a combinação do aumento da densidade das população urbana com uma maior frequência dos movimentos de massa, no município de Petrópolis, deve ser considerada com muito cuidado, pois caso essas previsões venham a ocorrer, a probabilidade do aumento do número de mortes aumenta, além das perdas materiais e dos danos sócio-econômicos e ambientais, para o município como um todo.

Gonçalves (1998) ainda afirma que com as inúmeras invasões e ocupações informais no município, sem que o poder público tome qualquer atitude direta para reverter essa situação, impedindo que novas áreas de risco se formem, a ocorrência de movimentos de massa no município no futuro se tornarão cada vez mais favoráveis.

É necessário uma ação conjunta entre o poder público e as instituições de ensino e pesquisa para que os problemas ambientais apresentados pelo município possam ser solucionados ou minimizados. Caso essa ação continue desarticulada, com as mudanças climáticas globais, processos catastróficos de magnitude cada vez maior ocorrerão no município, provocando inúmeras perdas humanas e prejuízos materiais ainda maiores apresentados até hoje pelo município, lembrando que em dezembro de 2001 a pluviosidade do município chegou a 575.3 mm, o que levou Petrópolis ao estado de calamidade pública.

REFERÊNCIAS

- GONÇALVES, L.F.H. e GUERRA, A. J. T. (2001). “Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)”. **In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S.B. (orgs) Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**, Bertrand Brasil, pp. 189-252.
- GONÇALVES, L. F. H. (1998). **Avaliação e Diagnóstico da distribuição espacial e temporal dos movimentos de massa com a expansão da área urbana de Petrópolis – RJ**. Rio de Janeiro: UFRJ. (Dissertação de mestrado)
- GUERRA, A. J. T. e FAVIS-MORTLOCK, D. (1998). “Land degradation in Brazil”. **In: Geography Review**, 12.2, pp.20.
- GUERRA, A. J. T. e FAVIS-MORTLOCK, D. (2002). “Movimentos de massa em Petrópolis Rio de Janeiro/Brasil.” **In: Desastres naturales em América Latina**. José Lugo Hubp e Moshe Inbar (Compiladores), Fondo de cultura econômica, México, Primeira edición, pp. 447-460.
- HULME, M., WIGLEY, T. M. L., BARROW, E. M., RAPER, S.C.B., CENTELLA, ^a, SMITH, A. and CHIPANSHI, A. C. (2000) **Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook**, Climatic Research Unit, Notwich, UK.