

EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS EM BRASÍLIA-DF NO PERÍODO 1963-2019

EXTREME RAINFALL EVENTS IN BRASÍLIA-DF IN THE PERIOD 1963-2019

Rafael Rodrigues da Franca

Universidade de Brasília
Campus Darcy Ribeiro, Departamento de Geografia, ICC NORTE
E-mail: rrfranca@unb.br

Ercilia Torres Steinke

Universidade de Brasília
Campus Darcy Ribeiro, Departamento de Geografia, ICC NORTE
E-mail: ercilia@unb.br

Valdir Adilson Steinke

Universidade de Brasília
Campus Darcy Ribeiro, Departamento de Geografia, ICC NORTE
E-mail: valdirs@unb.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar resultados da análise de uma série histórica de precipitação pluvial de Brasília (DF), referente ao período 1963-2019, a fim de identificar eventos pluviais extremos, sua frequência, tempo de retorno e tendências. Todos os episódios de chuva diária igual ou superior a 1 mm foram considerados e classificados por classes de precipitação pluvial. A definição do limiar diário para identificação de eventos pluviais extremos foi obtida a partir de recomendações do Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices, que indica o Percentil 99 como parâmetro. A avaliação de tendências, na ocorrência de eventos pluviais extremos, no período estudado foi realizada a partir da aplicação do teste de tendência Mann-Kendall. Os resultados mostram que ao longo do período estudado ocorreram 6.159 episódios de precipitação em Brasília. A análise do Percentil 99 da série resultou no valor de 72,3 mm/dia, a partir do qual foram identificados os eventos pluviais extremos. Ao longo dos 57 anos, ocorreram 62 episódios dessa natureza, com tempo de retorno de 334,7 dias ou 0,94 ano. Não foram detectadas tendências com significância estatística na série de dados de precipitação pluvial no período analisado. Ressalva-se que a contribuição apresentada retrata o que ocorre na estação meteorológica de Brasília, localizada na área planejada da capital federal – o Plano Piloto, e que a metodologia empregada poderia ser aplicada sobre dados de estações meteorológicas localizadas em outras Regiões Administrativas do DF, a fim de melhor retratar o conjunto regional.

Palavras-chave: eventos pluviais extremos; tempo de retorno; frequência relativa, tendências.

ABSTRACT

The objective of this study is to present results of the analysis of a historical series of rainfall in Brasília (DF), referring to the period 1963-2019, in order to identify extreme rainfall events, their frequency, return time and trends. All episodes of daily rainfall equal to or greater than 1 mm were considered and classified by classes. The definition of the daily threshold for identifying extreme rainfall events was obtained from the recommendations of the Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices, which indicates the 99th percentile as a parameter. The evaluation of trends, in the occurrence of extreme rainfall events, in the studied period was carried out by applying the Mann-Kendall trend test. The results show that during the study period there were 6.159 episodes of rainfall in Brasília. The analysis of the 99th percentile of the series resulted in a value of 72.3 mm / day, from which extreme rainfall events were identified. Over the course of 57 years, there were 62 episodes of this type, with a return time of 334.7 days or 0.94 years. No statistically significant trends were detected in the rainfall data series in the analyzed period. It should be noted that the contribution presented portrays what happens in the meteorological station in Brasília, located in the planned area of the Federal District - the Plano Piloto, and that the methodology used could be applied to data from meteorological stations located in other Administrative Regions of the Federal District, in order to better portray the regional ensemble.

Key words: extreme rainfall events, return time, relative frequency, trends.

1. Introdução

A definição de evento climático extremo é ampla, não consensual e quase sempre está baseada em diferentes índices climáticos capazes de avaliar sua frequência, duração e intensidade. Tais eventos se distinguem pelos impactos e prejuízos que exercem sobre o meio-ambiente e a economia (Beniston e Stephenson, 2004; Stephenson, 2008).

O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) considera que um evento climático extremo ocorre quando é observado um valor muito acima ou muito abaixo do valor normal no comportamento de alguma variável climática. O grupo acrescenta que eventos pluviais extremos têm se tornado mais frequentes e intensos, sobretudo na América do Norte, América Central e Europa, fato atribuído ao incremento da temperatura global, que entre 1880 e 2012 aumentou cerca de 0,85°C (IPCC, 2012; 2013)

Eventos pluviais extremos podem ser definidos por meio da aplicação de índices que utilizam a precipitação, a exemplo do Índice de Anomalia de Precipitação (IAP), o Índice de Porcentagem Normal (IPN), o Método dos Decis (MD), o Índice de Precipitação Normalizada (IPN), o Percentil 99, entre outros (Franca, 2015).

O método do Percentil 99, recomendado pelo Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDI), se notabiliza por identificar o limiar de 1 % das precipitações mais expressivas de uma série histórica. Esse método tem sido usado por diversos pesquisadores, como Goudard e Mendonça (2017; 2020), Paz e Sanches (2017); Paz et al. (2019), Machado et al. (2019); Sanches et al. (2019).

Apesar da aplicação satisfatória desse limiar, outros pesquisadores, por diversas razões, preferem estabelecer o limiar de 50 mm/24 horas como parâmetro para identificação de eventos pluviais extremos. É o caso de Monteiro (2016), Monteiro e Zanella (2017; 2019), Oliveira Sena et al. (2019) e Marengo et al. (2020).

Os eventos pluviais extremos fazem parte do ritmo climático de um lugar. Sendo assim, o conhecimento da variabilidade das chuvas de grande intensidade é de crucial importância para o planejamento do uso e ocupação da terra, prevenção e adaptação a impactos associados a esses episódios.

Nas últimas décadas, tais episódios têm recebido destaque pela imprensa devido aos impactos socioambientais causados em áreas urbanas. Esses impactos decorrem de vulnerabilidades associadas a contingências sociais, políticas, econômicas, culturais, tecnológicas, entre outras, que potencializam os danos associados aos eventos pluviais extremos (Mendonça, 2011).

Steinke e Barros (2015) realizaram uma pesquisa para desmistificar a falsa ideia de que, no Distrito Federal (DF), não ocorrem desastres urbanos decorrentes de eventos pluviais extremos. Foram identificados diversos tipos de ocorrências, desde alagamentos, deslizamentos, problemas com a saúde e até óbitos. Verificou-se que, em muitos casos, a falta de planejamento contribuiu muito mais para a ocorrência dos desastres do que propriamente o evento pluvial em si.

Braga (2016) identificou e analisou os fatores desencadeadores de alagamentos em Santa Maria, Região Administrativa do Distrito Federal. O estudo evidenciou a incapacidade dos sistemas de drenagem da cidade entre 2010 e 2014, em casos de precipitação intensa, diante do nível de impermeabilização do solo e da expansão urbana acelerada.

Steinke et al. (2017) analisaram a variabilidade das chuvas no DF no período compreendido entre 1981-2010 para o mês de janeiro. A pesquisa destacou a ocorrência de eventos pluviais extremos que mereceriam atenção em novas investigações.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar resultados da análise de uma série histórica de precipitação pluvial de Brasília (DF), a fim de identificar eventos pluviais extremos, sua frequência, tempo de retorno e tendências.

No DF, o total pluviométrico anual médio é de 1540,6 mm (Inmet, 1992). No entanto, quase metade desse volume ocorre no trimestre novembro-dezembro-janeiro (NDJ), quando normalmente são registrados 724,5 mm (47,0% do total). No trimestre junho-julho-agosto chove apenas cerca de 33,7 mm (2,1 % do total anual). Os dados fazem referência à Normal Climatológica 1961-1990, do Instituto Nacional de Meteorologia. A Figura 1 mostra a distribuição média mensal de precipitação pluvial para a estação convencional de Brasília.

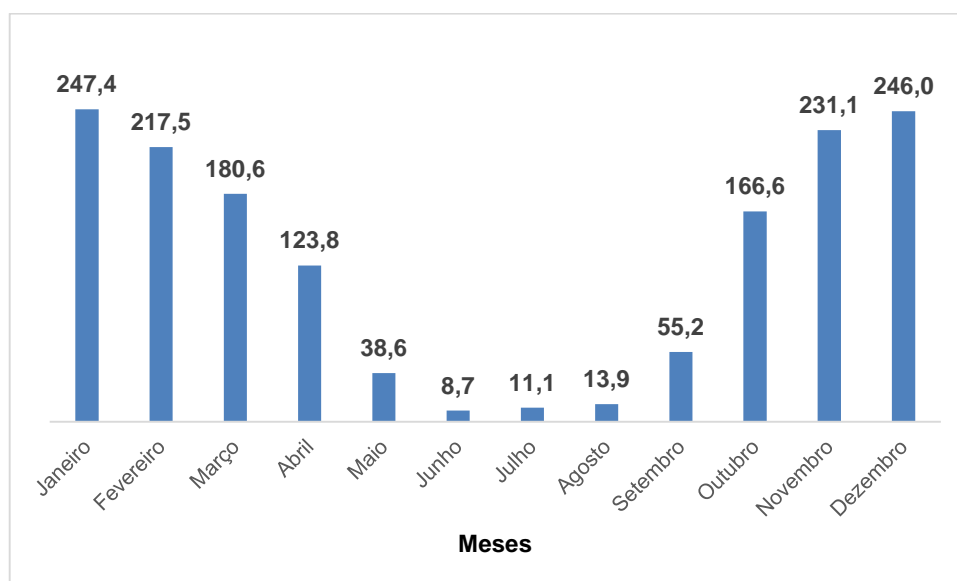


Figura 1. Distribuição Mensal da Precipitação Pluvial em Brasília-DF – Normal Climatológica (1961-1990). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Figura 1.

A forte sazonalidade pluvial dessa porção da América do Sul é atribuída à atuação do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS). O SMAS se organiza a partir de setembro

(primavera) com o aumento da convecção sobre o noroeste da Amazônia e seu deslocamento em direção ao Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (Gan et al, 2009).

2. Materiais e métodos

Os dados de precipitação pluvial utilizados nas análises foram extraídos do Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação meteorológica localiza-se em Brasília, DF, nas seguintes coordenadas: Latitude 15.78978° Sul, Longitude 47.925849° Oeste e Altitude 1161.42 metros (Figura 02). Foram analisados dados diários do período 1963-2019, por meio de tabulação no programa Microsoft Office Excel®.

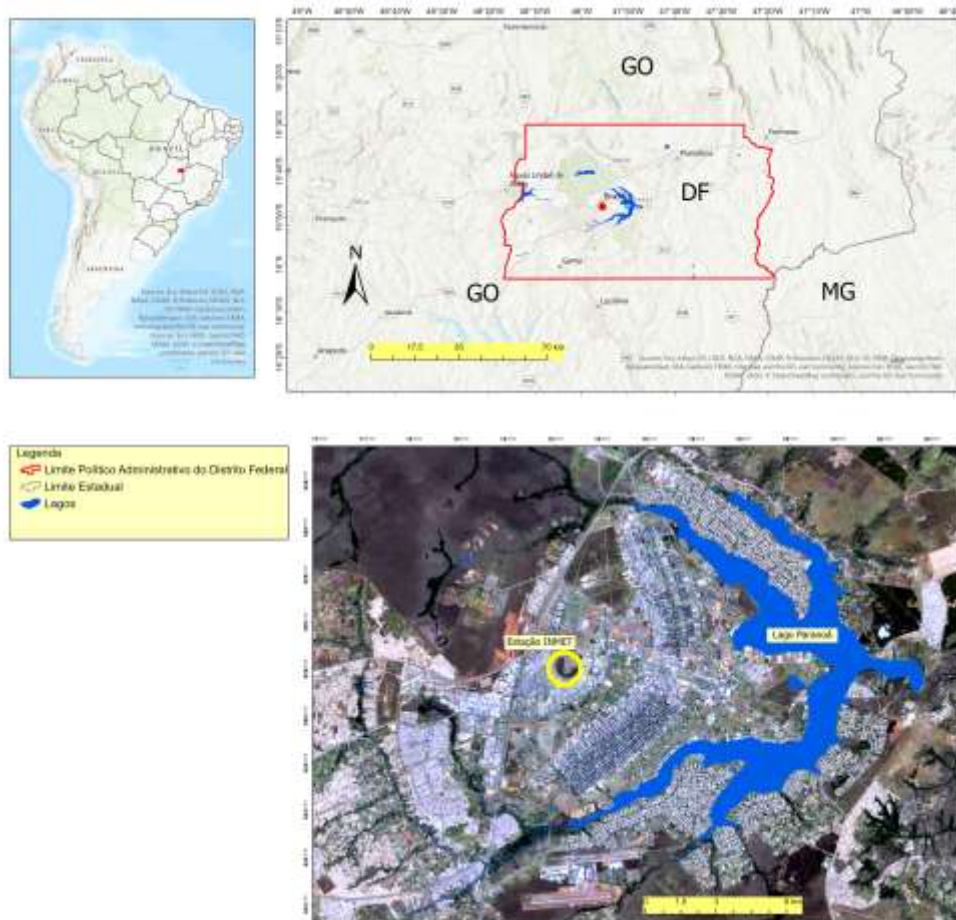


Figura 2. Localização da Estação Meteorológica do INMET – Brasília/DF. Fonte: Geoportal GDF (2019).
Elaboração: Os autores (2020).

Todos os episódios de chuva diária igual ou superior a 1 mm foram considerados e classificados conforme as seguintes classes de precipitação pluvial recomendadas pelo INMET: 1,0 mm-2,4 mm/dia, 2,5 mm-4,9 mm/dia, 5,0 mm-9,9 mm/dia, 10,0 mm-14,9 mm/dia, 15,0 mm-24,9 mm/dia, 25,0 mm-49,9 mm/dia, 50,0 mm-100 mm/dia e superior a 100 mm/dia. Para cada uma dessas classes foi calculada a frequência absoluta, frequência relativa e tempo de retorno.

A frequência absoluta, ou apenas frequência, de um valor é o número de vezes que uma determinada variável assume esse valor. Ao conjunto das frequências dos diferentes valores da variável dá-se o nome de distribuição da frequência (ou apenas distribuição).

Já a frequência relativa (Fr) de determinado evento é o resultado obtido da razão entre a frequência absoluta (n) e a quantidade de elementos da amostra. Geralmente é apresentada na forma de porcentagem. Neste caso é igual ao número de vezes que ocorreu o evento pluviométrico extremo em relação ao total de dias da série ($\sum n$) (Equação 1). Portanto, a frequência relativa, por meio dos dados percentuais, possibilita melhor comparação entre as diferentes classes.

$$Fr = \frac{n}{\sum n} \quad (1)$$

O tempo de retorno ou período de retorno (Tr) é o intervalo de tempo estimado, esperado para a ocorrência de um determinado evento (Equação 2). Em outras palavras, espera-se que o valor de um determinado evento seja igualado ou superado, em média, uma vez a cada determinado período de tempo. O tempo de retorno de determinado evento é calculado a partir do inverso da probabilidade de sua frequência relativa. Assim:

$$Tr = \frac{1}{Fr} \quad (2)$$

A definição do limiar diário para identificação de eventos pluviais extremos foi obtida a partir de recomendações do *Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices* (ETCCDI), que indica o Percentil 99 como parâmetro. Após a definição do valor extremo para a série, os episódios extremos foram identificados e calculadas sua frequência, frequência relativa e tempo de retorno.

A avaliação de tendências, na ocorrência de eventos extremos, no período estudado foi realizada a partir da aplicação do teste Mann-Kendall no programa estatístico XLSTAT®. Trata-se de um método não paramétrico proposto por Mann (1945) e posteriormente adaptado por Kendall (1975). O método tem por base rejeitar ou aceitar uma hipótese nula (H_0) podendo, assim, negatizar ou não a existência de um cenário tendencial na série histórica analisada mediante a aceitação de um nível de significância (95%).

Sejam as observações X_1, X_2, \dots, X_n de uma série temporal. Pode-se aplicar o teste de Mann-Kendall para tendência somente se a série for serialmente independente. Portanto, testa-se se as observações da série são independentes e identicamente distribuídas, isto é, testar as hipóteses:

H_0 : As observações da série são independentes e identicamente distribuídas (não há tendência).

H_1 : As observações da série possuem tendência monotônica no tempo (há tendência).

Sendo assim, sob H_0 a estatística do teste é dada por:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (3)$$

Onde:

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x = 0 \\ -1, & \text{se } x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

O teste Mann-Kendall (MK) é largamente utilizado e recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para detectar tendências significativas em séries hidrológicas e meteorológicas. O teste compara a importância relativa dos dados amostrais, portanto, uma vantagem deste teste é o fato de dispensar a exigência da distribuição normalizada. Outra vantagem é a sua baixa sensibilidade a quebras abruptas na série. (Modarres e da Silva, 2007; Tabari et al, 2010, 2011).

3. Resultados e discussão

Ao longo do período 1963-2019, 57 anos, foram identificados 6.159 episódios de chuva em Brasília (igual ou superior a 1,0 mm/dia) (Figura 03). A classe de precipitação mais frequente foi a de 5,0 mm-9,9 mm/dia, seguida pela de 1,0 mm-2,4 mm/dia e depois pela de 2,5 mm-4,9 mm/dia. Essas três classes são consideradas como chuvisco ou chuva fraca pelo INMET, ou seja, cerca de 55,5 % do total dos episódios de precipitação

pluvial ocorridos em Brasília, nesse período, foram fracos. Já os episódios de chuva forte (entre 25 e 49,9 mm/dia) constituem 12,8 % do total dos episódios de precipitação.

O tempo de retorno, em dias, de eventos das três primeiras classes de precipitação mais frequentes são, respectivamente, de 16,5; 18,3 e 20,1 dias cada. Já o de chuvas fortes é de 26,2 dias. Ou seja, ao longo do ano, sobretudo na estação chuvosa, estes eventos ocorrem com grande frequência. Episódios de chuva extremamente forte (superior a 50 mm/dia) representam 224 ocorrências na série, ou cerca de 3,6 % do total dos episódios de precipitação. Entre esses, apenas 7 apresentaram chuva superior a 100 mm/dia (0,1 % do total), com tempo de retorno de quase 1 década (8,11 anos) (Tabela 01).

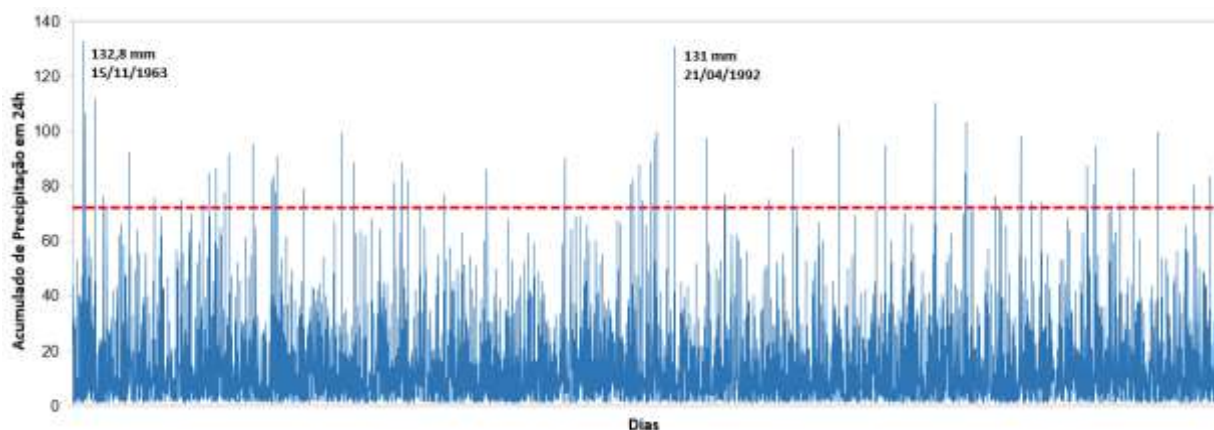


Figura 3. Eventos diários de precipitação pluvial em Brasília-DF (1963-2019). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Elaboração: Os autores (2020).

Tabela 1. Distribuição dos episódios de chuva em Brasília por classe, frequência e seu tempo de retorno.

Classes	Frequência Absoluta (n)	Frequência Relativa* (%)	Tempo de Retorno em dias	Tempo de Retorno em anos
1,0-2,4	1132	0,0545	18,34	0,05
2,5-4,9	1029	0,0496	20,17	0,06
5,0-9,9	1258	0,0606	16,50	0,05
10,0-14,9	812	0,0391	25,56	0,07
15,0-24,9	913	0,0440	22,73	0,06
25,0-49,9	791	0,0381	26,24	0,07
50,0-99,9	217	0,0105	95,65	0,26
>100	7	0,0003	2965,14	8,11

Total	6159	/	/	/
>72,3	62	0,0030	334,77	0,92

*Em relação ao total de dias da série.

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Elaboração: Os autores (2020)

A análise do Percentil 99 da série resultou no valor de 72,3 mm/dia, a partir do qual foram identificados os eventos pluviais extremos. Ao longo dos 57 anos, ocorreram 62 episódios dessa natureza, com tempo de retorno de 334,7 dias ou 0,94 ano. Portanto, pode-se afirmar que eventos pluviais extremos ocorrem aproximadamente uma vez ao ano em Brasília. A Tabela 02 relaciona todos esses episódios, em ordem decrescente, por volume de precipitação.

Tabela 2. Eventos pluviais extremos em Brasília no período 1963-2019 (ordem decrescente)

Data	Volume	Data	Volume	Data	Volume	Data	Volume
15/11/1963	132,8	20/01/1998	93,6	18/11/1972	83,8	27/12/1966	75,5
21/04/1992	131	12/11/1965	92,4	09/12/2018	83,3	04/01/1997	75,2
31/03/1964	111,8	03/11/1970	91,7	25/10/1990	82,5	19/03/1968	75,1
28/02/2005	110,7	22/12/1972	91	18/10/1972	81,8	30/01/1991	75
22/12/1963	106,8	03/04/1987	90	20/03/1979	81,6	11/12/1972	74,8
27/10/2006	103,1	16/01/1979	88,7	29/11/1978	81,4	06/02/1992	74,8
29/10/2000	102,1	07/04/1991	88,6	13/07/1990	80,7	27/04/2009	74,5
16/11/1991	99,8	18/11/1976	88,5	10/01/2013	80,6	02/04/2010	74,4
20/01/2016	99,6	13/04/2019	88,3	08/02/2018	80,2	02/12/2009	74,1
26/02/1976	99,5	02/01/1991	87,8	26/02/1974	79	10/03/2014	73,7
13/04/2009	98,1	17/10/2012	87,6	16/12/1972	78	03/05/1969	73,6
27/11/1993	97,3	21/01/1970	86,5	03/09/1970	77,4	25/11/1994	73,4
02/10/1991	97	11/02/1983	85,8	23/11/1994	77	09/01/1980	73
19/11/1971	95,7	17/12/2014	85,8	20/03/1981	76,9	06/12/2013	72,6
30/12/2002	94,8	15/11/1969	85	15/11/1964	76,5	/	/
16/01/2013	94,4	23/10/2006	84,8	21/02/2008	76,5	/	/

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia

Elaboração: Os autores (2020)

A Figura 04, a seguir, representa graficamente a distribuição mensal dos episódios destacados na Tabela 02. Como era de se esperar, na área estudada, a maior frequência desses eventos se dá ao longo dos meses da estação chuvosa (entre outubro e abril). O mês de maior frequência é novembro (13 episódios), seguido por dezembro e janeiro (10 em cada). Portanto, esse trimestre merece grande atenção por

toda a população que vive no DF, já que apresenta maior risco para ocorrência de impactos e desastres associados a eventos de chuva extrema, o que corrobora as informações da pesquisa de Steinke e Barros (2015).

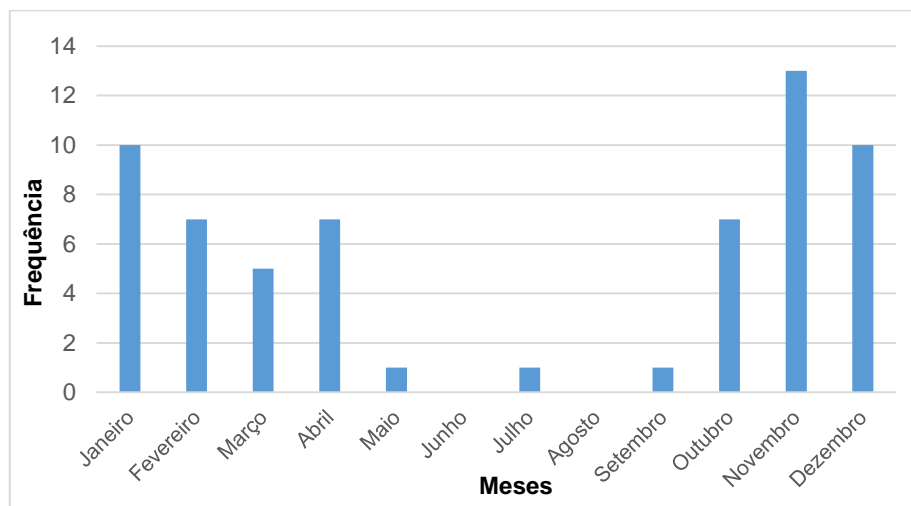


Figura 4. Frequência mensal de eventos pluviiais extremos em Brasília-DF (1963-2019)
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Elaboração: Os autores (2020).

Vale ressaltar que no mês de abril, já no final do período chuvoso, ainda ocorrem eventos pluviiais extremos, os quais ocasionam danos noticiados pela imprensa e gestores públicos locais como extemporâneos (Braga, 2016). Os dados, expressos na série histórica, mostram que esses eventos já poderiam ser previstos pelos órgãos de governo, para que os mesmos se preparassem devidamente frente aos impactos derivados, pois remontam aos anos 1980 e, desde então, ocorrem com certa regularidade (Rocha, 2019).

Pode-se citar como exemplo, o evento pluviométrico extremo que ocorreu no mês de abril de 2011 e que causou estragos na área do Plano Piloto de Brasília. A forte chuva causou diversos estragos nas dependências da Universidade de Brasília (UnB), na Asa Norte, quando uma enxurrada invadiu frestas de ventilação dos anfiteatros da ala norte do Instituto Central de Ciências Norte (ICCN). A água se acumulou e conseguiu romper as paredes do subsolo do prédio, o que destruiu diversas salas.

A distribuição de eventos pluviiais extremos por década, isto é, daqueles identificados a partir do limiar do Percentil 99, não indicou qualquer tendência relevante

de alteração ou mudança. O gráfico da Figura 05, a seguir, mostra que cada década, com exceção de 1981-1990, apresentou entre 9 e 13 eventos pluviiais extremos. Em 1981-1990 foram apenas 5 episódios. Cabe destacar que os períodos 1963-1970 e 2011-2019 não constituem décadas completas.

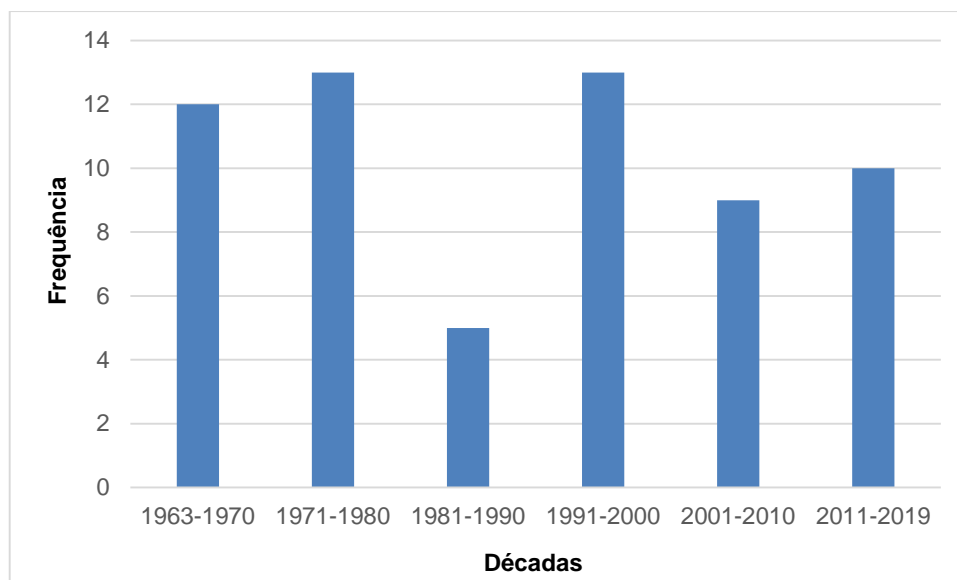


Figura 5. Frequência de eventos pluviiais extremos em Brasília-DF por década
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Elaboração: Os autores (2020).

Dado semelhante é observado quando se examina eventos de chuva forte e extremamente forte. Não há alterações significativas evidentes ao longo das décadas (Figura 06). Esse resultado contrasta com aquele encontrado por Marengo et al. (2020) para a Região Metropolitana de São Paulo, onde os autores identificaram um importante incremento no número de episódios de chuva superior a 50 mm desde a década de 1950, e sobretudo nos últimos 10 anos.

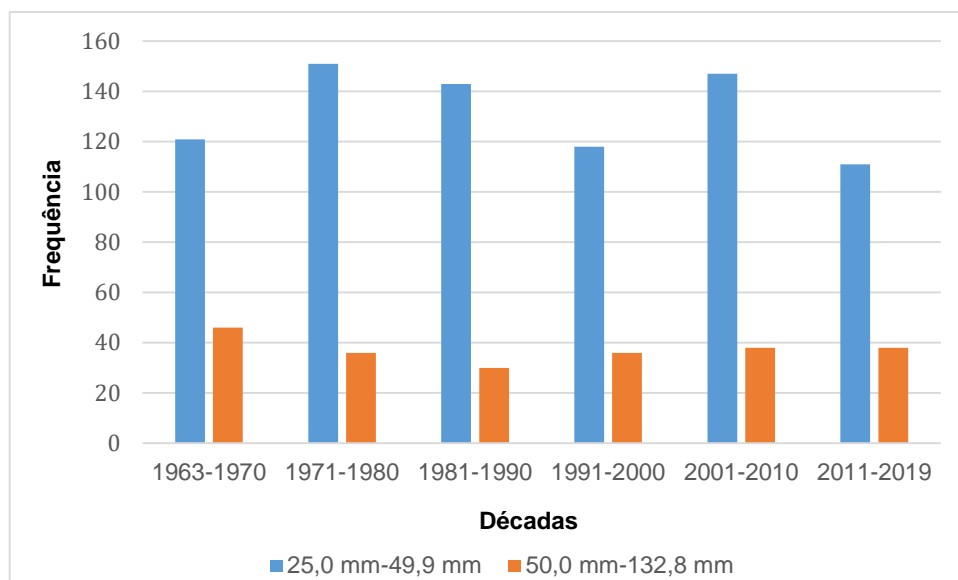


Figura 6. Frequência de eventos de chuva forte e extremamente forte em Brasília-DF por décadas.
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Elaboração: Os autores (2020).

Por fim, a aplicação do teste Mann-Kendall não detectou tendências com significância estatística na série de dados de precipitação pluvial, no período 1963-2019. O teste foi aplicado para diferentes classes de chuva e os resultados são apresentados na Tabela 03.

Tabela 3. Resultados dos testes de tendência Mann-Kendall

Classes	P-valor	Tendência
0 mm – 132,8 mm	0.238307536	Decrescente
1,0 mm – 132,8 mm	0.417735815	Decrescente
25,0 mm – 49,9 mm	0.14553833	Crescente
50 mm – 132,8 mm	0.916180134	Decrescente
≥ 72,3	0.60562706	Decrescente

Fonte dos dados: Instituto Nacional de Meteorologia
Elaboração: Os autores (2020)

O *p*-valor das amostras foi sempre superior a 0,05 (nível de significância escolhido), portanto, admite-se a Hipótese Nula (H0) e rejeita-se uma Hipótese Alternativa (H1). Tais resultados, provavelmente, decorrem da grande dispersão dos dados ao longo do período.

4. Considerações finais

Os resultados dessa pesquisa mostraram que, a partir do método do Percentil 99, eventos pluviais com acumulado igual ou superior a 72,3 mm/dia podem ser considerados extremos em Brasília-DF. No período analisado (1963-2019), tais eventos ocorreram cerca de 1 vez ao ano ou a cada 334 dias. Desse modo, eventos pluviais extremos não cabem ser tratados com surpresa pelos gestores públicos e devem ser considerados no planejamento urbano das Regiões Administrativas que compõem o DF.

A pesquisa mostrou que o período do ano com maior frequência na ocorrência de tais eventos se estende de outubro a abril – estação chuvosa na região. Merece destaque, de modo particular, o mês de abril, por situar-se no final do período chuvoso, quando os solos já encontram-se saturados em função do expressivo volume de chuvas que ocorre no trimestre anterior, o que pode agravar os impactos da chuva sobre a superfície urbana.

No que se refere à detecção de tendências temporais na série histórica, a pesquisa não encontrou resultados estatisticamente significantes que indiquem aumento ou redução da frequência de eventos pluviais extremos em Brasília. Com exceção da década de 1980 (5 episódios), nas demais ocorreram entre 9 e 13 eventos dessa natureza.

Ressalva-se que a contribuição apresentada pelo presente trabalho retrata apenas o que ocorre na estação meteorológica de Brasília, localizada na área planejada da capital federal – o Plano Piloto, e que a metodologia empregada poderia ser aplicada sobre dados

de estações meteorológicas localizadas em outras Regiões Administrativas do DF, a fim de melhor retratar o conjunto regional.

Referências

BENISTON, M.; STEPHENSON, D. B. Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. **Global and planetary change**, n. 44, p. 1-9, 2004.

BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas**: estudo de caso na cidade de Santa Maria/DF. Brasília. Monografia de Graduação (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, 2016.

Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices. Climate Change. Disponível em: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml Acesso em: 12 de abril 2020.

Franca, R. R. da. **Eventos pluviais extremos na Amazônia Meridional**: riscos e impactos em Rondônia. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

GAN, M.; RODRIGUES, L. R.; RAO, V. B. Monção na América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. da. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 297-316, 2009.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. DE. A. Eventos pluviais extremos em Curitiba (Paraná): entre antigos problemas e novos desafios In: PEREZ FILHO, A., AMORIM, R. R. (ORG.). **Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. 1ª ed. Campinas, Instituto de Geociências - UNICAMP, vol. 1, p. 1919-1930, 2017.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. A. **Eventos e episódios pluviais extremos: a configuração de riscos hidrometeorológicos em Curitiba (Paraná - Brasil)**. IDEAS, v. 15, p. 1-17, 2020.

Intergovernmental Panel On Climate Change. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. **Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, 2012.

Intergovernmental Panel On Climate Change. Climate Change - The Physical Science Basis. **Summary for Policymakers - Technical Summary, Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, 2013.

MACHADO, J. P.; MACHADO, C. F. C., SCHIEWALDT, C. B. Eventos Extremos de Precipitação no Município de Bauru-SP: Possibilidade de Ocorrências de Desastres Naturais? **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 255-266, 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; YOUNG, A.; BARRETO, N. J. C.; RAMOS, A. M. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 20, p. n. 14307, 2020.

MENDONÇA, F. DE A. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica. **Revista da Anpege**, v. 7, n. 1, p. 111-118, 2011.

MODARRES, R.; DA SILVA, V. P. R. **Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran**. J. Arid Environmental, Amsterdã, v. 70, p. 344–355, 2007.

MONTEIRO, J. B. **Desastres Naturais no Estado do Ceará**: uma análise de episódios pluviométricos extremos. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **Geotextos (Online)**, v. 13, n. 2, p. 135-159, 2017.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. Eventos extremos no estado do Ceará, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos no mês de março de 2019. **Geotextos**, v. 15, p. 149-173, 2019.

OLIVEIRA SENA, J. P. DE.; BESERRA LUCENA, D.; MORAES NETO, J. M. Eventos pluviais intensos e seus impactos em Campina Grande-PB. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, p. 69-77, 2019.

PAZ, C. M. V.; SANCHES, F. de O. Ocorrência de eventos extremos de precipitação em Uberaba (1959-2015) e sua relação com as mudanças climáticas. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. 1ª ed. Campinas, Instituto de Geociências - UNICAMP, vol. 1, p. 2639-2642, 2017.

PAZ, C. M. V.; SANCHES, F.; FERREIRA, R. V. Chuvas em Uberaba/MG: um estudo sobre a ocorrência de eventos extremos. **Entre Lugar**, v. 10, p. 102-121, 2019.

ROCHA, M. A. da. **Paisagem urbana integrada às técnicas compensatórias de drenagem: solução para os alagamentos em Brasília**. Brasília, 2019. Dissertação (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2019.

SANCHES, F.; VERDUM, R.; FISCH, G.; GASS, S. L. B.; ROCHA, V. M. Extreme Rainfall Events in the Southwest of Rio Grande do Sul (Brazil) and Its Association with the Sandization Process. **American Journal of Climate Change**, v. 08, p. 441-453, 2019.

STEINKE, E. T.; BARROS, J. R. Tipos de tempo e desastres urbanos no Distrito Federal entre 2000 e 2015. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 08 n. 05 p. 1435-1453, 2015.

STEINKE, V. A.; PALHARES DE MELO, L. A. M.; STEINKE, E. T. Rainfall Variability in January in the Federal District of Brazil from 1981 to 2010. **Climate**, v. 5, 2017.

STEPHENSON, D. B. Definition, diagnosis and origin of extreme weather and climate events. In: DIAZ, H.F.; MURNANE, R. J (Org.). **Climate Extremes and Society**, Cambridge University Press, p. 11-23, 2008.

TABARI, H.; MAROFI, S.; AHMADI, M. Long-term variations of water quality parameters in the Maroon River, Iran. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 177, n. 1-4, p. 273–287, 2010.

TABARI, H.; MAROFI, S.; HOSSEINZADEH TALAEI, P.; MOHAMMADI, K. Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. **Agriculture and Forest Meteorology**, v. 151, p. 128–136, 2011.