

XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

**AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÕES EXTREMAS EM
2022 E A IMINÊNCIA DE DESLIZAMENTOS, EM RECIFE**

Cristiane Ribeiro de Melo¹ ; Paulo Abadie Guedes² & Solange Cavalcanti de Melo³

RESUMO – Nos últimos anos as mudanças climáticas têm afetado o planeta, aumentando os riscos relacionados às secas e precipitações extremas. São diversos os impactos sociais associados ao excesso de chuva, tais como enchentes e movimentos de massa. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivos avaliar as chuvas registradas em maio e junho de 2022 em relação à série histórica e avaliar a relação entre a pluviosidade e a iminência de deslizamentos em Recife/PE. Neste contexto, conclui-se que a cidade apresentou para o ano de 2022 precipitações muito acima do esperado histórico para a quadra chuvosa. Os meses de maio e junho apresentaram totais mensais acima do dobro do valor médio esperado. No período, houve 07 dias de Chuva Muito Forte (CMF), considerados potencialmente danosos ao município. Dois destes dias foram classificados como de Chuva Muito Extrema, com probabilidade de tais intensidades serem igualadas ou superadas de 4% e 2%. O volume acumulado infiltrado durante os meses que antecederam maio, associados às fortes chuvas diárias, contribuíram para os deslizamentos ocorridos. Mesmo com os movimentos de massa mais danosos ocorrendo após o dia 25/05/22, observa-se que pela metodologia de Gusmão Filho *et al.* (1987) a cidade já apresentava iminência de deslizamentos..

ABSTRACT – In recent years, climate change has affected the planet, increasing the risks related to droughts and extreme precipitation. There are several social impacts associated with excess mass, such as floods and mass movements. In view of the above, the present work aims to evaluate the rainfall recorded in May and June, 2022, in relation to the historical series, and to evaluate the relationship between rainfall and the imminence of landslides in Recife/PE. In this context, it is concluded that the city presented values much above of the expected historical rainfall for the year 2022, for the rainy season. The months of May and June presented the average values above the double of the expected value. In the period, there were 07 days of Very Strong Rain (CMF), considered potentially dangerous to the city. Two of these days were classified as Very Extreme Rain, with a probability of such intensities being equaled or exceeded of 4% and 2%. The accumulated volume infiltrated during the months before May, associated with the strong daily rains, contributed to the observed landslides. Even with the mass movements happening after 5/25/22, it is observed that, according to the Gusmão Filho *et al.* (1987) methodology, the city already was in the imminence of landslides, in the susceptible areas.

Palavras-Chave – Chuvas intensas; Recife; Iminência de deslizamento.

¹) Serviço Geológico do Brasil. Rua Escritor Souza Barros, 1001 - Cabanga Recife, PE, Brasil. e-mail: cristiane.melo@cprm.gov.br

²) Instituto Federal de Pernambuco. Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil. e-mail: paulo.guedes@recife.ifpe.edu.br.

³) Serviço Geológico do Brasil. Rua Escritor Souza Barros, 1001 - Cabanga Recife, PE, Brasil. e-mail: solange.melo@cprm.gov.br

1 – INTRODUÇÃO

O grande volume precipitado no final do mês de maio de 2022 causou muitos deslizamentos e mortes na cidade do Recife. Uma das localidades mais prejudicadas foi o bairro do Ibura, onde morreram 11 pessoas da mesma família em apenas um deslizamento ocorrido na comunidade de Jardim Monte Verde, que fica na divisa entre os municípios do Recife e de Jaboatão dos Guararapes.

A umidade acumulada no solo antes de um movimento de massa está diretamente ligada à chuva infiltrada e acumulada, antecedente ao evento. Dessa forma, as fortes chuvas podem ser mais perigosas quando precipitadas em solos com alta saturação inicial.

Em seu trabalho, Lima (2002) afirma que avaliar as precipitações para prever os escorregamentos é mais fácil e de mais baixo custo do que acompanhar o nível de água e o grau de saturação do solo. Várias pesquisas no Brasil e no mundo tentam estabelecer correlações que associam as relações entre os índices pluviométricos e os deslizamentos, em áreas suscetíveis a movimentos de massa.

Um estudo de destaque sobre a relação entre índice pluviométrico e os deslizamentos foi realizado por Gusmão Filho *et al.* (1987), para a cidade de Olinda, na Região Metropolitana do Recife - RMR. Segundo Gusmão Filho (1995), os morros do Recife podem ter um desempenho próximo ou semelhante ao observado em Olinda, ainda que possa haver alguma diferença nos resultados devido à diferença no tipo de ocupação do solo.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as chuvas ocorridas em maio de 2022 em relação à série histórica, e avaliar a relação entre a pluviosidade e os escorregamentos ocorridos com base nos estudos de Gusmão Filho *et al.* (1987).

2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O bairro do Ibura, localizado na Zona Sul da cidade do Recife/PE, tem sofrido historicamente com ocorrências de deslizamentos sucedidos no período chuvoso. O bairro está localizado em região com morros ocupados a partir da segunda metade do século XX (Miranda, 2018), e possui o menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da cidade.

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 (Melo, 2021). Tais características fazem da região uma localidade amplamente pesquisada no que se refere aos estudos relacionados a deslizamento, infiltração e características de solo.

Localizadas em região de Formação Barreiras (Unidade Geológica), que possui horizontes mais arenosos, as comunidades de Jardim Monte Verde e Lagoa Encantada, ambas no Ibura, são localidades onde acidentes com vítimas fatais são frequentemente registrados no inverno pela imprensa local.

Para melhor monitorar a área, em maio de 2015, foram instaladas Plataformas de Coleta de Dados (PCD) na comunidade e em seu entorno. A região passou assim a ter a precipitação monitorada através das estações automáticas operadas pela Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC e pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho aqui apresentado busca avaliar a chuva registrada nos meses de maio e junho de 2022, baseada na classificação dos eventos de chuva de Souza *et al.* (2012) e avaliar o tempo de retorno (frequência) dos eventos diários extremos, de acordo com a curva IDF de Ramos (2010), para o município de Recife.

Considerando que os eventos extremos de chuva muitas vezes estão associados a movimentos de massa, aplicou-se a metodologia de Gusmão Filho *et al.* (1987) para avaliar o limiar de precipitação necessário para causar deslizamentos no Recife, em relação à chuva ocorrida no mês de maio/2022.

3.1. Série pluviométrica

As séries pluviométricas disponíveis das estações localizadas no bairro do Ibura são inferiores a 10 anos de dados, pois suas instalações foram iniciadas no ano de 2015. Para o tipo de análise em questão, tornava-se necessária uma série maior e mais representativa da precipitação na região.

Optou-se pela utilização da série pluviométrica da Estação Recife (código 00834017), estação pluviométrica mais próxima da área de estudo com série de dados mais extensa (2000 a 2022). A referida estação é operada pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM, faz parte da Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, e está localizada a aproximadamente 10km do Ibura. A série

de dados pode ser obtida no site <http://hidroweb.ana.gov.br/> da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA.

Considerando a utilização de um posto pluviométrico distante da área de estudo como sendo uma hipótese aproximada, a premissa do uso da estação pluviométrica Recife é reforçada através do mapa de isoietas anuais médias de 1977 a 2006 (CPRM, 2021), para a cidade do Recife.

Para garantir a linearidade da série da Estação Recife (código 00834017), foi realizado o preenchimento de falhas dos totais mensais, utilizando-se o programa HidroPlu (versão 2010). Não foi realizada análise de consistência. Entretanto, os dados analisados apresentavam-se consistidos para o período de 2000 a 2006 e brutos de 2007 a 2022. As estações de apoio utilizadas no preenchimento e as referidas correlações encontram-se apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Estações de apoio para preenchimento de falhas

Código	Nome	Correlação	Entidade
834007	Recife (CURADO)	0,97	INMET
734011	Igarassu	0,92	SUDENE
835048	São Lourenço da Mata II	0,91	ANA
835138	Pirapama	0,89	ANA

Para melhor compreensão da excepcionalidade dos eventos ocorridos nos meses de maio e junho de 2022, a série de chuva para os referidos meses foi analisada em relação à série existente para a estação pluviométrica Recife, entre os anos de 2001 e 2021, anos de serie mensal completa.

Os registros diários de chuva foram avaliados de acordo com Souza *et al.* (2012), que avalia a partir de quantos milímetros uma chuva pode ser definida como um evento danoso para a cidade do Recife. O referido trabalho concluiu que 55,3mm é considerada uma *Chuva Muito Forte*, de acordo com a classificação da intensidade da precipitação acumulada em 24 horas. O estudo também classifica os eventos extremos de chuva acumulada em 24 horas para Recife-PE como apresentado no Quadro 2.

Para avaliação do tempo de retorno das *Chuvas Muito Extremas* utilizou-se a equação intensidade-duração-frequência (IDF) estabelecida por Ramos (2010), para o município de Recife/PE. O trabalho determina as relações IDF de chuvas intensas ocorridas na cidade do Recife, a partir de dados obtidos de pluviogramas da estação do aeroporto da cidade (1968 a 2007), utilizando a distribuição probabilística de Gumbel para a análise de frequência dos dados.

Quadro 2. Classificação dos eventos extremos de chuva acumulada em 24 horas.

Classificação	Intensidade (mm)
Chuva Muito Forte (CMF)	$55,3 \leq P < 100$
Chuva Extrema (CE)	$100 \leq P < 150$
Chuva Muito Extrema (CME)	$P \geq 150$

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

3.2. Precipitação representativa do movimento iminente

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 (Melo, 2021).

A cidade do Recife possui estudos e pesquisas que buscam parâmetros de precipitação que possam desencadear movimentos de massa, tais como Bandeira & Coutinho (2015) e Cavalcanti *et al.* (2018). Entretanto, uma significativa contribuição foi trazida pelos estudos apresentados em (Gusmão Filho *et al.*, 1987). O estudo foi realizado para a cidade de Olinda, localizada na Zona Norte da Região Metropolitana do Recife – RMR, e definiu o parâmetro $R = 60.000\text{mm}^2$ como valor representativo para um movimento iminente, ou seja: a partir deste valor de R , o nível d'água é máximo e assim permanece.

O parâmetro R mostra que a instabilidade das encostas é o resultado da multiplicação entre a intensidade de chuva acumulada (P_{ac}) de janeiro até a data do deslizamento, e a ocorrência de uma nova chuva de intensidade mínima (I) capaz de causar instabilidade ($R = P_{ac} \times I$). A Figura 1 apresenta a correlação gráfica de R entre a intensidade da chuva e a chuva acumulada.

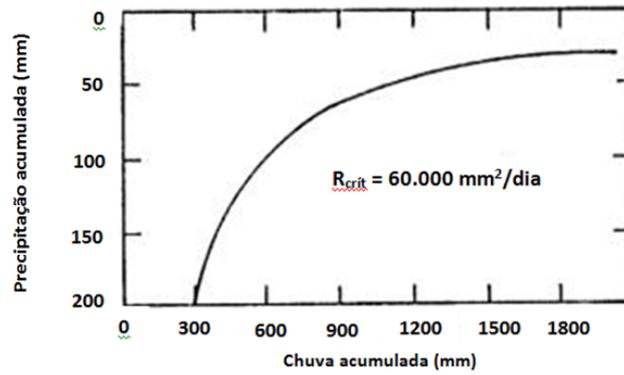


Figura 1. Correlação entre a intensidade da chuva e a chuva acumulada
Fonte: Gusmão Filho, 1997.

Para melhor entender a relação, pode-se tomar como exemplo que, para uma chuva acumulada de 600mm, de janeiro de um certo ano até o dia em questão no mesmo ano, bastaria uma chuva de 100mm para haver uma desestabilização iminente de uma encosta.

4 – RESULTADOS

4.1 Avaliação da precipitação

A avaliação da série pluviométrica da estação Recife (código 00834017), apresentado na Figura 2, mostra que o total parcial precipitado para o ano de 2022 (entre janeiro e junho) em laranja, quando comparado ao total anual (2001 a 2021) apresenta o maior volume precipitado nos últimos 10 anos, antes mesmo do final do ano civil. Ou seja, Para o ano de 2022, antes mesmo do final do período da quadra chuvosa para a região (Figura 3), que ocorre entre os meses de abril e julho, o total precipitado é maior do que o esperado para um ano.

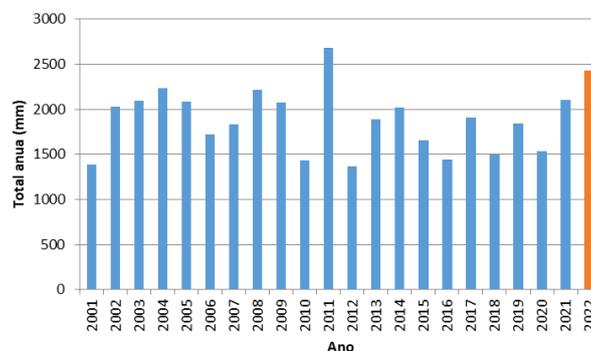


Figura 2. Precipitação anual (2001 a 2021) em relação ao total parcial (jan a jun/2022)

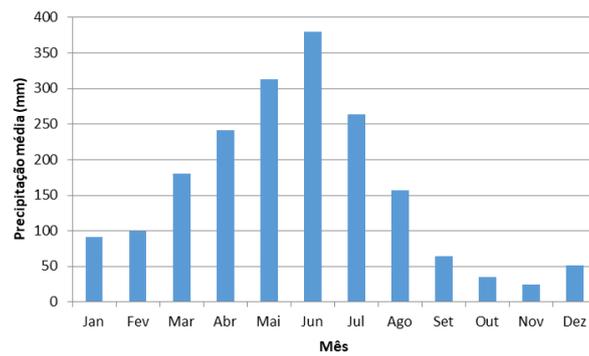


Figura 3. Precipitação média mensal (2001 a 2021) - Estação Pluviométrica Recife/CPRM

A precipitação ocorrida nos meses de maio e junho de 2022, apresentados em laranja na Figura 4, superaram o valor médio esperado de 289mm e 373mm respectivamente. Observa-se que a precipitação ocorrida em maio/2022 (824,5 mm) é 285% maior do que a média mensal. O mesmo ocorre para o mês de junho, onde o total mensal registrado de 537,4 mm apresenta-se 144% maior do que o esperado.

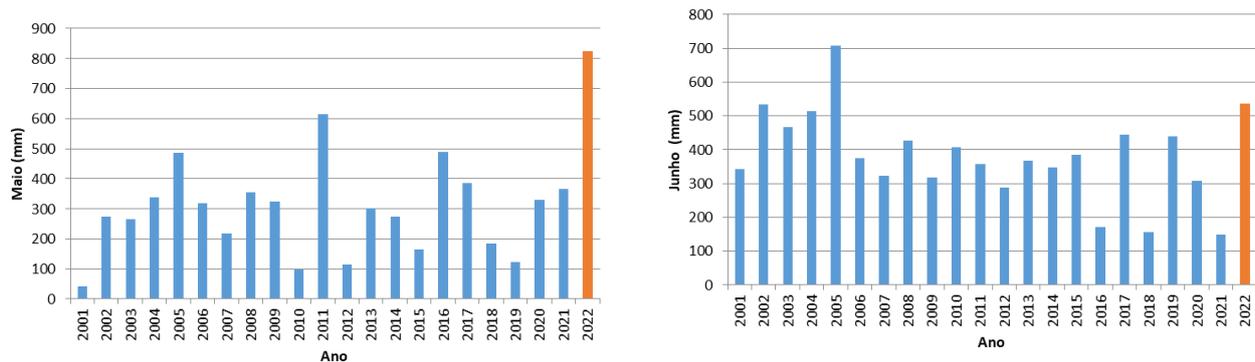


Figura 4. Total mensal para os meses de maio e junho (2001 a 2021), em relação ao ano de 2022

De acordo com a série da estação Recife/CPRM, o mês de maio/2022 apresentou 04 dias de precipitação potencialmente perigosa com *Chuva Muito Forte* ($P > 55,3\text{mm}/24\text{h}$): 24/05/22 (75,5mm); 25/05/22 (179,4mm); 28/05/22 (188,4mm); 29/05/22 (99,9mm). Enquanto o mês de junho/2022 apresentou 03 eventos: 03/06/22 (74,8mm); 07/06/22 (89,7mm); 23/06/22 (90,8mm). Observa-se que apenas o mês de maio apresentou dias mais críticos com *Chuva Muito Extrema* ($P > 150\text{mm}/24\text{h}$).

Para averiguar a veracidade de valores precipitados tão altos, registrados na estação Recife/CPRM, realizou-se uma comparação com os registros existentes na estação automática Recife/APAC (código 261160623A), os quais foram obtidos a partir do site do CEMADEN

(<http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>). A estação Recife/APAC apresenta um total mensal de 688,1mm, o que corresponde a uma diferença de 17% entre os valores registrados nas estações. Atribui-se a diferença à distância entre as estações e à metodologia utilizada para a obtenção dos registros, pois a estação Recife/CPRM utiliza-se de pluviômetro (leitura realizada por observador hidrológico) e a Recife/APAC de leituras automáticas feitas por sensores.

De acordo com a IDF definida por Ramos (2010), a Tabela 2 apresenta os tempos de retorno e a probabilidade das intensidades das *Chuva Muito Extremas* serem igualadas ou superadas, em um ano qualquer.

Tabela 2. Tempo de retorno e probabilidade da chuva ocorrida nos dias 25 e 28/05/2022.

Data do Evento	Precipitação/24h (mm)	Tempo de Retorno (anos)	Probabilidade (%)
25/05/2022	179,4 mm	29 anos	4%
28/05/2022	188,4 mm	44 anos	2%

4.2 Iminência de deslizamento causada pela precipitação

Ao avaliar a precipitação necessária para colocar as áreas de morro em alerta na cidade do Recife, com base no cálculo do parâmetro R determinado por Gusmão Filho *et al.* (1987), em relação às chuvas extremas ocorridas nos dias 25 e 28/05/2022, observa-se que a precipitação acumulada entre 01/janeiro e 30/abril era de 976,8mm. Dessa forma, espera-se que uma precipitação diária de 61,4mm seja capaz de causar desestabilizações.

As precipitações diárias registradas entre os dias 01 e 23 de maio/2022 apresentaram-se inferiores ao valor crítico diário esperado, fazendo apenas com que o somatório acumulado diminuísse o limiar de precipitação diária crítica para 53,2mm.

Entretanto, como a P_{ac} de 1.127,2mm, a chuva I de 75,5mm ocorrida no dia 24/05/2022 já seria suficiente para o início de um alerta de possíveis deslizamentos. Diante do novo acumulado de chuva e infiltração, a nova precipitação de alerta passa a ser de 49,9mm para o dia 25/05/2022.

Observa-se que o registrado para o dia 25/05/2022 foi de 179,4mm, excedendo muito o valor crítico, tornando quase que inevitável pela metodologia utilizada, a ocorrência de deslizamentos.

A evolução da iminência de deslizamento baseada na precipitação diária crítica, para a chuva ocorrida no mês de maio/2022, pode ser observada na Tabela 3. Nota-se que à medida que a P_{ac} aumenta, com a contribuição da chuva diária I , ocorre uma diminuição da precipitação crítica mínima capaz de causar deslizamentos.

Tabela 3. Evolução da iminência de deslizamento para a cidade do Recife em relação ao parâmetro R

Data	Pac (mm)	I (mm)	Chuva crítica capaz de causar deslizamento (mm)
23/05/2022	1127,2	-	53,2
24/05/2022	1202,7	75,5	49,9
25/05/2022	1382,1	179,4	43,4
26/05/2022	1429,8	47,7	42,0
27/05/2022	1446,3	16,5	41,5
28/05/2022	-	188,4	Deslizamentos

6 – CONCLUSÃO

As mudanças climáticas ocorridas no planeta têm tornado os eventos extremos cada vez mais frequentes e danosos. Os meses de maio e junho de 2022 registraram precipitação acima da média esperada para o mês. Eventos de chuva muito forte e chuva muito extrema causaram alagamentos e movimentos de massa, com e sem vítimas, em várias regiões da cidade.

Mesmo com o tempo de retorno de 29 anos e 44 anos das chuvas extremas ocorridas nos dias 25 e 28/05/2022 respectivamente, observa-se que o poder público deve manter-se sempre atento às ações estruturais e não estruturais para evitar os transtornos e desastres registrados nos períodos chuvosos. As análises mostraram que mesmo antes da ocorrência da chuva extrema, já havia alta probabilidade de ocorrência de deslizamentos no município.

É importante ressaltar a necessidade de que hajam investimentos no desenvolvimento de sistemas de alerta, que sejam baseados em modelos que considerem a precipitação e previsão de chuva, de modo a manejar adequadamente as situações de risco, tanto para evitar falsos negativos (não avisar quando há risco) como evitar falsos positivos (alertar desnecessariamente), pois ambas as situações envolvem grande estresse e transtornos às comunidades.

REFERÊNCIAS

- 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)*. In: III CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS – COINTER, 2018, João Pessoa. 1-9 p. <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00125>
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. (2021) Acesso ao site: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15030> em fevereiro de 2021.
- 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*, 38 (1): 27-48 p. 2015.
- GUSMÃO FILHO, J. A. (1995), *A Experiência em Encostas Ocupadas do Recife: Integração Técnica Institucional e Comunitária*. Rev. IG. São Paulo, Volume Especial.
- GUSMÃO FILHO, J.A.; JUCÁ, J.F.T.; JUSTINO DA SILVA, J.M. 1987. *Groundwater effects in the moving mechanisms in the hills of Olinda, Brazil*. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING , 9º , Dublin , Irlanda, ISSMFE. Proceedings. v.1, p. 431-434.
- LIMA, A. F. (2002), *Comportamento Geomecânico e Análise de Estabilidade de uma Encosta da Formação Barreiras na Área Urbana da Cidade do Recife* . Dissertação de Mestrado. UFPE. CTG. Engenharia Civil, Recife-PE.
- MELO, C. R. (2021). *Utilização de Informações Espaciais de Alta Resolução para Análise de Suscetibilidade de Deslizamento sob Situação de Precipitações Intensas*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/22181>.
- MIRANDA, L. *Desenvolvimento Humano e Habitação no Recife*. Desenvolvimento Humano no Recife. Atlas Municipal. Acesso ao site: <https://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/pnud2006/doc/analiticos/Desenvolvimento%20Humano%20e%20Habita%C3%A7%C3%A3o%20no%20Recife.pdf> em janeiro de 2018.
- RAMOS, A. M. *Influência das mudanças climáticas devido ao efeito estufa na drenagem urbana de uma grande cidade*. 2010. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia civil) - Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2010.
- SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. & ARAÚJO, L. E. *Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE*. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 5 (2): 250-268 p. 2012. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i2.232788>