

XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO NOS DESLIZAMENTOS DE TERRA NA COMUNIDADE DE LAGOA ENCANTADA (IBURA – RECIFE) ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2017

Cristiane Ribeiro de Melo¹ ; José Almir Cirilo² ; Samuel França Amorim³ ; Fellipe Henrique Borba Alves⁴ & Paulo Abadie Guedes⁵

RESUMO – Na Região Metropolitana do Recife (RMR) são rotineiros os deslizamentos de encostas, quando áreas suscetíveis são submetidas a chuvas intensas. A comunidade de Lagoa Encantada (Recife/PE), localizada em área de Formação Barreiras, é uma das localidades que mais sofre com deslizamentos no município. Entre os anos de 2013 e 2017 foram registrados pela Defesa Civil 2.141 chamados na comunidade. Este trabalho tem como objetivo avaliar os índices de precipitação causadores de movimentos de massa, avaliando, de forma conjunta, os deslizamentos ocorridos e registrados pela Defesa Civil, em relação às chuvas ocorridas no mesmo período. Utilizou-se a estação pluviométrica Recife (série: 2000-2019) para análise da precipitação. Os resultados mostram que a precipitação acumulada, nos dias que antecedem os deslizamentos, são de extrema importância na previsão de desastres; e que acidentes ocorridos, fora do período de inverno, podem ser consequência da fragilização do solo causado pela incidência de águas servidas.

ABSTRACT– In the Metropolitan Region of Recife (RMR), landslides are routine, when susceptible areas are subjected to intense rains. The Lagoa Encantada community (Recife / PE), located in the Barreiras Formation area, is one of the locations that suffers most from landslides in the municipality. Between 2013 and 2017, 2,141 calls were registered by the Civil Defense in the community. This work aims to evaluate the precipitation indices that cause mass movements, assessing jointly the landslides occurred by the civil defense in relation to the rains occurred in the same period. The Recife pluviometric station (series: 2000-2019) was used to analyze precipitation. The results show that the accumulated precipitation in the days before the landslides are extremely important in the prediction of disasters; and that accidents occurring outside the winter period may be a consequence of the weakening of the soil caused by the incidence of wastewater.

Palavras-Chave – Precipitação, Deslizamento de Terra, Lagoa Encantada.

¹) Serviço Geológico do Brasil, Recife, PE, Brasil. e-mail: cristiane.melo@cprm.gov.br

²) Universidade Federal de Pernambuco, Campus Acadêmico do Agreste, Caruaru, PE, Brasil. e-mail: almir.cirilo@terra.com.br.

³) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. e-mail: samuel_amorim@msn.com.

⁴) Agência Pernambucana de Águas e Clima - Apac, Recife, PE, Brasil. e-mail: fellipe.alves@apac.pe.gov.br.

⁵) Instituto Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. e-mail: paulo.guedes@recife.ifpe.edu.br.

1 – INTRODUÇÃO

Uma das dificuldades mais antigas enfrentadas pelos recifenses, moradores das regiões de encosta, são os desmoronamentos de barreiras em épocas de chuva (Gomes *et al.*, 2017). As construções de casas, de forma desordenada e desestruturada nos morros, colocam a população em uma constante situação de alerta. Na Região Metropolitana do Recife (RMR), os deslizamentos em sua maioria são do tipo planar, movimento típico de camadas pouco espessas compostas de materiais diferentes, e se localizam principalmente sobre áreas constituídas por sedimentos da Formação Barreiras (Pfaltzgraff, 2007).

Entre os principais causadores ou condicionantes de deslizamentos estão as interferências antrópicas e a ocorrência de precipitações intensas, normalmente categorizados como deflagradores, que venham a desestabilizar as encostas. Os movimentos de massa ocorridos pela contribuição das chuvas ocorrem, muitas vezes, por uma quantidade excessiva de água, geralmente devido a fortes precipitações, ou mesmo, por chuvas de média ou baixa intensidade precipitadas, em solos já saturados ou quase saturados. Assim, identificar limites de precipitação que possam desencadear deslizamentos e prevê-los, com antecedência, é de extrema importância na prevenção de acidentes e na criação de sistemas de alerta.

A comunidade de Lagoa Encantada, localizada no bairro do Ibura, na cidade do Recife, foi escolhida para avaliação dos índices de precipitação causadores de movimentos de massa, por ser um dos lugares com maior incidência de deslizamentos na RMR. O presente trabalho tem como objetivo correlacionar os deslizamentos ocorridos, na comunidade, localizada em região de Formação Barreiras, através da chuva (agentes não condicionantes) possível desencadeadora de movimento de massa. Para tal, foi realizada uma análise integrada, utilizando-se informações sobre ocorrências registradas pela Defesa Civil, entre os anos de 2013 e 2017.

2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A ocupação da área que corresponde à Lagoa Encantada, de acordo com relatos da comunidade local, teve início após a construção das Unidades Residenciais (URs), no bairro da Cohab, no final da década de 1960. Nessa região, a população mais carente, que não possuía condições financeiras para

adquirir as casas oferecidas pelo poder público, passaram a construir sem autorização e de forma inadequada, às margens da antiga lagoa.

Em toda comunidade de Lagoa Encantada, é possível ver cicatrizes de deslizamento de barreiras, muros de arrimo e lonas plásticas. As frequentes ocorrências de deslizamento são consequência do tipo de solo e da precipitação intensa no inverno, em conjunto com as intervenções humanas e moradias construídas, sem critérios técnicos. Na comunidade, na maioria das áreas afetadas pelos deslizamentos, as águas pluviais e servidas escoam livremente, infiltrando-se e/ou percolando pelas encostas e provocando erosão.

A unidade geológica sobre a qual foi construída a comunidade de Lagoa Encantada, a Formação Barreiras, é constituída por sedimentos areno-argilosos, pouco consolidados sendo, portanto, uma unidade geológica ambientalmente instável, propícia a deslizamentos. A formação apresenta grande potencial para movimentos de massa, por ser susceptível à erosão, apresentando camadas arenosas e argilosas dispostas de forma intercalada.

O mapa com a declividade da área, onde está a comunidade, Figura 1, mostra que a área estudada se encontra, numa área de morros, com encostas de declividade elevada.

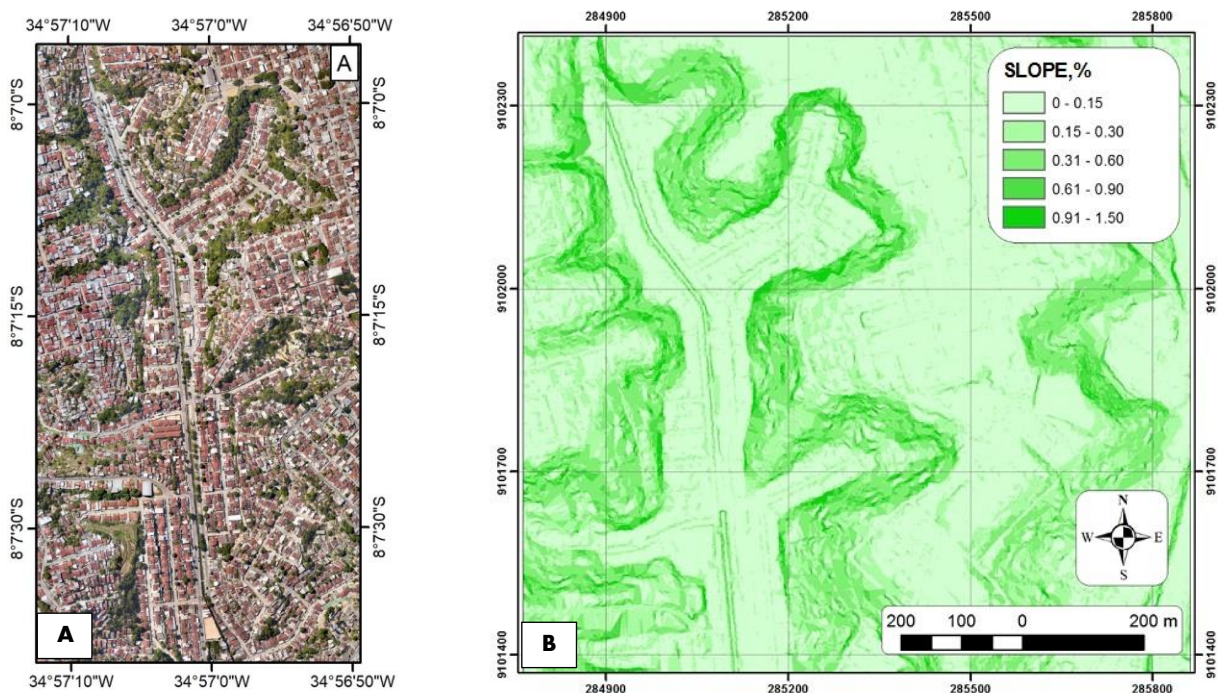


Figura 1. Mapa de declividade da comunidade de Lagoa Encantada

2.1 – Características da precipitação na área

Localizada na RMR a, aproximadamente, 15 km do centro do Recife, Lagoa Encantada está subordinada aos mesmos processos climáticos característicos da cidade. Na comunidade avaliada, como em toda a cidade do Recife, o período de chuvas contínuas está comumente concentrado entre os meses de abril e julho, intensificando os riscos de deslizamento, no período.

De acordo com Santana *et al.* (2018), o mês de junho apresenta-se, em média, como o mês mais chuvoso, entretanto, para a série histórica de 1990 a 2017, o mês de maio foi o que apresentou o volume máximo de chuva, seguido de junho, abril e julho.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Registro de deslizamentos na comunidade

A Defesa Civil na cidade do Recife é representada pela Coordenadoria de Defesa Civil do Recife (CODECIR), incorpora pela Secretaria-Executiva de Defesa Civil (SEDEC), que desenvolve ações preventivas, com o objetivo de evitar e/ou minimizar acidentes em situações de calamidades, a partir do monitoramento permanente das áreas de risco que estejam sujeitas a deslizamentos de terra, alagamentos e edificações que apresentem irregularidades.

A avaliação e mapeamento dos pontos susceptíveis aos movimentos de massa realizados, na comunidade, além do cadastro dos escorregamentos, já ocorridos, são realizados de forma qualitativa. Segundo Silveira (2017), os métodos quantitativos são baseados no julgamento de especialistas, por meio de dados obtidos em observações de campo, ou interpretação de fotografias aéreas, quando existem, em que se adota uma análise geomorfológica de campo ou análise de combinação de mapas de índices dos fatores que afetam a estabilidade.

A Defesa Civil de Pernambuco forneceu 221 pontos para o estudo aqui realizado, que correspondem às ocorrências de deslizamentos de barreiras e muros de arrimo, com e sem danos, além das solicitações para vistoria, monitoramento e colocação de lonas plásticas, entre os anos de 2013 e 2017. O cadastramento das ocorrências é realizado por residência, ou seja, de forma pontual e não por setorização de área. A partir do ano de 2015, foram implementadas diversas ações preventivas pelo poder público, para diminuir e monitorar a incidência de deslizamentos.

3.2 – Monitoramento da precipitação na região

A estação pluviométrica mais próxima da área de estudo e com série mais extensa, a Estação Pluviométrica Recife, encontra-se a, aproximadamente, 10km do Ibura, no bairro do Cabanga. A estação pluviométrica Recife (cód. 00834017), instalada no ano 2000 e em atividade, faz parte da Rede Hidrometeorológica Nacional e é operada, através do convênio entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Serviço geológico do Brasil (SGB/CPRM). A série de dados de chuva pode ser obtida em ANA (2020).

Em maio de 2015, foram instaladas Plataformas de Coleta de Dados (PCD), na comunidade e em seu entorno. A localidade de Lagoa Encantada passou a ter a precipitação monitorada, através das estações automáticas Ibura e Alto da Bela Vista, ambas operadas pela APAC. A disponibilização de dados de chuva, na própria comunidade, é de substancial importância para os estudos hidrológicos, avaliação de susceptibilidade ao deslizamento, de análise de risco e emissão de alertas. A série de dados de chuva pode ser obtida em APAC (2020).

Para a análise dos deslizamentos, optou-se em utilizar os registros existentes da Estação Pluviométrica Recife, pois a mesma apresenta uma série mais extensa, para a análise de consistência das informações, nos meses dos eventos. Entretanto, considerando a distância entre as estações pluviométricas aqui apresentadas, foi realizada uma análise de regressão linear, entre os totais mensais das estações Recife e Alto da Bela Vista. A verificação estatística foi utilizada para conferir se há compatibilidade, entre os valores observados, nas duas estações.

Segundo ANA (2012), uma boa relação entre as estações pluviométricas ocorre, quando o coeficiente de correlação é igual ou superior a 0,8; a distância entre as mesmas seja de, no máximo, 200km; e altitudes semelhantes entre as estações.

3.3 – Índices pluviométricos críticos

Os índices pluviométricos críticos para a deflagração dos movimentos de massa variam, com o regime de infiltração do solo, a dinâmica das águas subterrâneas no maciço e o tipo de instabilização. Gusmão (1990) afirmam que os escorregamentos em rocha tendem a ser mais suscetíveis a chuvas concentradas, enquanto os processos em solo dependem também dos índices

pluviométricos acumulados nos dias anteriores. Dessa forma, a observação do acumulado das chuvas, na área estudada, é de crucial importância na prevenção de desastres.

Conhecer e classificar a intensidade da chuva diária também contribui para o planejamento municipal, no período chuvoso, auxiliando na mitigação dos impactos associados às chuvas intensas. Souza *et al.* (2012) classificou a intensidade da precipitação acumulada, em 24 horas, relacionada às ordens quantílicas obtidas para Recife, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da precipitação acumulada em 24 horas para Recife

Classificação	Precipitação (mm)
Dia Seco	$P < 2,2$
Chuva Muito Fraca	$2,2 \leq P < 4,2$
Chuva Fraca	$4,2 \leq P < 8,4$
Chuva Moderada	$8,4 \leq P < 18,6$
Chuva Forte	$18,6 \leq P < 55,3$
Chuva Muito Forte	$P \geq 55,3$

Fonte: Souza *et al.* (2012).

Bandeira e Coutinho (2015) propuseram parâmetros de precipitação que possam desencadear movimentos de massa, na RMR. Os resultados mostraram que deslizamentos de encostas ocupadas estão intimamente relacionados à ocorrência de chuvas concentradas, em 72 h ou menos, e associadas a chuvas acumuladas a longo prazo, como citado por Gusmão (1990). Em estudo mais recente, Cavalcanti *et al.* (2018) citam que, em Recife, a cada 2 anos, ocorrem eventos de chuva iguais ou acima de 125mm em 24 horas e 167mm em 48 horas; e que, a cada 5 anos, é provável que ocorram eventos de chuva iguais ou acima de 211mm em 24 horas e 274mm em 48 horas.

4 – RESULTADOS

A regressão linear simples realizada entre os totais mensais das estações pluviométricas Recife (CPRM) e Alto da Bela Vista (APAC), para o período de 2015 a 2019, mostrou um coeficiente de

correlação (R^2) de 90%. Considerando a variância entre os dados de precipitação satisfatória, optou-se em utilizar os dados de precipitação pluviométrica Recife, para a análise dos deslizamentos.

A Figura 2 apresenta a série histórica das precipitações totais anuais registrada pela estação pluviométrica Recife (cód. 00834017). A Figura 3 ilustra as médias mensais de chuva, para a série da referida estação.

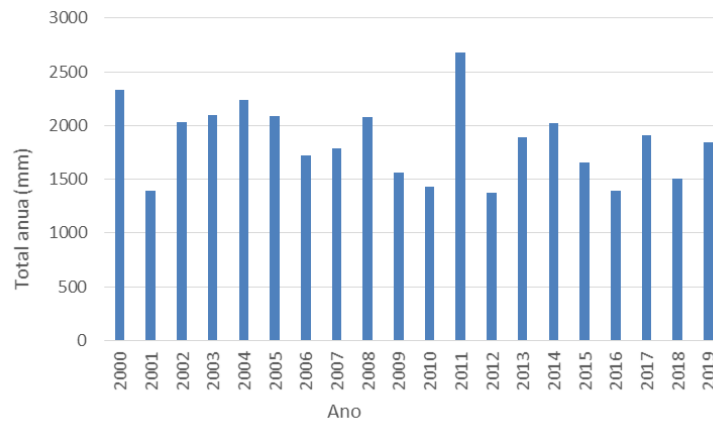


Figura 2. Totais pluviométricos, série 2000 a 2019.

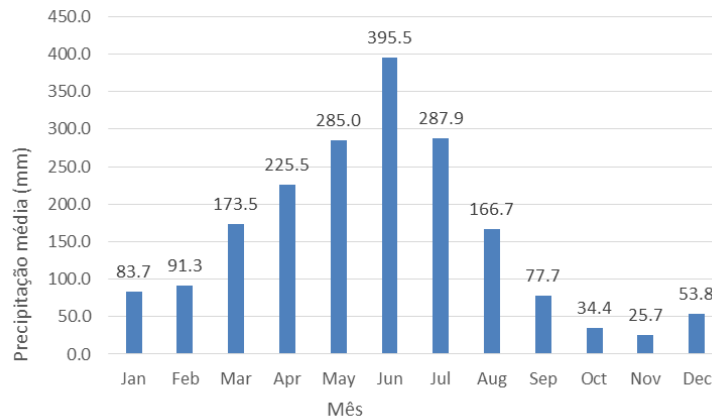


Figura 3. Precipitação média mensal, série 2000 a 2019.

De acordo com os registros fornecidos pela Defesa Civil, nos meses de junho, ocorreu o maior número de chamados em Lagoa Encantada, cerca de 40% do total registrado, no ano. Entretanto, após medidas de mitigação estruturais e não estruturais, depois de 2015, houve uma redução significativa no número de chamados.

Observa-se, na Figura 3, que 63% da precipitação anual, aproximadamente 1.900mm/ano, concentra-se entre os meses de abril e julho. A série pluviométrica mostra que o mês de junho detém 21% do total anual médio esperado para o ano, ou seja, uma precipitação média esperada de 395mm.

Os meses de junho, mês com o maior número de chamados registrados, no período de 2013 e 2017, não apresentaram total mensal precipitado, muito acima da média esperada para o mês, para toda a série de chuva. Entretanto, o acúmulo de água no solo, entre janeiro e maio dos referidos anos, provavelmente, auxiliou na desestabilização do solo, causando os acidentes, como apresentado na Figura 4.

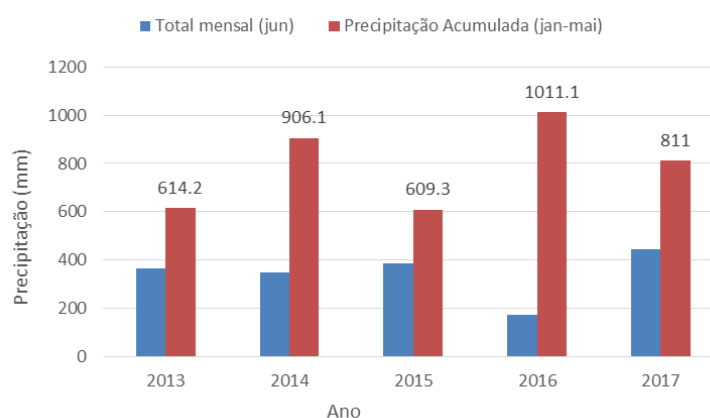


Figura 4. Precipitação registrada para o mês de junho comparada à precipitação acumulada de janeiro a maio (período 2013 a 2017)

No ano de 2014, nos meses que antecederam junho, a chuva acumulada foi 11% acima do esperado. Em junho de 2015, apesar de apresentar um número elevado de deslizamentos (9 eventos), igual ao ocorrido no mesmo mês em 2014, o acumulado foi 25% abaixo do esperado. Os registros de deslizamentos mostram que nem sempre a chuva é o único agente deflagrador do movimento, havendo escorregamentos em mês de pluviosidade abaixo da esperada, sem acúmulo significativo de água nos dias que antecederam os movimentos de massa.

O banco de dados de deslizamentos mostra que os meses com o maior número de chamados foram os de março de 2015; e os de junho dos anos de 2014 e 2015. O total precipitado, no mês de março de 2015, registrou uma precipitação 40% maior do que a média esperada para o mês, não havendo registro de precipitação acumulada com valor acima do esperado, que pudesse auxiliar no deslizamento. Acredita-se que a chuva diária tenha contribuído para os escorregamentos.

Podemos tomar, como exemplo, os deslizamentos ocorridos no dia 06/03/2015, com precipitação registrada de 24h de 31,4mm (chuva forte), e acumulado de 72h de 39,5mm. É importante lembrar que em localidades onde ocorreram deslizamentos, sem um índice de chuva que os justifiquem, muitos destes podem estar associados ao descarte inadequado de águas servidas.

5 – CONCLUSÃO

A comunidade de Lagoa Encantada apresenta um negativo histórico de deslizamentos com vítimas fatais, tendo a precipitação como um fator que contribui para a ocorrência de tais eventos. Buscou-se, neste trabalho, fazer uma análise comparativa entre os deslizamentos ocorridos na comunidade, entre os anos de 2013 e 2017, em relação à precipitação registrada, na região.

Os resultados mostraram que a avaliação da correlação entre os dados das estações e, também, da distância entre elas permite concluir que é possível usar os dados da série pluviométrica da estação pluviométrica Recife (CPRM), para avaliar o risco de deslizamentos na região de Lagoa Encantada.

O mês de junho é o mês com o maior número de registros, e a precipitação acumulada nos meses, e/ou dias, que antecedem os deslizamentos são de extrema importância, na previsão de desastres. Conclui-se que os acidentes ocorridos, fora do período esperado, trimestre mais chuvoso, podem ser consequência das chuvas diárias fortes combinadas com a fragilização do solo causada pelo descarte inadequado de águas servidas.

6 – REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) Acesso aos dados de chuva através do site: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. Orientações para Consistência de Dados Pluviométricos. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica . Brasília, DF. Versão Julho, 2012.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. Acesso aos dados de chuva através do site: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/chuvas-rmr.php>. 2020

BANDEIRA, A. P. N. & COUTINHO, R. Q. Critical Rainfall Parameters: Proposed Landslide Warning System for the Metropolitan Region of Recife, PE, Brazil. Soils and Rocks, São Paulo, 38 (1): 27-48, January-April, 2015.

CAVALCANTI, R. L. C.; SILVA, C. H. S.; JESUS, E. S.; CUNHA FILHO, M. & STOŠIĆ, T. Study of Probable Maximum Precipitation and Return Time in Recife (PE). III Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER. Pag. 1-9. 2018. DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00125>

GOMES, J. H. O. S.; BARRETO, G. A. S. L. & NÓBREGA, N. C. F. Geomantas Impermeabilizantes na Cidade do Recife: Implementação, Aplicação e Desafios. 9º Congresso Latino-americano de Ciência Política. Montevideú, 26 a 28 de julho de 2017. Pág. 1 – 22.

GUSMÃO, J. A. Ação Integrada Contra Riscos Geológicos em Morros Urbanos. In I Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológico Urbano. ABGE, Anais, 1990. pp 421-435. São Paulo. SP.

PFALTZGRAFF, P. A. S. Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos na Região Metropolitana do Recife. Tese de doutorado. Pós-graduação em Geociências – UFPE, 2007.

SANTANA, D. W. S.; SANTOS, M. C. L.; BARBOSA, J. M. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, E. J. & DUARTE, C. C. Análise da Relação entre a Intensidade da Chuva e Ocorrências de Alagamentos nos Meses de Abril e Maio de 2016 na Cidade do Recife, Pernambuco. Revista Paisagens & Geografias. Vol. 3. Número especial 2. 2018. Pág 33 – 44.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. & ARAÚJO, L. E. Classification of Daily Rain and Impacts Resulting from Disasters Linked to Rainfall in the City of Recife-PE. Revista Brasileira de Geografia Física 02 (2012). Páginas 250-268.