

IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EPISÓDIOS DE CHUVA EXTREMA NO DISTRITO FEDERAL – PERÍODO 1990-2019

IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF EPISODES OF EXTREME RAIN IN THE FEDERAL DISTRICT – PERIOD 1990-2019

Alicia de Almeida Silva
Universidade de Brasília, Brasil
Estudante do Departamento de Geografia, Campus Darcy Ribeiro
aliciialmeida6@gmail.com

Rafael Rodrigues da Franca
Universidade de Brasília, Brasil
Professor do Departamento de Geografia, Campus Darcy Ribeiro
rrfranca@unb.br

Recebido em 01 de junho de 2021, Aceito em 31 de agosto de 2021.
<https://doi.org/10.26512/2236-56562021e40271>

Resumo

O objetivo deste artigo é analisar a ocorrência de episódios de chuvas extremas na série histórica de precipitação pluvial referente ao período 1990-2019 no Distrito Federal. Empregou-se o limiar de 0,1 mm/diário para identificação dos episódios de chuva, que foram classificados nas seguintes classes: 0,1 a 2,5 mm – chuvisco; 5 a 10,0 mm – chuva fraca; 10,0 a 15,0 mm – chuva moderada; 15,0 a 25,0 mm – chuva relativamente forte; 25,0 a 50,0 mm – chuva forte; 50,0 mm – chuva extrema. Também foi aplicada metodologia do Percentil 99 para identificação dos episódios de chuva mais extremos da série. Obteve-se o valor total de 3.988 casos de precipitação pluvial, tornando-se possível fazer a identificação de 27 casos de eventos pluviométricos extremos no DF. Desse total, registrou-se 10 casos na década de 1990, nos anos 2000 registrou-se 8 casos e a partir de 2010 houve 9 casos. Os dados e as informações geradas no presente artigo possibilitam o fornecimento de referências confiáveis para reflexão e ação dos órgãos governamentais, da sociedade civil e organizações autônomas acerca dos possíveis desastres causados por chuvas intensas no DF.

Palavras-chave: eventos extremos; classificação pluvial; dados pluviométricos; sistemas atmosféricos.

Abstract

The aim of this article is to analyze the occurrence of extreme rainfall episodes in the historical series of rainfall for the period 1990-2019 in the Federal District. The threshold of 0.1 mm/daily was used to identify rain episodes, which were classified into the following classes: 0.1 to 2.5 mm – drizzle; 5 to 10.0 mm – light rain; 10.0 to 15.0 mm – moderate rain; 15.0 to 25.0 mm – relatively heavy rain; 25.0 to 50.0 mm – heavy rain; 50.0 mm – extreme rain. The 99th Percentile methodology was also applied to identify the most extreme rain episodes in the series. The total value of 3,988 cases of rainfall was obtained, making it possible to identify 27 cases of extreme rainfall events in the DF. Of this total, 10 cases were recorded in the 1990s, in the 2000s there were 8 cases and from 2010 there were 9 cases. The data and information generated in this article make it possible to provide reliable references for reflection and action by government agencies, civil society and autonomous organizations about possible disasters caused by heavy rains in the DF.

Keywords: heavy rain; precipitation; Climatology; Brazil.

Introdução

Nos últimos anos, numerosas pesquisas estão sendo desenvolvidas no campo científico da Climatologia, gerando um importante referencial teórico acerca do comportamento da atmosfera no Brasil e no mundo, como destacam os estudos produzidos por diversos autores (SAMPAIO E DIAS, 2014; e SAREWITZ, 2000). Com isso, alguns métodos também são aprimorados a fim de melhorar e qualificar cada vez mais as avaliações e as análises sobre os fenômenos acerca dos climas na Terra, que vão desde metodologias que buscam a padronização desses eventos, produzindo probabilidades e estimativas para os eventos futuros, até metodologias que buscam a minimização dos erros associados aos dados disponíveis e obtidos.

A definição do conceito de eventos climáticos extremos não é única e varia de acordo com os métodos e os índices climáticos aplicados para sua definição, onde o (a) pesquisador (a) buscará usá-los da melhor forma para corresponder ao(s) objetivo(s) do seu estudo. De acordo com Beniston e Stephenson (2004), geralmente, um evento é considerado extremo quando:

- a) sua ocorrência (frequência) é rara;
- b) sua intensidade ultrapassa os índices anteriores a ele;
- c) seus impactos geram custos e danos ao meio ambiente e a economia.

Outro importante estudo sobre a definição e a origem dos eventos climáticos extremos, também concebida por Stephenson (2008), que de forma clara e concisa os define e os diferencia entre: *severe events* (eventos severos), *rare events* (eventos raros), *extreme events* (eventos extremos) e *high-impac events* (eventos de alto-impacto).

Stephenson (2008) ainda atribui aspectos importantes e que norteiam as análises de classificação desses eventos, tais como: a taxa de ocorrência, a magnitude (intensidade), a duração temporal, a escala espacial e as dependências multivariadas, que consiste na ideia de que uma variável dependente é explicada por outras variáveis independentes.

Para Marengo *et al.* (2007) os eventos extremos são definidos como anomalias em relação à climatologia, variando suas escalas de acontecimentos de acordo com o tempo (horas, dias, estações do ano) e o espaço (local) onde ocorrem. Ainda destaca que:

Alguns modelos climáticos e estudos de projeções de clima para o futuro apontam maiores frequências e intensidades de eventos extremos de curta duração (as chuvas intensas, as ondas de calor e frio, períodos secos), temporais e furacões, em cenários de aquecimento global (MARENGO *et al.*, 2007, p. 9).

Stephenson (2008) utiliza-se da seguinte definição para eventos extremos:

São eventos que apresentam valores extremos em relação ao comportamento normal de determinadas variáveis meteorológicas. Os prejuízos são frequentemente causados a partir da ocorrência de extremos de chuva (cheias e inundações), vento (furacões), temperatura (ondas de calor e frio), etc. Tais eventos geralmente são raros (STEPHENSON, 2008, p. 12).

Segundo o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), entre os anos de 1880-2012 houve um aumento de 0,85 °C na temperatura do globo terrestre e seus oceanos, onde 95% desse aumento pode ter sido causado pela ação antrópica. O IPCC estima que, entre 2081 a 2100, em um cenário otimista a temperatura irá aumentar até 2 °C e para um cenário pessimista de até 4,8 °C (BERLATO E CORDEIRO, 2017).

Mendonça (2006) expõe que:

Acredita-se que o principal responsável por essas alterações seja o ser humano, pois a atividade industrial mudou a base energética e intensificou o consumo de combustíveis fósseis; em princípio o carvão (fase inicial e mediana da era industrial) e posteriormente o petróleo (fase mediana e avançada da era industrial) (MENDONÇA, 2006, p. 74).

Assim, devido ao aquecimento global e as projeções criadas a partir dele, os eventos pluviométricos extremos estão se tornando cada vez mais frequentes e fortes. Mendonça (2006) destaca como consequência desse aquecimento, o aumento nos índices de precipitação, principalmente nas latitudes médias e altas.

Marrafon e Reboita (2020) em seu estudo sobre a precipitação na América do Sul entre 1979 a 2019, utilizando os Índices Climáticos do ETCCDI destacam que:

O principal resultado do estudo é que em grande parte do Brasil, na banda que se estende da Amazônia em direção à região sudeste do país, há tendência de redução do volume sazonal e anual da precipitação e da sequência de dias úmidos e aumento da sequência de dias secos; o que indica menor disponibilidade de água no ciclo hidrológico. Por outro lado, o percentil de 95% mostra que o volume de chuva considerada como evento extremo tem aumentado (MARRAFON e REBOITA, 2020, p. 663).

No decorrer das últimas décadas diversas pesquisas a respeito dos eventos pluviais extremos têm sido desenvolvidas. Os eventos pluviais extremos, tratados na lógica de um fenômeno físico, são geralmente raros e para identificá-los e classificá-los é importante que a análise seja abrangente, absorvendo o máximo de registros de dados das séries históricas de

precipitação. Um evento pluvial extremo constitui um episódio cujos registros pluviométricos ultrapassam os valores habituais (para valores superiores ou para valores inferiores) para aquela localidade (FARIAS, 2016; LIMA *et al*, 2018; SAREWITZ, 2000).

Conforme destacam Alves e Fialho (2011), um evento de chuva extrema é aquele que apresenta o seu total pluviométrico destoando dos valores normais a ele associados, seja esse total diário, mensal, anual ou sazonal, e comumente gera impactos nas áreas urbanas onde ocorreu. Destaca-se, também, que tais eventos pluviométricos extremos são os principais agentes causadores de desastres socioambientais quando ocorrem sobre sistemas sociais vulneráveis. Suas consequências mais imediatas são inundações, alagamentos e enchentes, que podem acarretar sérios danos e prejuízos às moradias mais precárias, perdas econômicas, além de mortes e disseminação de doenças.

O estudo de Kobiyama *et al* (2006) destaca que para a gestão dos riscos ambientais é de suma importância entender qual é a geomorfologia local, suas dinâmicas meteorológicas e hídricas, a vegetação e o solo para prevenir a população de possíveis novos casos associados às precipitações extremas.

Desse modo, o objetivo deste artigo é analisar a ocorrência de episódios de chuvas extremas na série histórica de precipitação pluvial referente ao período 1990-2019 no Distrito Federal.

Procedimentos metodológicos

Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa é o Distrito Federal (DF), que emerge a partir de um grande e complexo movimento de política desenvolvimentista industrial para o Brasil, gerando um processo intenso e rápido de urbanização em quase todo o país a partir dos anos 1960.

Costa e Steinke (2014) expõem que Brasília surge como a nova capital política e administrativa do Brasil para cumprir uma lógica geograficamente estratégica: potencializar economicamente o interior do país através do processo de modernização e urbanização, intensificado a partir de 1956 com o governo do ex-presidente Juscelino Kubistchek.

Em 1934, ocorre a promulgação da nova constituição brasileira e nela há no artigo 4º as orientações gerais de transferência da Capital Federal para o centro do Brasil, destacando a criação e nomeação pelo Presidente da república de uma comissão de estudos voltada para a indicação do melhor local para fundação da nova capital (MANIÇOBA e OLIVEIRA, 2014).

Mas somente em 1953 é autorizado pelo ex-presidente Getúlio Vargas a criação dessa comissão: Comissão de Localização da Nova Capital Federal (CLNCF). Em 1956, no governo

do JK, Lei nº2.874 é sancionada, criando a Companhia Urbanizadora da Nova Capital (NOVACAP) para efetivar as obras para construção da nova capital no Centro-Oeste do país.

Desta forma ocorre a imigração de milhares de pessoas para o interior do país como mão de obra para a construção civil. Paviani (2007) apresenta a população do DF entre 1957, 1959 e 1960 a partir dos Censos do IBGE disponíveis:

- Ano de 1957: 12.700 pessoas;
- Ano de 1959: 64.314 pessoas;
- Ano de 1960 (ano da inauguração): 141.742 pessoas.

Vale destacar que o urbanista Lucio Costa estimou para ocupação do Plano Piloto uma população de aproximadamente 500 a 700 mil habitantes, mas conforme destacado acima, só no ano de inauguração da capital já havia 141.742 habitantes na região e que estavam alocados em apenas 4 centros urbanos: Plano Piloto, Planaltina, Brazlândia e Núcleo Bandeirante (PAVIANI, 2007).

Atualmente o Distrito Federal possui 31 regiões administrativas com uma população de 2.881.854 habitantes, de acordo com a última PDAD 2018 (Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios), valor este expressivamente superior ao pensado pelo Lucio Costa na fundação da cidade. Conforme destacou o IBGE, o DF no ano de 2020 alcançou o valor de 3 milhões de habitantes, sendo considerada o terceiro município mais populoso do país, atrás apenas de São Paulo com 12,3 milhões de habitantes e do Rio de Janeiro com 6,75 milhões de habitantes (IBGE, 2020).

Localizada na zona climática intertropical, com superávit energético, o Centro-Oeste do Brasil apresenta duas estações pluviométricas bem definidas: a estação do período chuvoso (verão) e a estação do período seco (inverno).

O principal sistema de circulação atmosférica atuante para as chuvas na América do Sul e conseqüentemente no Distrito Federal, denomina-se Sistema de Monção da América do Sul (SMAS). Origina-se a partir do aquecimento diferencial do continente e do oceano devido as suas propriedades termodinâmicas, proporcionando o escoamento de umidade da Amazônia em direção ao centro-sul do país, gerando o processo de precipitação nas regiões, sendo responsável pela sazonalidade das chuvas no Norte, Centro-Oeste e Sudeste do país (GAN *et al*, 2016).

Outras dinâmicas atmosféricas interferem na atuação da SMAS na região central do Brasil, tanto em nível de superfície quanto em nível troposférico, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Alta da Bolívia (AB). Estudos produzidos entre outros autores também investigam esse tema (LIMA, 2015; GAN, 2016; MARRAFON e REBOITA, 2020).

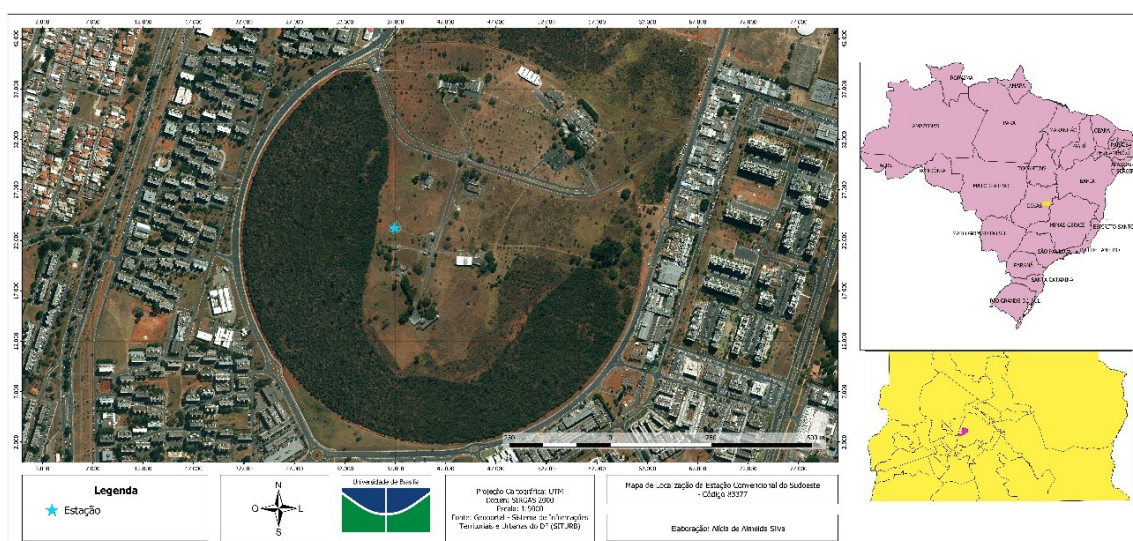
Dessa forma, a região do DF possui uma média anual pluviométrica de 1.540,6 mm, concentrada entre os meses de novembro a março, 72,8 % do total (1.122,6 mm), e entre maio a setembro de apenas 8,2 % do total (127,5 mm), segundo às Normais Climatológicas 1961-1990 do INMET.

Dados

Desde 2011, o INMET disponibiliza, gratuitamente, via internet (<https://portal.inmet.gov.br/>), um banco de dados em formato digital de registros diários e horários de parâmetros climáticos como a precipitação, as temperaturas máximas e mínimas, a umidade, entre outros, de inúmeras estações meteorológicas (automáticas e convencionais) em todo o Brasil.

A estação meteorológica convencional (código 83377) selecionada para o artigo localiza-se na Região Administrativa do Sudoeste e Octogonal – RA XXII, dentro da poligonal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Figura 01).

Figura 01: Mapa de Localização da Estação Convencional do Sudoeste – Código 83377.



Elaboração: dos autores.

O processo de tabulação e organização dos dados pluviométricos diários e a sua análise estatística descritiva foram realizados com o software Office Excel 2016. Para a primeira etapa utilizou-se o critério de considerar apenas os registros pluviométricos acima de 0,1 mm/diário, de acordo com a classificação do INMET, que são:

- 0,1 a 2,5 mm – chuvisco;

- 2,5 a 10,0 mm – chuva fraca;
- 10,0 a 15,0 mm – chuva moderada;
- 15,0 a 25,0 mm – chuva relativamente forte;
- 25,0 a 50,0 mm – chuva forte;
- 50,0 mm – chuva extrema.

Adicionalmente, utilizou-se da metodologia indicada pela *Expert Team of Climate Change Detection Indices* (ETCCDI), por meio da aplicação do Percentil 99, para identificar os episódios pluviométricos mais extremos na série histórica (SANCHES *et al*, 2019). Nesse sentido, acrescentou-se as classes de 50,0 a 100,0 mm e de 100,0 a 150,0 mm.

A média aritmética indica o centro do conjunto de dados, sendo considerada uma posição central dos dados. A partir da média, é possível calcular o desvio padrão dos dados, mostrando a variação entre os dados obtidos em torno da média (BARBETTA, 2007).

O quartil, decil e percentil são medidas separatrizes dentro da estatística, e dividem os dados em partes iguais (GUEDES, 2002). O quartil divide os dados em 4 partes iguais, ou seja, 25% para cada parte dos dados. O decil divide em 10 partes iguais, cada parte contendo 10% dos dados e o percentil divide a série de dados em 100 partes iguais, cada uma com 1% dos dados. Fez-se o uso das medidas estatísticas do quartil e do percentil para definição de qual valor será associado a um caso de precipitação extrema.

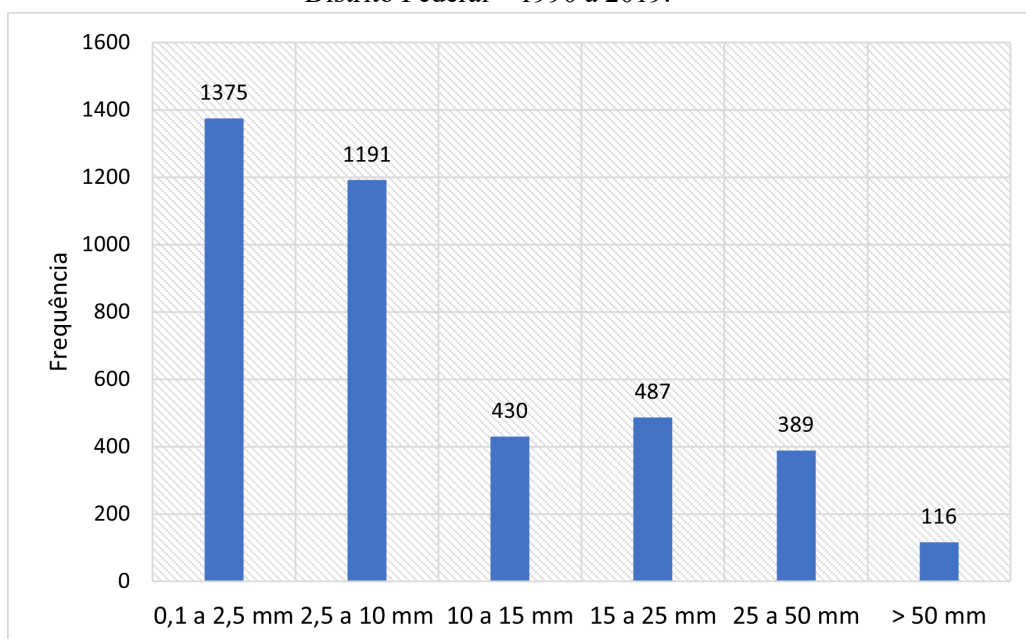
Assim, aplicando-se os critérios necessários, foi possível identificar, selecionar e classificar os episódios de chuvas extremas no Distrito Federal no período 1990-2019, além de confeccionar gráficos e tabelas acerca da distribuição e da frequência dos registros e usar reportagens para apresentar alguns dos estorvos gerados às populações devido as essas chuvas.

Resultados e discussão

No total foram identificados 21.740 dados de precipitação pluviométrica diária entre os anos de 1990 a 2019.

Na primeira etapa de tabulação dos dados usou-se a classificação do INMET e obteve-se um total de 3.988 dados, organizados em tabelas e gráficos no Excel. Organizou-se as tabelas de ano em ano, por classes (0,1 a 2,5 mm – 2,5 a 10,0 mm – 10,0 a 15,0 mm – 15,0 a 25,0 mm – 25,0 a 50,0 mm – > 50 mm), por meses (janeiro a dezembro) e a frequência de cada um dos registros.

Figura 02: Gráfico da frequência de precipitação em classes, de acordo com o INMET, no Distrito Federal – 1990 a 2019.

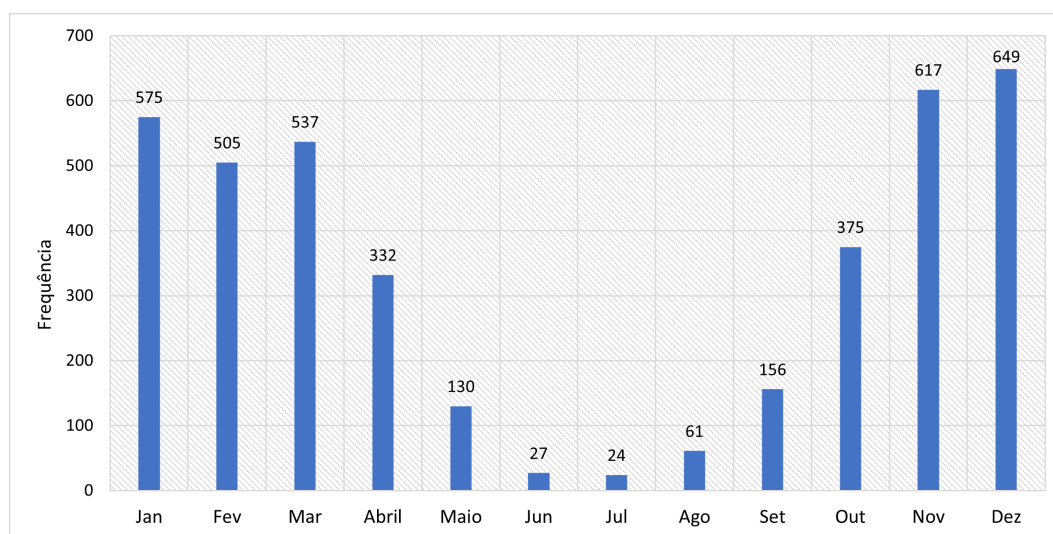


Elaboração: dos autores.

Na Figura 02, nota-se que a maior parte dos registros se concentra entre a primeira classe – chuvisco (34%) – e a segunda classe – chuva fraca (30%) – que somados resultam em 2.566 dados tabulados (64%). A classe de 10 a 15 mm concentra 11% dos dados, a classe de 15 a 25 mm um valor de 12%.

As últimas duas classes concentram, respectivamente, 10% e 3% dos dados. Percebe-se, assim, uma diminuição da frequência dos casos conforme os valores das classes aumentam, ou seja, a última classe – chuva extrema – contém o menor número de ocorrências. Torna-se importante destacar que, no meio urbano, quando há registros de precipitação dentro dessas classes, casos de alagamentos e enxurradas podem acontecer.

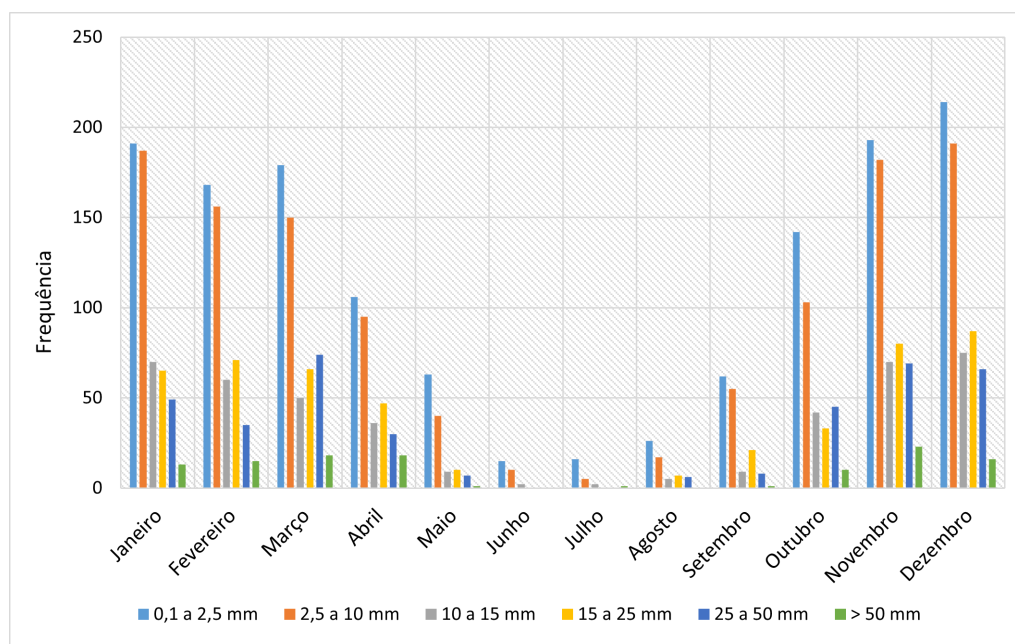
Figura 03: Gráfico da frequência de precipitação em meses no Distrito Federal – 1990 a 2019.



Elaboração: dos autores.

A Figura 03 mostra a maior aglomeração dos dados de precipitação entre os meses de novembro e março (72%), demonstrando que os anos de 1990 a 2019 correspondem, de forma geral, aos índices de precipitação acumulada da última Normal Climatológica (1981 – 2010).

Figura 04: Gráfico da frequência de precipitação em classes e meses no Distrito Federal – 1990 a 2019.



Elaboração: dos autores.

Na Figura 04, constatou-se que há predominância dos registros de precipitação entre as classes de 0,1 a 2,5 mm e 2,5 a 10 mm, nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e

março. Período esse que corresponde ao verão no Centro-Oeste do Brasil, quando as chuvas são esperadas.

No período de inverno (maio a agosto) observou-se que há baixa predominância de registros de chuvas fortes e extremas, mas nota-se que há um aumento da frequência desses casos a partir do mês de setembro e outubro, indicando o início da estação chuvosa.

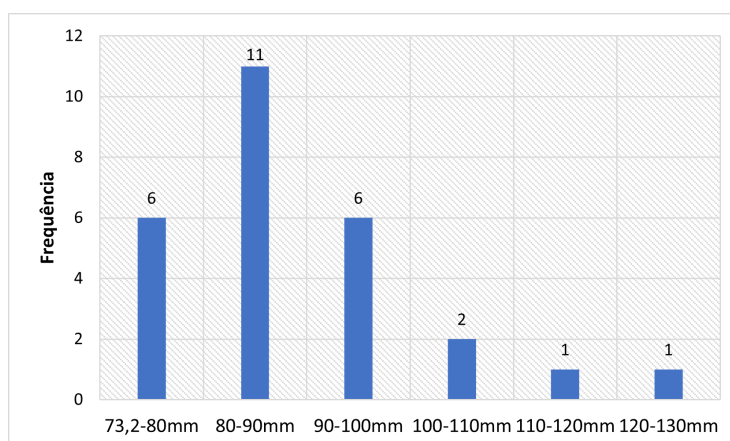
Aplicou-se o tratamento estatístico-descritivo à série histórica e o método indicado pela ETCCDI, a partir do limiar de 1 mm/diário, a fim de definir e localizar os casos de chuva extrema no Distrito Federal, e assim, obteve-se o valor total de 3.225 casos de precipitação pluvial.

Desta forma, expõe-se os seguintes resultados:

- Média: 13,5 mm;
- Desvio padrão: 15,1 mm;
- 1º quartil: 3,2 mm;
- 2º quartil: 8,1 mm;
- 3º quartil: 18 mm;
- 4º quartil: 131 mm;
- Percentil 99: 73,2 mm.

Obteve-se a partir do método do Percentil 99 o valor de 73,2 mm/diário, limiar utilizado para identificar os 27 casos de eventos pluviométricos extremos no DF. Desse total, a maior frequência de precipitação (41%) localiza-se entre as classes dos valores de 80 a 90 mm/diários, totalizando 11 dos 27 registros (Figura 05):

Figura 05: Gráfico da frequência das chuvas extremas em classes no Distrito Federal – 1990 a 2019.



Elaboração: dos autores.

Duas classes tiveram a mesma concentração dos dados registrados, 22% cada uma (73,2 a 80 mm e 90 a 100 mm). As outras três classes (100 a 110 mm, 110 a 120 mm e 120 a 130

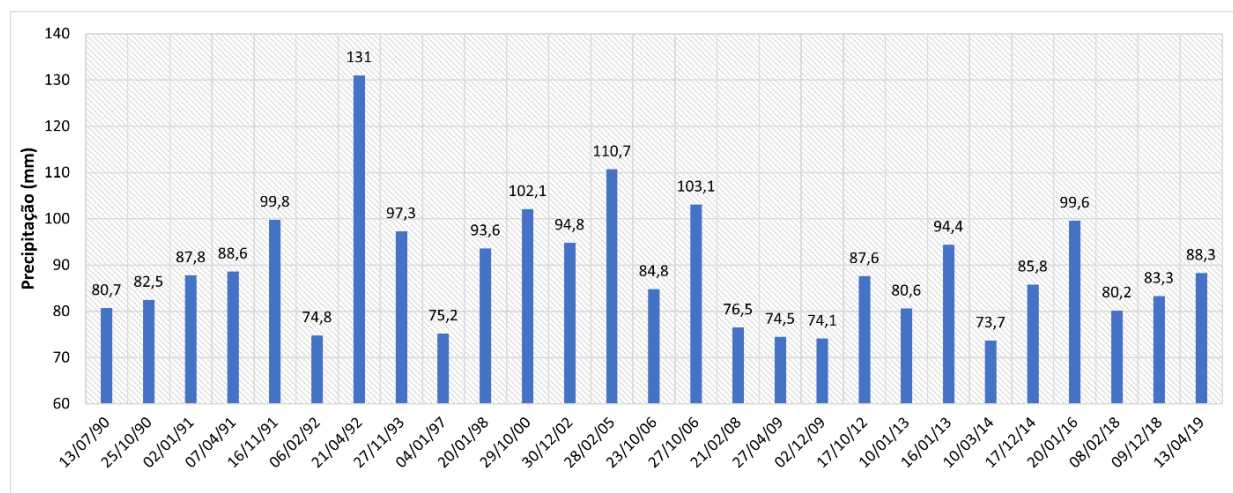
mm) concentraram, respectivamente, as seguintes porcentagens: 7%, 4% e 4% dos casos de precipitação.

Tem-se exposto na figura 06 todas as 27 ocorrências identificadas como chuva extrema, organizadas por anos, em forma crescente. Registraram-se 10 casos no decênio 1990-1999, no decênio 2000-2009 registraram-se 8 casos e a partir de 2010 houve 9 casos.

Através da técnica dos quantis (percentis e quartis) identificaram-se os valores mínimos e máximos da série história (1990 a 2019). O 1º quartil permitiu a identificação do menor valor de precipitação (3,2 mm) do conjunto de dados e o 4ª quartil o maior valor (131 mm) desse mesmo conjunto.

O maior valor registrado foi de 131 mm, no mês de abril no ano de 1992. Silva *et al* (2020) em seu artigo sobre o comportamento climatológico do DF entre 1979 a 2009, usando o método do cálculo do coeficiente de variação anual da pluviosidade (CVA), destacam que o ano de 1992 foi classificado como um ano chuvoso, com um índice pluviométrico médio de 1896,6 mm.

Figura 06: Gráfico da distribuição das chuvas extremas no Distrito Federal – 1990 a 2019.



Elaboração: dos autores.

É importante destacar também que vários fatores interferem nas precipitações no mundo e no Brasil. No caso do Brasil, a sua posição latitudinal, a presença de sistemas atmosféricos específicos, o seu tamanho continental e a extensa costa marítima para o Oceano Atlântico são os principais agentes.

O Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) é o principal fator para as ocorrências de chuvas extremas no interior do país, se desenvolvendo nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. O sistema é nutrido pela umidade proveniente do Oceano Atlântico e conduzida através dos ventos alísios até a Amazônia, sendo ali reciclada.

Além do SMAS, o interior do país conta com a atuação da massa Equatorial Continental (mEc), proporcionando umidade para a região central do Brasil. Para as regiões Sudeste e Sul, a Frente Polar Atlântica (FPA) é a principal agente na produção de chuvas (FRANCA, 2015).

Quando ocorrem em áreas urbanas vulneráveis, os episódios de chuvas extremas afetam a dinâmica socioespacial, enquadrando-se dentro da categoria de desastre meteorológico, associadas às tempestades (locais/convectivas), podendo gerar riscos às populações das regiões, como as inundações, as enxurradas e os alagamentos (COBRADE, 2014).

No Distrito Federal, entre 2012 a 2015, os registros de desastres naturais variou entre 4.000 e 6.000 casos, sendo 238 deles associados a esgotamentos. Define-se, de acordo com o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) como esgotamentos as inundações ou alagamentos, associadas a eventos pluviométricos extremos gerando demanda para a drenagem de áreas ou edificações (BRANDÃO, 2016, p. 17), como ocorreu no dia 20 de janeiro de 2016 em várias áreas do DF, onde registrou-se 99,6 mm/diário de precipitação.

Na data de 20 de janeiro de 2016, conforme destaca a reportagem do G1, na Vila Cauhy (região administrativa do Núcleo Bandeirante), às margens do Córrego Riacho Fundo, mais de 300 pessoas ficaram impedidas de permanecer em seus imóveis devido à chuva extrema, que, somada ao fato de não haver um sistema de drenagem urbana na vila, gerou fortes alagamentos.

Figura 07: Rua da Vila Cauhy ficou inundada após chuva extrema e transbordamento do Córrego Riacho Fundo, no dia 20/01/2016



Fonte: G1 – Globo.

Os impactos ocasionados pelas chuvas extremas podem gerar transtornos quando acontecem em áreas de vulnerabilidade, como também podem gerar impactos positivos para os

reservatórios de água das cidades. Conforme destacou-se na reportagem feita pelo Correio Braziliense (CB) no dia 08 de fevereiro de 2018, o Lago Paranoá teve suas comportas abertas para liberar o excesso de água produzido um dia após a forte chuva na região.

Em outra reportagem feita também pelo Correio Braziliense sobre as precipitações no DF no mês de fevereiro:

Fevereiro mal completou uma semana e o volume de chuvas acumulado, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), ultrapassou os 80% do previsto para o mês inteiro. Com o temporal de quarta-feira à tarde (7/2), a estação meteorológica do Sudoeste registrou mais de 180 milímetros, o equivalente a 82,75% dos 217,5mm esperados para os 28 dias deste mês (CORREIRO BRAZILIENSE, 2018).

Ressalta-se que no ano de 2017 houve um racionamento de água para todo o Distrito Federal devido aos baixos índices de volume de água nos principais reservatórios que abastecem a região: Descoberto e Santa Maria e que só teve fim em junho de 2018.

Já em uma reportagem feita pelo jornal Metrôpoles no 09 de dezembro de 2018, destacou-se problemas como alguns pontos de alagamento na Feira dos Importados e no Aeroporto JK onde dois aviões tiveram que arremeter devido a forte chuva no momento.

Figura 08: Estacionamento da Feira dos Importados alagado após forte chuva no dia 09/12/2018, o volume de água atingiu acima dos pneus dos carros.



Fonte: Jornal Metrôpoles.

Figura 09: Corredores e lojas da Feira dos Importados alagadas após forte chuva no dia 09/12/2018, gerando dificuldade para os consumidores.



Fonte: Jornal Metrôpoles.

No dia 13 de abril de 2019 várias áreas do DF foram atingidas pela chuva extrema (88,3 mm/diário). De acordo com uma reportagem do jornal Correio Braziliense sobre o ocorrido, as regiões administrativas de Arniqueiras, Plano Piloto e Sudoeste sofreram com esse evento. Em Arniqueira, o asfalto acabou cedendo pela forte enxurrada. No Plano Piloto, próximo ao Estádio Nacional Mané Garrincha, a água causou danos aos veículos que estavam ali. No Sudoeste, a água invadiu alguns prédios na Quadra 303.

Figura 08: Asfalto arrancado do solo devido à forte enxurrada no dia 13/04/2019, na cidade de Arniqueira, no Distrito Federal.



Fonte: Correio Braziliense.

A região administrativa de Arniqueira possui uma dinâmica hídrica muito complexa. Devido ao seu processo de ocupação ter sido feito de forma irregular desde a década de 1960, atualmente a população da área enfrenta graves problemas relacionados ao escoamento superficial e a drenagem urbana, como elucida a figura 08.

Costa *et al* (2017) evidenciam em sua pesquisa sobre o sistema de drenagem de Arniqueira o seguinte:

É possível afirmar que os resultados validam a hipótese de transformação no deflúvio causada pela intensa urbanização da área. Além disso, os resultados confirmam as consequências do uso dos sistemas tradicionais de drenagem pluvial sem quaisquer técnicas compensatórias. Os sistemas tradicionais geram os maiores escoamentos superficiais, o que evidencia a importância das técnicas compensatórias para amortecer o deflúvio superficial (COSTA *et al*, 2017, p. 06).

Considerações Finais

A partir da obtenção, da tabulação e da análise dos dados pluviométricos, elaborou-se a composição de um banco de dados associados às chuvas dos últimos trinta anos, de 1990 a 2019, além da identificação de eventos climáticos associados às chuvas extremas no Distrito Federal, que ocorrem ao menos uma vez a cada dois anos.

O fato do Centro-Oeste estar condicionado principalmente à atuação do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS), responsável pela organização da estação chuvosa no verão, como destaca Zhou e Lau (1998), a partir dos processos de: 1) transporte de umidade em baixos níveis proveniente da Amazônia; 2) redução da pressão sobre a região do Baixo do Chaco; 3) influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul sobre o escoamento continental; e 4) configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), evidencia como compreender a dinâmica atmosférica responsável pelas chuvas extremas é um exercício complexo.

Tais fenômenos resultam da conjugação de fatores de diferentes escalas e apresentam riscos variados conforme a vulnerabilidade do sistema social onde ocorrem. Dessa maneira, os dados e as informações geradas no presente artigo possibilitam o fornecimento de referências confiáveis para reflexão e ação dos órgãos governamentais, da sociedade civil e organizações autônomas acerca dos possíveis desastres naturais causados por chuvas intensas no DF ou por seus déficits.

Ressalta-se o valor de que os responsáveis, principalmente pela gestão pública, considerem as questões envolvendo os eventos climáticos extremos em seus planos e análises,

já que os variados climas presentes no Brasil são fatores que afetam a cidade que foi alagada, a manutenção dos corpos hídricos e a economia de exportação.

Salienta-se também que a análise e compreensão do comportamento climatológico está estreitamente ligada com a dinâmica hídrica do país. Sabe-se que recentemente o Distrito Federal enfrentou problemas de abastecimento de água associados a uma crise hídrica, no ano de 2018 e foi vinculado a este acontecimento uma possível redução do volume das chuvas na região. Nesse sentido, o estudo produzido por Silva *et al* (2019) demonstrou que não houve tendências estatísticas significativas para fazer tal afirmação.

Destaca-se também a importância de ter um sistema integrado de monitoramento e observação sobre os fenômenos atmosféricos, vinculados a um outro sistema de prevenção a desastres naturais em centros urbanos, por meio da atuação dos órgãos governamentais. Esses sistemas que podem ser capazes de fornecer para as cidades informações acerca do que é um desastre natural, quais seus tipos, como e quando eles podem ocorrer, quais medidas são mais aconselhadas de serem tomadas, dependendo do tipo de desastre, além da relevância de se explicar o que são as áreas de risco, e como elas estão estreitamente associadas aos casos de desastres naturais, seja no Distrito Federal ou em outros estados do país.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. **Hidroweb – Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: setembro de 2020.
- BRASIL. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – CEPED. **Atlas Brasileira de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>. Acesso em: setembro de 2020.
- BRASIL. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – CEPED. **Série Histórica**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>. Acesso em: setembro de 2020.
- BRASIL. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres** – COBRADE, 2014. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/COBRADE>. Acesso em: setembro de 2020.
- BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Dados Meteorológicos**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: setembro de 2020.
- BRASIL. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios** – PDAD 2018. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/pdad-2018/>. Acesso em: junho de 2021.
- ALVES, R. S.; FIALHO, E. S. **Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2003**. Revista de Geografia (UFPE), V. 28, nº3, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228959/23368>. Acesso em: abril de 2020.
- ASSIS, J. M. O. de; SOUZA, W. M. de.; SOBRAL, M. C. M.; MELO, G. L. de.; IRMÃO, R. A. **Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como indicador para análise da variabilidade climática na**

bacia hidrográfica do Rio Pajeú-PE. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=1614>. Acesso em: março de 2021.

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais.** Editora UFSC, 7ª Ed. Série Didática, 2007.

BENISTON, M. STEPHENSON, D. B. **Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions.** Global and planetary change, nº. 44, p. 1-9, 2004. Acesso em: outubro de 2020.

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. **Sinais de mudanças climáticas globais e regionais, projeções para o século XXI e as tendências observadas no Rio Grande do Sul: uma revisão.** Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, v. 25, nº 2 – Embrapa, 2017. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/25884>. Acesso em: abril de 2021.

BRANDÃO, A. **Texto para discussão: Brasília Resiliente.** Nº 21, outubro de 2016. Disponível em: http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/TD_21_Bras%C3%ADlia_Resiliente.pdf. Acesso em: março de 2021.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres – Volume I – Desastres Naturais.** Ministério da Integração Nacional. Brasília, 2003. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-41340/manual-de-desastres--desastres-naturais>. Acesso em: outubro de 2020.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil – Estudos de Riscos e Medicina de Desastres.** Revista e Ampliada, 2ª Ed., 1998. Ministério do Planejamento e Orçamento, Departamento de Defesa Civil. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf>. Acesso em: novembro de 2020.

CORREIO BRAZILIENSE. **Defesa Civil emite alerta para chuvas fortes neste fim de semana no DF. 12/04/2019.** Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2019/04/12/interna_cidadesdf,749266/defesa-civil-emite-alerta-para-chuva-forte-no-fim-de-semana.shtml. Acesso em: abril de 2021.

CORREIO BRAZILIENSE. **Em apenas sete dias, chove mais de 80% do previsto para fevereiro.** Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/02/08/interna_cidadesdf,658584/em-apenas-sete-dias-chove-mais-de-80-do-previsto-para-fevereiro.shtml. Acesso em: junho de 2021.

CORREIO BRAZILIENSE. **Lago Paranoá enche e comportas são abertas para liberar excesso de água.** Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/02/08/interna_cidadesdf,658642/lago-paranoa-enche-e-comportas-sao-abertas-para-liberar-excesso-de-agu.shtml. Acesso em: junho de 2021.

COSTA, E. B.; STEINKE, V. A. **Brasília meta-síntese do poder no controle e articulação do território nacional.** Vol. 18, 2014. XIII Coloquio Internacional de Geocrítica. Disponível em: <https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/15033>. Acesso em: junho de 2021.

COSTA, M. E. L.; KOIDE, S.; PONCIANO, J. L. C. **Simulação hidrológica do sistema de drenagem urbana do Setor Habitacional Arniqueira-Brasília-DF.** XII Encontro Nacional de Águas Urbanas - Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication>. Acesso em: junho de 2021.

EM-DAT. **The International Disaster Database.** Center for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED. Disponível em: <https://www.emdat.be/>. Acesso em: outubro de 2020.

FARIAS, R. F. L. **Climatologia de ocorrência de eventos extremos pluviais no município de Jaboatão dos Guararapes/PE e a repercussão dos transtornos provocados na sociedade.** Dissertação de Mestrado (Geografia). UFPE - Universidade federal de Pernambuco, 2016. Acesso em: abril de 2021.

FRANCA, R. R. **Eventos Pluviais Extremos na Amazônia Meridional: Riscos e Impactos em Rondônia**. Tese de Doutorado (Geografia). UFPR - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FREITAS, T. P. F. **O clima urbano das cidades e suas interações com a Arquitetura e a Geografia**. V. 9, nº 3, p. 262-272. set./dez. 2018. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://www.observatorium.ig.ufu.br/>. Acesso em: abril de 2020.

GAN, M. A.; SANTOS, L. F.; LIMA, J. R. A.; AFONSO, J. M. S.; SILVA, A. B. **Monção da América do Sul**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), São José dos Campos – SP, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324162408_Moncao_da_America_do_Sul. Acesso em: março de 2021.

GUEDES, T. A. **Projeto de Ensino: Aprender Fazendo Estatística – Estatística Descritiva**. Disponível em: http://www.each.usp.br/rvicente/Guedes_etal_Estatistica_Descritiva.pdf. Acesso em: outubro de 2020.

G1 DF. **Córrego transborda e deixa 300 desalojados na Vila Cauhy, no DF**. Disponível em: <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/01/corrego-transborda-e-deixa-20-familias-desabrigadas-na-vila-cauhy-no-df.html>. Acesso em: abril de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE divulga estimativa da população dos municípios para 2020**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28668-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipios-para-2020>. Acesso em: junho de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA: Clima – **Gráficos Climatológicos, Distrito Federal, BRASILIA (83377)**. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>. Acesso em: maio de 2020.

JUNGLES, A. E.; DALMAU, M. B. L. **Capacitação Básica em Defesa Civil – Capacitação Básica em Proteção e Defesa Civil**. 5ª Edição, revisado, ampliado e atualizado. CEPED UFSC, Florianópolis, 2014. Disponível em: https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/Livro_DefesaCivil_5ed-Diagramado-Completo-online.pdf. Acesso em: dezembro de 2020.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, V. E.; GONÇALVES, F. E.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de Desastres Naturais – Conceitos Básicos**. Organic Trading, Curitiba – PR. 1ª Edição. 2006. Acesso em: outubro de 2020.

LIMA, M. J. S.; CAVALCANTE, I. B. S.; MENDONÇA, H. S.; NETO, P. F. S.; SILVA, S. D. **Classificação, quantificação e ocorrência de eventos climáticos extremos nas três mesorregiões do estado de Alagoas, Brasil**. Revista Ciência e Sustentabilidade (CeS), V. 4, nº 2, p.151-172, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/cienciasustentabilidade/article/view/319/304>. Acesso em: abril de 2020.

LIMA, J. R. A. **Variabilidade Interanual da Circulação de Monção da América do Sul**. Dissertação de Mestrado. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2015. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/09.28.21.47/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: março de 2021.

LIMA, J. S. Q.; SANTOS, J. O.; ZANELLA, M. E. **Impactos das chuvas na cidade de Fortaleza no triênio 2013, 2014 e 2015**. Territorium, nº 25 (I), 2018. 5-22. Revista Internacional de Riscos (Naturais e Antrópicos), Prevenção e Segurança – Universidade de Coimbra. Disponível em: https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/numeros_publicados. Acesso em: maio de 2020.

- MANIÇOBA, R. S.; OLIVEIRA, D. V. **Processo de formação e expansão urbana do Distrito Federal**. V. 11, n. 2. Universitas Humana – CEUB Educação Superior, 2014. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/universitashumanas/article/view/2938/2725>. Acesso em: dezembro de 2020.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C.; ROCHA, R. P.; LABORBE, R. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório nº 5**. In: Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: http://www.grec.iag.usp.br/link_grec_old/outros/ambrizzi/relatorio5.pdf. Acesso em: dezembro de 2020.
- MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais: conceitos básicos**. INPE – CRS. São José dos Campos, 2008. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: setembro de 2020.
- MARRAFON, V. H.; REBOITA, M. S. **Caracterização da precipitação na América do Sul reveladas através de índices climáticos**. V. 26 – JAN./JUN, 2020. Revista Brasileira de Climatologia, Ano 16. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/72181/40775>. Acesso em: abril de 2020.
- MELO, V. S.; BEZERRA, V. R.; LIMA, L. M. **Classificação precipitação da microrregião de Carolé do Rocha no estado da Paraíba usando índice de anomalias de chuva (IAC)**. V. 6: Congestas 2018, Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2018/trabalhos/pdf/congestas2018-et-11-005.pdf>. Acesso em: maio de 2020.
- MENDONÇA, F. **Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia - nº 2, p. 71-86. Dezembro de 2006. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25388>. Acesso em: maio de 2020.
- MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. Editora Oficina de Textos, 2009.
- MIRANDA, H.; GOMES-JÚNIOR, E. **Urbanização Reflexa: a emergência de arranjos urbanos intermediários no Brasil pós-1990**. Vol. 43. Nº 130. Setembro de 2017. Pp. 207-234. Artículos, EURE. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v43n130/0250-7161-eure-43-130-0207.pdf>. Acesso em: setembro de 2020.
- Metrópoles. **Feira dos Importados fica alagada durante temporal**. Disponível em: <https://www.metrópoles.com/distrito-federal/feira-dos-importados-fica-alagada-durante-temporal-videos>. Acesso em: junho de 2021.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Edição. IBGE – Diretoria de Geociências – DCG. Rio de Janeiro, 1898.
- OLIVEIRA, D. V.; MANIÇOBA, R. S. **Processo de formação e expansão urbana do Distrito Federal**. Universitas Humanas, vol. 11, n. 2, 2014. Disponível em: <https://www.gti.uniceub.br/universitashumanas/index>. Acesso em: junho de 2021.
- PAVIANI, A. **Geografia Urbana no Distrito Federal: Evolução e tendências**. Repositório Institucional da UnB – Departamento de Geografia. Artigos publicados em periódicos. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/9572>. Acesso em: junho de 2021.
- RODRIGUES, R. S. S.; SILVA, M. N. A.; FERREIRA FILHO, D. F.; BEZERRA, P. E. S.; FIGUEIREDO, N. M.; **Análise dos efeitos de um evento extremo de chuva sobre o escoamento superficial de uma pequena bacia hidrográfica rural amazônica**. Vol. 26 -JAN/JUN, 2020. Revista Brasileira de Climatologia, Ano 16 – Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65246/40479>. Acesso em: abril de 2021.

SAMPAIO, G.; DIAS, P. L. S. **Evolução dos modelos climáticos e de previsão de tempo e clima.** N°. 103, p. 41-54. Revista USP – São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99179/97655>. Acesso em: novembro de 2020.

SANCHES, F.; VERDUM, R.; FISCH, G.; GASS, S. L. B.; ROCHA, M. V. **Extreme Rainfall Events in the Southwest of Rio Grande do Sul (Brazil) and Its Association with the Sandization Process.** American Journal of Climate Change, 2019, 8, 441-453. Disponível em: https://www.scirp.org/pdf/AJCC_2019101116010577.pdf. Acesso em: novembro de 2020.

SAREWITZ, D. **Workshop: Extreme Events Developing a Research Agenda for the 21st Century.** Bolder, 2000.

SENA, J. P. O.; LUCENA, D. B.; RIBEIRO, G. N. **Eventos extremos de precipitação no sertão paraibano: Space-temporary variation.** V. 12, nº 4, p. 748-755, 2017. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável - Pombal, PB. Grupo Verde de Agroecologias e Abelhas. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/4938/4799>. Acesso em: março de 2021.

SILVA, A.A.; GATTO, F. D. M.; RIBEIRO, J. E. M.; MEDEIROS, L. F. P.; PINHEIRO, M. A. O.; FRANCA, R. R. **Comportamento Climatológico da Pluviosidade no Distrito Federal – Período 1979-2009.** Editora UFC, XVIII – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Livro Geografia Física e as Mudanças Globais, 18ª Edição, 2019. Disponível: <http://www.editora.ufc.br>. Acesso em: maio de 2021.

SILVA, F. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, Z. M. C. **Sistema de coleta de dados meteorológicos.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Secretária de Educação a Distância (SEDIS/UFRN), 2009.

STEINKE, E. T. **Climatologia Fácil.** Editora Oficina de Textos, 2012.

STEPHENSON, D. B. **Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events.** Climate Extremes and Society, ed. H. F. Diaz and R. J. Murnane. Cambridge University Press, 2008. Disponível em: <http://empslocal.ex.ac.uk/people/staff/dbs202/publications/2008/extremes.pdf>. Acesso em: dezembro de 2020.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir.** Instituto Geológico. Secretaria do Meio Ambiente – Governo do Estado de São Paulo. 1ª Edição, São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.sidec.sp.gov.br/defesacivil/media/OSDownloads/1438375861_DesastresNaturais.pdf. Acesso em: outubro de 2020.

ZHOU J.; LAU, M. 2001. **Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America,** J. Clim. 21: 1623-1644.