



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS DE CHUVAS  
EXTREMAS EM BRASÍLIA-DF: estudo de caso na área  
urbana da Bacia do Lago Paranoá**

**Ingrid Monteiro Peixoto de Souza**  
Dissertação de Mestrado

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS DE CHUVAS  
EXTREMAS EM BRASÍLIA-DF: estudo de caso na área  
urbana da Bacia do Lago Paranoá**

Ingrid Monteiro Peixoto Becker

Orientadora: Ruth Elias de Paula Laranja  
Coorientador: Rafael Rodrigues da Franca

Dissertação de Mestrado

Brasília-DF: 07 / 2020

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS DE CHUVAS EXTREMAS EM BRASÍLIA-DF:**  
estudo de caso na área urbana da Bacia do Lago Paranoá.

Ingrid Monteiro Peixoto Becker

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestra em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção Acadêmica.

Aprovado por:

---

Dra. Ruth Elias de Paula Laranja, POS-GEA/UnB (Orientadora)

---

Dr. Ercília Torres Steinke, POS-GEA/UnB (Examinador Interno)

---

Dr. Kleber Renato da Paixão Ataíde, INMET (Examinador Externo)

*Brasília-DF*, 02 de julho de 2020

MONTEIRO PEIXOTO BECKER, INGRID

Identificação de Eventos de Chuvas Extremas em Brasília-DF: estudo de caso na área urbana da Bacia do Lago Paranoá, --, 2020.

xx f.

Orientadora: Ruth Elias de Paula Laranja. Coorientador: Rafael Rodrigues da Franca. Dissertação (Mestrado - Pós Graduação em Geografia) -- Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Departamento de Pós-Graduação em Geografia, 2019.

1. Precipitação. 2. Distrito Federal. 3. Bacia do Lago Paranoá. 4. Chuva Extrema. 5. Modelo Numérico COSMO. I. Elias de Paula Laranja, Ruth. II. Rodrigues da Franca, Rafael. III. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dela.

---

Ingrid Monteiro Peixoto Becker  
Ingridpeixoto1@gmail.com

*A meu Filho, Arsenius Maximus Augustus Becker, minha fonte de inspiração e superação, a quem não canso de dizer o quanto o amo, e que sempre estará em primeiro lugar em minha vida.*

*“Confie no Senhor as tuas obras e teus desígnios serão estabelecidos” – Provérbios 16*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que na sua infinita misericórdia e benevolência me permitiu terminar esta dissertação. Ele sempre esteve ao meu lado, abençoando-me, guiando-me e iluminando cada passo meu. Obrigada por me dar a fé e a força necessária para lutar e enfrentar todos os obstáculos, sem nunca desistir. Agradeço ao Senhor por me abençoar com tantos presentes divinos, dando-me talvez além do que eu mereça. Obrigada, meu Pai, por tudo de bom que tenho e que sou. Agradeço também a Nossa Senhora, aos santos e anjos, que sempre estão olhando por mim e intercedendo a meu favor. Sem essa força divina, nenhuma conquista seria possível.

Agradeço a uma pessoa muito especial, que surgiu na minha vida como quem não quer nada, e com seu sorriso, amizade e companheirismo me conquista a cada dia. Carlos Becker (meu marido), com quem compartilhei tanto preocupações, aflições e muito trabalho. Obrigada por estar ao meu lado incansavelmente, por ser meu porto seguro, meu guia de luz e de sabedoria. Um super marido que toma conta de mim, faz comida alemã, incentivou-me pacientemente; que seguiu comigo neste sonho, ajudando-me e aconselhando-me incansavelmente, acreditando no meu potencial; ele foi bastante resistente aos meus “chororôs”. Obrigada simplesmente por estar ao meu lado. Te amo!

A meu filho, Maximus Becker, minha verdadeira fonte de energia; luz da minha vida. Mesmo tão pequenino, colaborou grandemente para a concentração da sua mamãe - não pediu “pituca”, não chorou, não acordou várias vezes à noite (como de costume), comportando-se como um príncipe. Esteve ao meu lado em todos os momentos, até mesmo no dia da qualificação, lá estava ele se deliciando na “pituca”, enquanto sua mamãe ouvia com atenção as considerações da banca. Era uma mão segurando meu pequenino, e a outra anotando o que os professores falavam.

Aos meus orientadores, Dra. Ruth Laranja e Dr. Rafael Franca. Vocês me deram o apoio acadêmico, orientação, e confiaram em mim e no meu potencial para chegar até aqui.

A uma querida amiga, Ananda Santa Rosa (Geógrafa), um anjo que Deus colocou na hora e no momento certo em minha vida, nos 45 minutos do segundo tempo. Um exemplo de ser humano, que acreditou, apoiou e ajudou desde o recomeço deste trabalho.

Ao Dr. Kleber Ataíde, que me ajudou e orientou neste árduo percurso acadêmico; que compartilhou importantes conhecimentos comigo e me ensinou muitas coisas, pronto para me ajudar sempre que necessário.

A meus pais Hélio Peixoto e Rosenilda Costa Monteiro, bem como a minha irmã Emmily Monteiro Peixoto, os quais, mesmo à distância, sempre se fizeram presentes em minha vida. Obrigada pelo apoio incondicional e por desejarem sempre o melhor para mim. A vocês sou profundamente grata por tudo que sou, por tudo que consegui conquistar e pela felicidade que tenho. Amo-vos muito!

A meu sogro, Arsênio Becker, grande conselheiro. A minha sogra, Irene Becker, pelas duras palavras de incentivo.

## RESUMO

Estudos sobre a precipitação do Distrito Federal têm se tornado cada vez mais frequentes, devido aos impactos que elas causam nos centros urbanos, especialmente durante o verão na América do Sul. O período chuvoso acaba sendo a época do ano em que os desastres naturais acontecem, no caso de Brasília, algumas Regiões Administrativas (RAs) inseridas na Bacia do Lago Paranoá, não foram planejadas para suportar calamidades pluviais, tais como: Riacho Fundo I e II, Varjão, Estrutural, Arniqueira e Vicente Pires. Percebeu-se que até mesmo o Plano Piloto sofre com os efeitos das chuvas extremas; e cada vez mais são frequentes os transtornos como inundações de “tesourinhas”, quedas de árvores em cima de carros, buracos no asfalto, lentidão no trânsito etc. Isso pode ser constatado por meio de observações e de reportagem. Este trabalho consiste na avaliação de episódios de chuvas extremas e no estabelecimento de seus impactos na bacia do Lago Paranoá – DF. Nesse contexto, a abordagem metodológica abrangeu a avaliação da importância do estudo da precipitação na bacia hidrográfica de interesse, a partir da série temporal de precipitação para os verões (período chuvoso da região) de 2015 a 2017. Foram aplicadas as técnicas dos percentis 95% e 99%, que permitiram a identificação de um total de 8 eventos de chuvas consideradas intensas (acumulado diário igual ou superior a 37 mm) e 5 eventos de chuvas extremas (total diário igual ou superior a 52 mm). Os episódios com precipitações extremas ocorreram nos meses de novembro, janeiro e fevereiro com valores de 60,6 mm, 59,2 mm, 52,8 mm, 76,8 mm e 53,4 mm, respectivamente. Esses eventos do trimestre chuvoso equivalem a 3% de todos os eventos da série temporal em estudo. Desse modo, evidencia-se que algumas características se sobressaem sobre a dinâmica climática na área urbana estudada. Os locais mais afetados por inundações são, na maioria dos casos, carentes de infraestrutura (falta ou insuficiência de sistema de drenagem de águas pluviais; a falta de áreas com cobertura vegetal, diminuindo a capacidade de infiltração das águas das chuvas no solo e aumentando o escoamento superficial etc.). As consequências sociais das chuvas, por mais fortes que elas sejam, dependem mais da própria falta de infraestrutura adequada do que das áreas de maior ou de menor ocorrência das chuvas. Por conta disso, os efeitos de um mesmo evento extremo de chuva produzem consequências distintas nas diferentes RA's que compõem a Bacia do Lago Paranoá. Além disso, realizou-se uma breve análise no modelo meteorológico COSMO para saber a estimativa da chuva através da modelagem, para obter o dado previsto e para usar posteriormente em comparação com o dado observado. Os resultados obtidos indicaram, que durante os episódios de chuvas extremas, o modelo atmosférico de pequena escala COSMO foi considerado um bom indicador para a previsão dessas precipitações. Desse modo, foi possível obter um prognóstico eficiente das condições de tempo reinantes, o que facilitaria acompanhar os acontecimentos com mais informações para tomada de decisão.

**Palavras chaves** – Precipitação; Distrito Federal; Bacia do Lago Paranoá; Chuva Extrema; Modelo Numérico COSMO.

## ABSTRACT

Studies on precipitation in the Federal District have become increasingly frequent, due to the impacts they cause on urban centers, especially during the summer in South America. The rainy season ends up being the time of year when natural disasters happen, in the case of Brasília, some Administrative Regions (RAs) inserted in the Lago Paranoá Basin, were not planned to withstand storm disasters, such as: Riacho Fundo I and II, Varjão, Structural, Arniqueira and Vicente Pires. It was noticed that even the Pilot Plan suffers from the effects of extreme rains; and disorders such as floods of “scissors”, falling trees on cars, holes in the asphalt, slowness in traffic, etc. are more and more frequent. This can be seen through observations and reporting. This work consists of the evaluation of extreme rain episodes and the establishment of their impacts in the Lago Paranoá basin - DF. In this context, the methodological approach covered the evaluation of the importance of the study of precipitation in the hydrographic basin of interest, from the time series of precipitation for the summers (rainy season in the region) from 2015 to 2017. The 95% percentile techniques were applied and 99%, which allowed the identification of a total of 8 rain events considered intense (accumulated daily equal to or greater than 37 mm) and 5 extreme rain events (daily total equal to or greater than 52 mm). The episodes with extreme precipitation occurred in the months of November, January and February with values of 60.6 mm, 59.2 mm, 52.8 mm, 76.8 mm and 53.4 mm, respectively. These rainy quarter events are equivalent to 3% of all events in the time series under study. Thus, it is evident that some characteristics stand out over the climatic dynamics in the studied urban area. The areas most affected by floods are, in most cases, lacking in infrastructure (lack or insufficiency of rainwater drainage system; the lack of areas with vegetation cover, decreasing the capacity of infiltration of rainwater in the soil and increasing the runoff etc.). The social consequences of rains, however strong they may be, depend more on the lack of adequate infrastructure than on areas of greater or lesser rainfall. Because of this, the effects of the same extreme rain event produce different consequences in the different RA's that make up the Lago Paranoá Basin. In addition, a brief analysis was carried out on the COSMO meteorological model to know the estimated rain through modeling, to obtain the predicted data and to use it later in comparison with the observed data. The results obtained indicated that during the episodes of extreme rain, the small-scale atmospheric model COSMO was considered a good indicator for the forecast of these precipitations. In this way, it was possible to obtain an efficient prognosis of the prevailing weather conditions, which would make it easier to follow events with more information for decision making.

**Keywords** – Precipitation; Distrito Federal; Paranoá Lake Basin; Extreme Rain; Numerical Weather Model COSMO.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1	Objetivo geral .....	17
1.1.1	Objetivos específicos .....	17
1.2	Estrutura da dissertação .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
2.1	Monitoramento de chuvas no Brasil .....	18
2.2	Intensidade de chuva e eventos pluviométricos extremos .....	22
2.3	Impactos causados por chuvas .....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1	Descrição da área de estudo .....	26
3.1.1	Obtenção de dados e Climatologia local .....	30
3.1.1.1	Tempestades Isoladas .....	35
3.1.2	Frente Frias (FF) .....	37
3.1.2.1	Zona De Convergência Do Atlântico (ZCAS) .....	37
3.1.3	Alta da Bolívia (AB) .....	38
3.2	Base de dados .....	39
3.2.1	Dados de chuva observados .....	39
3.2.2	Reportagens .....	40
3.2.3	Ocorrências registradas pela Defesa Civil do DF .....	41
3.2.4	Modelo atmosférico .....	41
3.2.5	Verificação .....	44
3.3	Análises .....	45
3.3.1	A climatologia das chuvas na bacia do Paranoá .....	45
3.3.2	Definição de eventos significativos usando dados de precipitação .....	47
3.3.2.1	Percentil 95% .....	48
3.3.2.2	Percentil 99% .....	48
3.3.3	Avaliação do modelo COSMO .....	49
3.3.3.1	Raiz do erro quadrático médio (RMSE) .....	49
3.3.3.2	Erro Médio (ME em inglês) ou tendência ou, ainda, viés (BIAS em inglês)	50
3.3.3.3	Pós-processamento dos dados do Modelo COSMO .....	50
3.3.3.4	Extração dos dados de chuva do modelo .....	51
3.3.3.5	Eficácia do modelo COSMO .....	51
3.3.3.6	Índice de desempenho do modelo .....	51
3.3.3.7	Viés estatístico .....	52
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
4.1	Identificação e características dos eventos extremos em Brasília (DF) .....	52

4.1.1	Análise climática das chuvas do Distrito Federal com base nas ocorrências do percentil 99+ .....	55
4.1.2	Principais sistemas atmosféricos que atuaram na região Centro-Oeste, em janeiro de 2016, influenciando as chuvas no DF .....	55
4.1.3	Principais sistemas atmosféricos que atuaram na região Centro-Oeste, em novembro de 2016, influenciando as chuvas no DF .....	55
4.1.4	Principais sistemas atmosféricos que atuaram na região Centro-Oeste, em fevereiro de 2017, influenciando as chuvas no DF .....	56
4.1.4.1	Episódio pluviométrico 1 (de 20 e 21 de janeiro de 2016) .....	56
4.1.4.2	Episódio pluviométrico 2 (de 9 e 13 de novembro de 2016) .....	63
4.1.4.3	Episódio pluviométrico 3 (6 de fevereiro de 2017).....	70
4.2	Análise do Modelo .....	76
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	80
6	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	82
7	<b>ANEXOS</b> .....	101
7.1	Reportagens associadas aos eventos pluviais de 2015 a 2017 .....	101
7.2	Relatório da Secretaria de Segurança Pública do Distrito Federal referente às ocorrências relacionadas a episódios de chuva do DF no período de 2015 a 2017.....	110

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Climatologia de precipitação acumulada no ano (mm) realizada durante o período de 1981 a 2010. Fonte: INMET.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 2** - Mapa de Isoietas de precipitações Médias Anuais do Brasil. Fonte: CPRM. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3** - Climatologia de precipitação acumulada no Brasil para as quatro estações do ano: verão; primavera; inverno; outono, realizada durante o período de 1961 a 1990. Fonte: INMET. .... 20
- Figura 4** - Unidades Hidrográficas da Bacia do Lago Paranoá ..... 27
- Figura 5** - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Lago Paranoá para os anos de 1954, 1964,1973, 1984,1994 e 2009 – o desenvolvimento da malha urbana (Fonte: Menezes, 2010).  
.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 6** - Mapa de localização da Bacia do Lago Paranoá (Fonte: Menezes, 2010) ..... 29
- Figura 7** - Gráfico comparativo da climatologia mensal da precipitação acumulada. Fonte: INMET,2020 .....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 8** - Posicionamento Médio das Massas de Ar no Continente Sul Americano. Fonte: Fonte: Adaptado de Nimer (1989). ..... 35
- Figura 9** - Movimento e turbulência de uma tempestade. (Fonte: FAA Handbooks Manual)  
.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 10** - Modelo simplificado do ciclo de vida de uma multicélula (Fonte: FAA Advisory Circular AC 00-6B ..... 36
- Figura 11** - Esquema-resumo dos procedimentos metodológicos..... 26

- Figura 12** - Localização das estações do INMET (EMC e EMA de Brasília -DF), dentro da bacia hidrográfica do Paranoá. Elaborado pela autora, 2020. .... 40
- Figura 13** - Exemplo da saída do COSMO de 7x7 km do INMET, campo de precipitação acumulada nas últimas 24h, executado às 00 UTC 05/04/2020 para as próximas 24 horas de previsão..... 43
- Figura 14** - Médias pluviométricas mensais da estação convencional de Brasília - 2015-2017 versus normal climatológica de 1981 a 2010. Elaborado pela autora, 2020. ...**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 15** - Médias pluviométricas mensais da estação automática de Brasília - 2015-2017 versus normal climatológica de 1981 a 2010. Elaborado pela autora, 2020. .... 47
- Figura 16** - Comparativo de precipitação mensal do Lago Paranoá no período de abril de 2014 a agosto de 2017. Fonte: Adasa, 2016. .... 47
- Figura 17**- Totais pluviométricos diários – estação automática de Brasília - DF (2015-2017). Elaborado pela autora, 2020. .... 53
- Figura 18** - Frequência anual de eventos por classe de intensidade- Percentil 95 e Percentil 99. Elaborado pela autora, 2020. ....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 19** - Carta Sinótica das 00 UTC e 12 UTC do dia 20/01/2016; Fonte: Marinha do Brasil, 2020. Fonte: Marinha do Brasil, 2020. ....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 20** - Imagens do Satélite Goes 13 para o dia 20/01/2016 às 3:15 h; 9:15h; 15:15h e; 21:15h.. Fonte: INMET. ....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 21** - Carta Sinótica das 00 UTC e 12 UTC do dia 21/01/2016; Fonte: Marinha do Brasil, 2020.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 22** - Imagens do Satélite Goes 13 para o dia 21/01/2016 às 9:15 h; 12:15h; 18:15h e; 23:45h. Fonte: INMET. ....**Erro! Indicador não definido.**

- Figura 23** - Carta Sinótica das 00 UTC e 12 UTC do dia 09/11/2016; Fonte: Marinha do Brasil, 2020.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 24** - Imagens do Satélite Goes 13, Topo de Nuvens (TN), para o dia 09/11/2016 às 3:15 h; 9:15h; 18:15h e; 21:15h. Fonte: INMET ..... 66
- Figura 25** - Carta Sinótica das 00 UTC e 12 UTC do dia 13/11/2016; Fonte: Marinha do Brasil, 2020..... 68
- Figura 26** - Imagens do Satélite Goes 13, Topo de Nuvens (TN), para o dia 13/11/2016 às 3:15 h; 9:15h; 15:15h e; 18:15h. Fonte: INMET ..... 70
- Figura 27** - Carta Sinótica das 00 UTC e 12 UTC do dia 06/02/2017; Fonte: Marinha do Brasil, 2020. ....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 28** - Imagens do Satélite Goes 13 para o dia 06/02/2017 às 3:15 h; 9:15h; 15:15h e; 21:15h. Fonte: INMET ..... 74
- Figura 29** - Chuva inunda tesourinhas e derruba árvores no Plano Piloto, no Distrito Federal, no dia 06/02/2017.Fonte: Portal G1-DF ..... 75
- Figura 30** - Comparação entre dados observados na estação de Brasília (A001) para o período estudado com os dados da normal climatológica de 1980 a 2010 e os dados extraídos do modelo numérico COSMO.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 31** - Verificação do modelo COSMO com a estação automática de Brasília (A001). 79

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Estações de Monitoramento utilizadas no estudo.....	39
<b>Tabela 2</b> - Número de dias com chuva e percentual de ocorrências de eventos chuvosos com base em percentis.....	53
<b>Tabela 3</b> – Ocorrências relacionadas ao episódio de chuva extrema nos dias 20 e 21 /01/2016, em Regiões Administrativas do DF.....	63
<b>Tabela 4</b> – Ocorrências relacionadas ao episódio de chuva extrema no dia 06/02/2017, em Regiões Administrativas do DF.....	76
<b>Tabela 5</b> – Comparação entre a precipitação extrema obtida através do percentil 99% com os dados extraídos do modelo COSMO.....	78

# 1 INTRODUÇÃO

Estudar a dinâmica do tempo e do clima é de grande relevância e tem influência em várias atividades, tais como: a agricultura, a indústria, o turismo; bem como o planejamento urbano, rural e regional (AYOA, 2003; NASCIMENTO et al., 2016). A mudança climática é um dos maiores desafios do nosso tempo. Os cientistas já observaram várias consequências das ações do tempo e do clima, sendo que algumas delas já podem ser sentidas em diferentes partes do planeta.

Com as mudanças climáticas globais, eventos climáticos extremos estão mais comuns. Os prognósticos do *International Panel on Climate Change* (IPCC) de 2013, apontam para intensificação deles: aumentos da temperatura global (de 1,5°C, cenário mais otimista - a 4,5°C, cenário mais pessimista) e das taxas pluviométricas nas médias e altas latitudes (MENDONÇA, 2006; MARENGO et al., 2009; IPCC, 2007; 2013). Pesquisas de Mendes e Mendiondo (2007) e Grimm (2011) seguem a ideia de que as causas das mudanças climáticas no Brasil são decorrentes das ações antrópicas. No entanto, as opiniões sobre este assunto divergem bastante, a primeira seria que as mudanças climáticas decorrem de ações antropogênicas, originadas do uso de combustíveis fósseis e do crescimento da agricultura, modificando a atmosfera no sentido de causar o aumento de CO<sub>2</sub> e a elevação da temperatura.

Por outro lado, há quem defenda que as mudanças climáticas são de ordem natural, baseando-se na teoria de que o clima sofre influência dos ciclos solares e dos oceanos, que cobrem 71% da superfície terrestre. Nesta linha de pensamento, a interferência humana seria insignificante, pois apenas produzem mudanças a nível local (SILVA et al., 2011).

No Brasil, a variável climática que mais se destaca, na dinâmica da sociedade é a chuva (ALMEIDA, 2000). Ainda segundo Almeida (2000), compreender a variabilidade das chuvas é vital para o desenvolvimento e o planejamento urbano e para a gestão dos recursos hídricos, embora não seja um trabalho trivial, considerando que a precipitação é uma variável que tem um regime espacial e temporal irregular. Outra problemática é a baixa prioridade na sistematização e análise de dados de precipitação dentro da gestão urbana.

Sabe-se que eventos extremos de precipitação (excesso ou escassez) podem gerar consequências graves ao meio ambiente, à sociedade humana e à economia, especialmente quando ocorrem em locais com deficiências de infraestruturas. O planejamento urbano inadequado e a concentração populacional em locais suscetíveis podem ser responsáveis por desastres sócio-naturais consideráveis, seja por meio de inundação e/ou alagamento (SANTIS,

MENDONÇA, 2000; STEINKE et al., 2006; ZANELLA et al. 2011 e SILVEIRA et al. 2016). Por isso, esses episódios cada vez mais ganham destaques na mídia (ARMOND, 2014).

O Distrito Federal (DF) é um exemplo. No período chuvoso da região, as situações relacionadas a anomalias de precipitação são veiculadas com frequência pela mídia, como o episódio de chuva, em março de 2016, que ocasionou diversos pontos de alagamento e acidentes de trânsito com ocorrência de mortes<sup>1</sup>.

Para prever casos como esses, dados em tempo quase-real, modelagem e análises meteorológicas diárias são necessários para avaliar a possibilidade de ocorrência de desastres (Steinke, 2004) e, em caso de perigo iminente, acionar os órgãos responsáveis para mitigar e evitar sinistros.

Além dos dados de precipitação registrados por pluviômetros, é possível fazer simulações através de modelos numéricos de previsão de tempo, de como a atmosfera se comporta em um determinado intervalo de tempo. O modelo COSMO é um exemplo.

O modelo numérico de pequena escala de previsão de tempo COSMO funciona operacionalmente no Instituto Nacional de Meteorologia desde 2013. As saídas do modelo servem de ferramentas para auxiliar na previsão de tempo para todas as regiões do país. São gerados prognósticos de variáveis meteorológicas, tais como: temperatura, vento, umidade, precipitação etc.

Análises dos dados, entretanto, com respectivas sistematizações e elucidação de anomalias positivas de chuvas, principalmente para o Distrito Federal, ainda são carentes e necessárias para evitar desastres ambientais e sociais em caso de chuvas intensas. Nesse sentido, algumas questões são ponderadas:

- Há ocorrência de eventos extremos de chuva nos verões do DF?
- Como eles podem ser caracterizados?
- Quais são os principais impactos relacionados?
- Estas análises podem ser consideradas a partir de dados estimados com o modelo

COSMO?

Para responder a essas questões, foi feito um estudo de caso para a Bacia do Paranoá, localizada na parte central do Distrito Federal, onde se concentra a maior parte de seu perímetro urbano.

<sup>1</sup> GONÇALVES, Carolina. Chuva acima da média em Brasília alaga vias e deixa veículos submersos. Agência Brasil, Brasília, 23 de janeiro de 2016. Disponível em: <<https://agenciabrasil.abc.com.br/geral/noticia/2016-01/chuva-acima-da-media-em-brasilia-alaga-vias-e-deixa-veiculos-embaixo-dagua>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2020.

## 1.1 Objetivo geral

Investigar episódios de chuvas intensas na bacia do Paranoá e avaliar a acurácia do modelo para previsão desses eventos.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Analisar a precipitação diária e mensal no período chuvoso de 01 de janeiro de 2015 a 31 de agosto 2017 e classificá-lo conforme intensidade de precipitação na estação chuvosa da série, correspondente aos meses de novembro a março;
- Identificar eventos de chuvas intensas e extremas e relacioná-los com notícias veiculadas nos principais jornais e meios de comunicação do DF e do Brasil.
- Elucidar e caracterizar o potencial do modelo COSMO para o monitoramento de chuva extrema.

## 1.2 Estrutura da dissertação

A dissertação foi organizada em tópicos de fundamentação teórica, abordagem metodológica, resultados e discussões, considerações e recomendações, referências e anexos, além desta introdução.

Para todo o trabalho foi considerada a escala de pesquisa do território Brasil → Distrito federal → Brasília → Área urbana da Bacia do Lago Paranoá, com o intuito de analisar a intensidade das chuvas e eventos pluviométricos extremos durante o verão, sua origem e seus impactos nas Regiões Administrativas (RAs) pertencentes à bacia de estudo. Outrossim, o uso do modelo COSMO como ferramenta de auxílio na previsão desses grandes acumulados de precipitação e para as tomadas de decisões; todos esses descritos no tópico 2 - fundamentação teórica. O período de análise compreendeu de 1º de janeiro de 2015 a 31 de agosto de 2017, a partir de uma abordagem quantitativa e qualitativa descrita no tópico 3 - abordagem metodológica. As respostas e motivações dos resultados estão descritas textualmente e detalhadas visualmente em gráficos, mapas e tabelas no tópico 4 - resultados e discussões. O desfecho do trabalho e sugestões para outras publicações acadêmicas, a partir das questões levantadas durante execução deste trabalho, estão em 5 - considerações e recomendações. A bibliografia consultada foi organizada no tópico 6 - referências - e no tópico 7 - anexos estão informações complementares.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

### 2.1 Monitoramento de chuvas no Brasil

Foi no início do século XIX, com a chegada da Família Real Portuguesa no território brasileiro, que efetivamente os estudos do clima, como fenômeno geográfico, aconteceram de forma prática e especulativa sobre a climatologia do Brasil. As pesquisas sobre o clima regional eram lideradas por Médicos e sanitaristas da época, devido à preocupação com a higiene e com a salubridade das cidades e das vilas do país; com isso, um dos primeiros focos das pesquisas climáticas no Brasil era enviesada mais à saúde pública (SANT'ANNA NETO, 2001, p. 50).

Ainda no século XIX, mais precisamente no ano de 1888, criou-se a Repartição Central Meteorológica do Ministério da Marinha. Foi neste momento que, de fato, se iniciou a fase de pesquisas científicas com ênfase na ciência atmosférica brasileira. Considerando a distribuição geográfica, temporal e espacial dos fenômenos meteorológicos e sua influência no território, buscou-se entender a dinâmica dos regimes climáticos direcionando totalmente as pesquisas sob o clima para um enfoque, desta vez, mais geográfico. Isso permitiu averiguar, por exemplo, os efeitos dos fenômenos climáticos numa esfera socioespacial. Ou seja, de que modo, dentro de um mesmo espaço geográfico, uma população socialmente estratificada recebe os impactos do clima. Além disso, o conhecimento da climatologia foi um fator condicionante à implantação e desenvolvimento de diversas atividades econômicas, com destaque às que são vinculadas ao setor agropecuário do país.

Contudo, atribui-se ao prof. Dr. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro o surgimento de uma nova corrente teórico-metodológica da ciência climatológica: a Climatologia Geográfica Brasileira. Essa prática defende a utilização da realidade dos extremos em detrimento do uso das generalizações das médias, considerando como o padrão climático o “encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados”, apontado por Monteiro (1971, p. 10) como o ritmo climático.

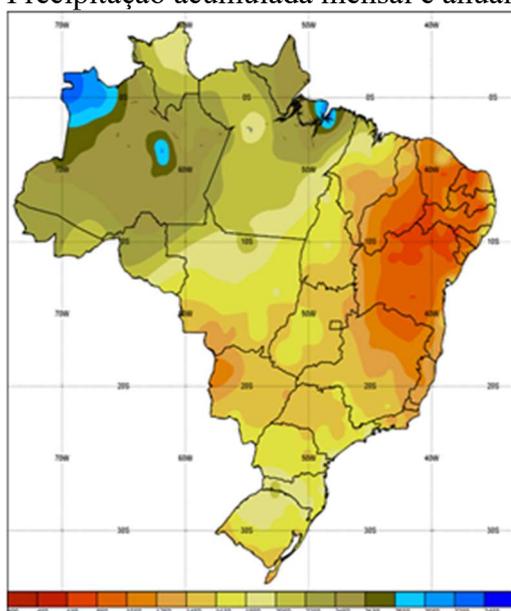
Ressaltam-se algumas pesquisas clássicas relacionadas a um dos mais importantes eventos climáticos do Brasil, como é o caso da precipitação intensa. A maioria das publicações se concentraram em estudos e análises para as regiões sul e sudeste, tais como os trabalhos publicados por Pfafstetter (1956; 1982); e na literatura, os mais recentes, por Fendrich (2003) para o estado do Paraná (PR), por Pinto et al. (1996) para o estado de Minas Gerais (MG), por Martinez Júnior (1999) para o estado de São Paulo (SP) e por Silva et al. (1999) para os estados do Rio de Janeiro (RJ) e do Espírito Santo (ES).

Embora na região centro-oeste exista uma carência em publicações climáticas, a relação entre o clima e a questão socioeconômica é de extrema relevância, principalmente no que se refere a problemas relacionados a eventos e/ ou episódios extremos, seja, pela escassez ou precipitações concentradas. Esses eventos e/ou episódios ocasionam muitos prejuízos, desde os financeiros até eventuais óbitos na região (Queiroz et al., 2017).

Assim sendo, um desastre climático, aqui caracterizado como evento e/ou episódio extremo que resulte em perdas e/ou danos para o sistema atingido pode ser considerado como consequência da combinação entre riscos naturais e atividades humanas. Portanto, um risco natural nunca resultará em um desastre em áreas que não apresentem vulnerabilidade (Steinke et al., 2007).

O Brasil possui diferenciados regimes de precipitação, devido a ser um país de grande extensão territorial. De norte a sul encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. No norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. No Nordeste a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses, caracterizando um clima semi-árido. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas (Figura 1 e 2). A variabilidade sazonal das chuvas no Brasil é mostrada na Figura 3.

Normais Climatológicas do Brasil  
1981 a 2010  
Precipitação acumulada mensal e anual

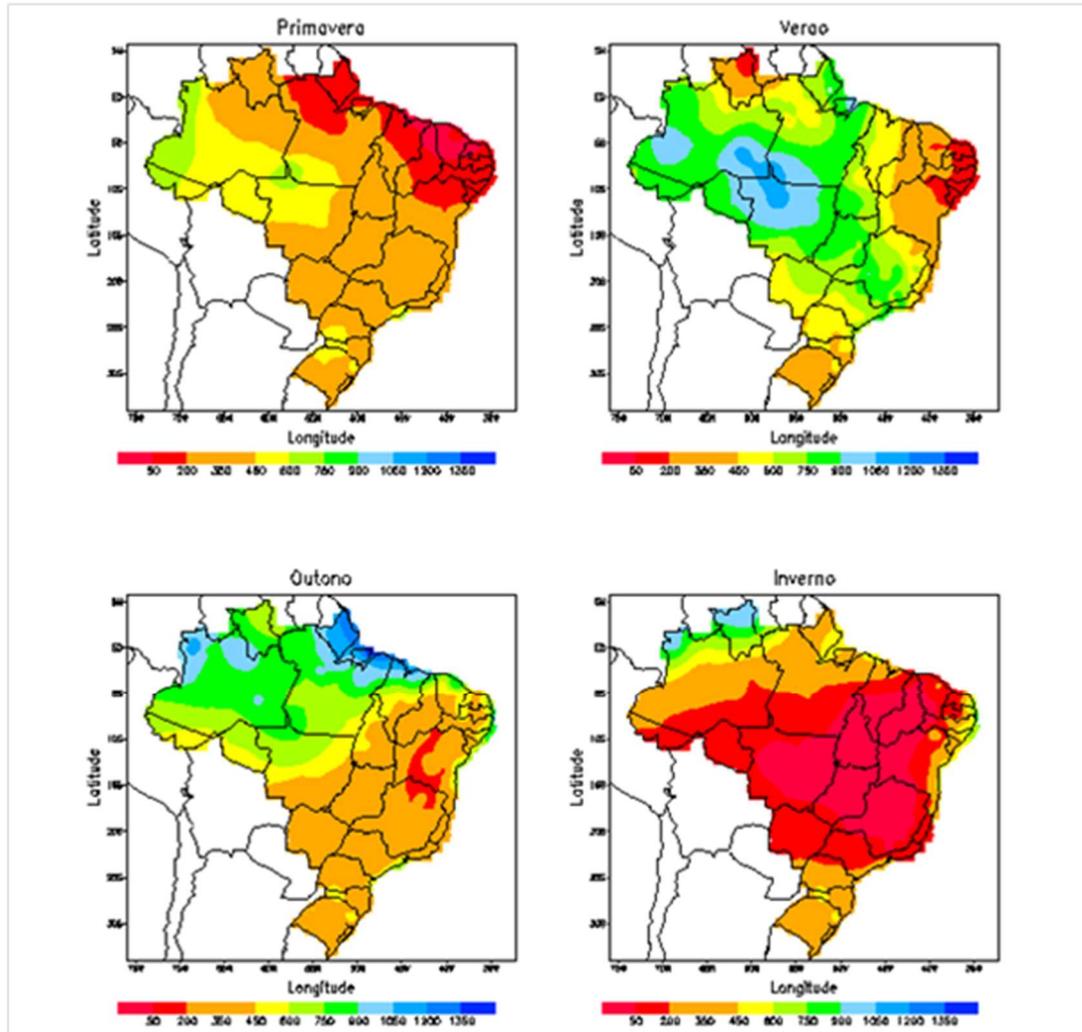


**Figura 1** - Climatologia de precipitação acumulada no ano (mm) realizada durante o período de 1981 a 2010. Fonte: INMET.

Isoietas Anuais Médias  
Período 1997 a 2006



**Figura 2** – Mapa de Isoietas de precipitações Médias Anuais do Brasil. Fonte: CPRM.



**Figura 2** - Climatologia de precipitação acumulada no Brasil para as quatro estações do ano: verão; primavera; inverno; outono, realizada durante o período de 1961 a 1990. Fonte: INMET, 2020.

São vários os sistemas meteorológicos que afetam o tempo no Brasil, responsáveis por chuva em diversas regiões, ocasionando enchentes ou secas, seja por fatores locais ou remotos que contribuem à escassez ou excesso de chuva no país.

Na região equatorial, observa-se uma faixa de latitude que engloba as regiões amazônica e a Nordeste do país, com um clima chuvoso e semiárido, respectivamente. Durante o período chuvoso da Amazônia, o grande volume de chuva está associado à corrente de ar ascendente que desce em grande parte sobre o Nordeste, inibindo a formação local de nuvens. Perturbações oriundas do oceano Atlântico Tropical, associadas às perturbações da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ou na forma de Ondas de Leste, modificam as condições de tempo nas regiões Norte e Nordeste (Melo et al. 2009). Na Amazônia, a umidade que vem do Atlântico passa por vários processos de reciclagem que a mantém para um escoamento para sul, denominado de Jato de Baixos Níveis (JBN). A forte circulação dos ventos nas baixas camadas

da atmosfera promove uma conexão aérea entre o ciclo hidrológico da bacia Amazônica e o da bacia dos rios Paraná e Prata, conforme os resultados apresentados por NOBRE et al. (2000 e 2002).

Já na Região central do Brasil e na região Sudeste, existem duas estações muito bem definidas, uma estação seca e outra chuvosa. A estação chuvosa tem um regime do tipo monção, com períodos chuvosos em que domina a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Mas é possível existirem também os “veranicos”, que são dias sem chuva, de estiagem, dentro da estação chuvosa. Durante o inverno, nota-se o avanço de frentes frias em direção às regiões Sudeste e Centro-Oeste, ocasionalmente provocando geadas, e às vezes até atingindo a região Norte, quando produz um fenômeno meteorológico conhecido como friagem – queda repentina de temperatura ocasionada pela atuação de frentes frias que avançam até a região (JONES et al. 2012 e Cavalcanti et al. 2009)

Na região Sul, o regime de chuva é dominado pela atuação de frentes frias ao longo de todo o ano, por ciclones (formação de centro de baixa pressão) que se formam localmente ou pela formação de ciclones extratropicais, que passam pela região; e, não menos importante, a atuação de Sistemas Convectivos de Mesoescalas (SCMs). Ressalta-se que em todas as regiões do Brasil ocorrem intensificações e desintensificações dos sistemas de tempo provocados pela topografia, conforme observados em trabalhos de Carvalho et al. (2002 e 2004).

É válido mencionar ainda que os SCMs ocorrem desde a costa norte e nordeste – conhecidas como Linhas de Instabilidade (Lis) até a região Sul. Na região Centro-Oeste e Sudeste, esse sistema apresenta forte interação com a topografia. Já na região Sul, os SCMs ocorrem com maior frequência e, na maioria das vezes, estão associados ao JBN a leste da cordilheira dos Andes (Machado et al. 1993 e Rossow et al., 1999). Pois, trata-se de aglomerados de tempestades que se organizam em sistemas que se movimentam por horas, ocasionando chuvas intensas, muitas vezes, acompanhadas de queda de granizo.

Com relação à circulação atmosférica da alta troposfera durante o verão da América do Sul, três grandes sistemas de tempo modulam o ciclo hidrológico, o balanço de energia e o clima em grande parte do Brasil, de acordo com Ferreira et al. (1998 e 2004), são eles: Alta da Bolívia (AB), o Vórtice Ciclônico em Altos Níveis (VCAN) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

## 2.2 Intensidade de chuva e eventos pluviométricos extremos

Em termos meteorológicos, são considerados eventos extremos quando grandes desvios de um estado climático moderado ocorrem em escalas que podem variar desde dias até milênios. Mais importantes para as atividades humanas, entretanto, talvez sejam os eventos extremos a curto prazo (relacionados ao tempo) e a médio prazo (relacionados ao clima), devido a seu potencial de impactos significativos; sua frequência e intensidade podem variar de acordo com a mudança climática.

No que diz respeito às influências do extremo da chuva na vida dos seres humanos, alguns autores destacam a dificuldade de adaptação dele, sobretudo quando ocorrem oscilações meteorológicas em curta escala temporal, corroborando para a ocorrência de algumas doenças que podem culminar até mesmo no óbito de pessoas. Nesse sentido, Mendes (2001, p. 3) afirma que:

Os fenômenos naturais, principalmente os relacionados com a atmosfera, quando se apresentam como eventos extremos, como calor ou frio em excesso, ou ainda estiagens ou precipitações fora dos padrões normais, levam sociedades despreparadas a enfrentar sérios problemas, muitas vezes catastróficos, que repercutem negativamente no bem-estar das populações, principalmente das que habitam as grandes cidades (Mendes, 2001, p. 3).

Os desastres naturais geram graves problemas às sociedades em função dos prejuízos que a elas causam. Atualmente, esses eventos vêm tomando grandes proporções, tanto em relação à intensidade com que ocorrem quanto à sua repercussão na mídia, principalmente aqueles relacionados à chuva que, ao incidirem nas cidades, tornam-se desastres urbanos, sendo que os maiores impactos acontecem sobre as sociedades mais desprovidas de infraestrutura, que vivem em áreas vulneráveis e dispõem de poucos recursos para se precaver ou se recuperar das catástrofes (Hoffmam et al, 2014).

Dessa forma, um desastre pode resultar da combinação entre riscos, atividades humanas e vulnerabilidade. Quando riscos encontram vulnerabilidade é possível a ocorrência de um desastre. Assim um risco natural pode não resultar em um desastre em áreas que não apresentem vulnerabilidade. Por exemplo, em 1963, em apenas um único dia, a cidade de Brasília registrou um evento de chuva de grande intensidade (132,8 mm), em apenas 24 horas. Mas como nessa época, a cidade ainda era pouco habitada, não houve registros de desastres. Em 2020, se o mesmo evento ocorresse, certamente alguns dos mais de 2 milhões de habitantes do Distrito Federal sofreriam com os impactos do forte temporal, ocasionando ocorrências como:

enchentes, alagamentos, inundações, deslizamentos de terra, queda de árvores, obstrução de vias de circulação de automóveis, queda de energia e até mortes (Steinke et al. 2006).

A Organização Mundial de Meteorologia (OMM), define como critérios para a determinação da intensidade da precipitação: chuva fraca: de 1,1 a 5,1 milímetros por hora ou, no máximo, 0,8 milímetros em 10 minutos; chuva moderada: de 5,1 a 25,0 milímetros por hora ou, no máximo, 4,0 milímetros em 10 minutos; chuva forte: de 25,1 a 50,0 milímetros por hora ou, no máximo, 8,0 milímetros em 10 minutos; chuva muito forte: acima de 50,0 milímetros por hora ou mais de 8,0 mm em 10 minutos.

### **2.3 Impactos causados por chuvas**

A dinâmica atmosférica, responsável pelos inúmeros processos meteorológicos e climatológicos, em especial, a seca e estiagem, chuvas intensas e tempestades, também é indutora de processos geográficos que englobam movimentos de massa, erosão, enxurradas, alagamentos e inundações.

No meio rural, as chuvas intensas e as inundações removem o solo superficial, reduzem sua produtividade, transportam os sedimentos para os corpos hídricos e comprometem sua qualidade e capacidade de armazenamento (Wei et al., 2007; Santos et al., 2010). No meio urbano, levam à destruição de bens e perdas humanas (MCT/CGE, 2002).

Essas ocorrências são mais significativas quando associadas às condições de relevo movimentado, em solos com características físicas e hídricas, com diferentes tipos de manejos (Santos, 2010; Santos et al., 2010).

Neste cenário, os episódios de chuva intensa se destacam, sobretudo, diante do grau de impacto nas sociedades, sendo estes compreendidos como as condições discrepantes de um padrão habitual do clima de uma dada localidade, gerando adversidades climáticas (MARENGO et al., 2009 a, b, 2010). De modo semelhante, os dias em que estes eventos ocasionam impactos no ambiente urbano, também são relevantes.

Levando em consideração os pontos supracitados, em pesquisas sobre a dinâmica da atmosfera, Armond (2014) estabeleceu que os episódios de chuva extremas englobariam alagamentos, enxurrada e inundações, mesmo critério seguido nas pesquisas de Goudard e Mendonça (2017).

Porém, apesar de seguir a mesma metodologia de Armond (2014), para melhor entendimento da pesquisa, faz-se necessário definir cada um destes eventos separadamente seguindo os padrões de Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) elaborado pela Defesa

Civil (2013) e pelo Cemaden (2018), quais sejam: alagamento, como sendo a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água momentâneo em áreas rebaixadas, atingindo ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de chuvas intensas; enxurradas, como sendo escoamentos superficiais concentrados e com alta energia de transporte e alto potencial destrutivo, que podem ou não estar associados ao domínio fluvial. São originadas por chuvas intensas ou extremas; e inundação, como sendo a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em área de baixada e/ou plana, quando o sistema de drenagem não é capaz de conter o fluxo de chuva.

Do mesmo modo, segundo o anuário da defesa civil de 2013, os desastres associados a chuvas intensas são aqueles que apresentam grandes volumes acumulados de chuva. Esses eventos são muitas vezes deflagradores de outros tipos de desastres, sejam eles hidrológicos (enxurradas, inundações graduais ou bruscas e alagamentos) ou geológicos (movimentos de massa e erosão) e ocorrem muitas vezes associados com outros desastres meteorológicos (granizo, vendaval e tornados).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia do trabalho consistiu em 7 etapas, conforme descrito e exemplificado a seguir:

Na primeira parte se fez necessário um levantamento bibliográfico visando à discussão acerca dos impactos da precipitação e das técnicas de identificação dos eventos extremos.

A segunda etapa consistiu no levantamento, tratamento e manipulação dos dados pluviométricos; obtidos pela estação meteorológica convencional (EMC) e estação meteorológica automática (EMA) do INMET, no período de 01/01/2015 a 31/08/2017, devido a sua representatividade estratégica da bacia do Paranoá. A fim de organizá-los em tabela de disposição horizontal, as bases de dados foram trabalhadas a partir do software Excel 2013. Posteriormente, adotaram-se os seguintes métodos estatísticos para a intensidade da chuva. O procedimento seguinte deu-se pelo teste estatístico utilizando o percentil 99%, para extrair os episódios extremos de chuva no Distrito Federal durante o verão chuvoso do período analisado.

De posse dos dados, na terceira fase foi realizada a identificação dos eventos extremos no período de 2015-2017, com a aplicação da técnica dos percentis, destacando que os valores menores que 1 mm de chuva foram desconsiderados para a análise, por serem considerados

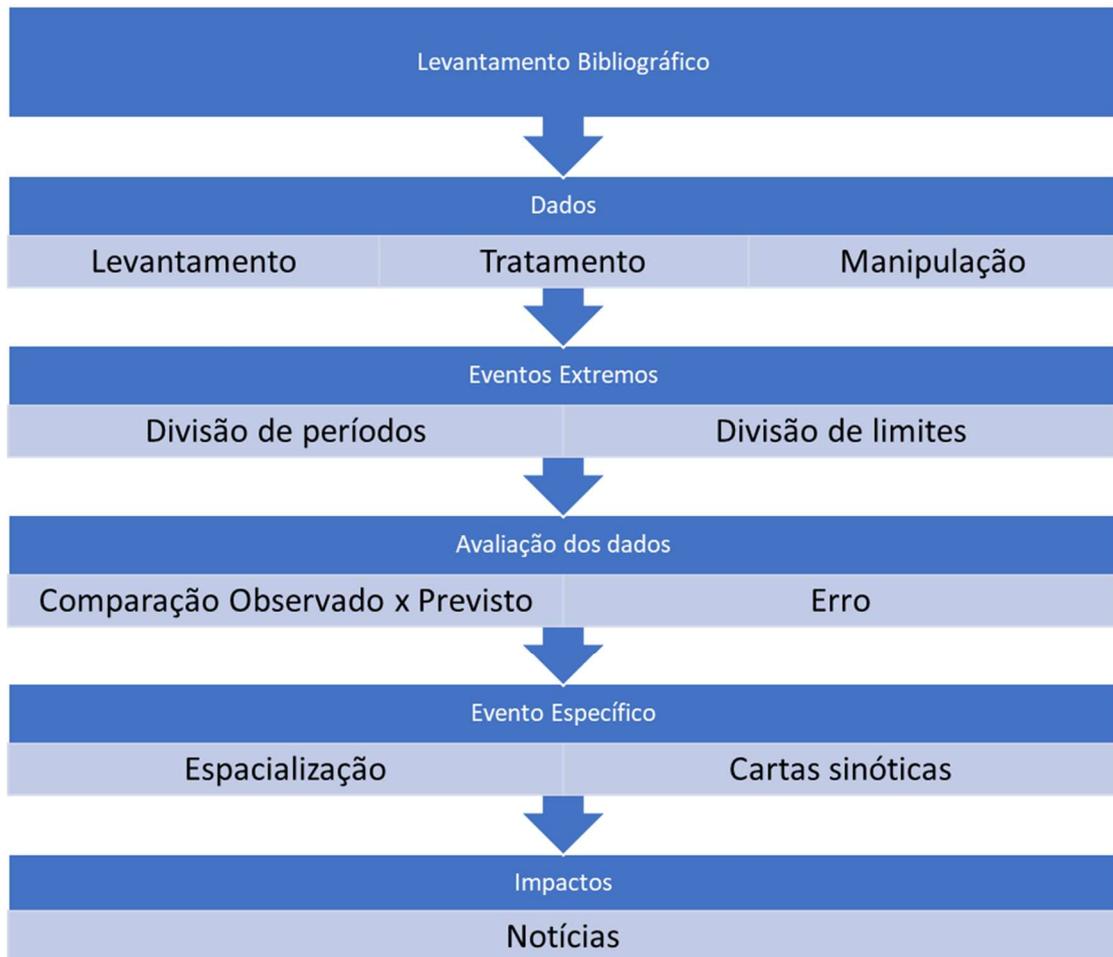
apenas como chuvisco. A técnica dos percentis consiste em dividir a série de dados em 100 partes, sendo então definidos intervalos de interesse ao longo da série (SILVESTRE, 2016). Para a definição de eventos intensos de chuva, utilizou-se como teste estatístico o Percentil 95 (P95); e para eventos extremos de precipitação, utilizou-se o percentil 99 (P99), aplicado para o período chuvoso de Brasília ao longo da série de dados analisados, adaptado de Pinheiro (2016) e Oyama e Oliveira (2016).

Na quarta fase, houve o estudo estatístico da série, utilizando os métodos estatístico Raiz do erro quadrático médio (RMSE) e Erro Médio (ME), para uma avaliação dos dados observados na estação automática do INMET, em comparação com os dados de saída do Modelo Meteorológico de Pequena Escala, COSMO – modelo matemático utilizado no INMET para estudo, análise e elaboração da previsão do tempo. Busca-se, através dessa análise, verificar a resposta do modelo com relação à chuva registrada durante o período chuvoso do Distrito Federal, compreendido entre os meses de novembro a março, entre 2015 a 2017, período em que os dados de precipitação extraídos do modelo COSMO foram disponibilizados.

Na quinta etapa ocorreu a análise da espacialização da precipitação do evento extremo, ocorrido no dia 06/02/2017 no Distrito Federal. Para a verificação dos dados extraídos em forma numérica do modelo e a gênese do evento extremo, foram necessárias as cartas sinóticas de superfície e de altitude do período, acessadas junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE (<http://tempo.cptec.inpe.br/>); bem como as imagens do satélite (Goes 13), acessadas junto ao INMET (<http://satelite.inmet.gov.br>).

Na sexta fase foi feito um estudo de caso para a verificação do modelo, quanto ao percentual de acerto ao longo da série de 01/01/2015 a 31/08/2017. Desse modo, a sequência dos trabalhos se concretizou com a geração de gráficos e mapas de precipitação para os períodos analisados. Para a identificação dos impactos, na sétima etapa, foram consultados os veículos de mídia da cidade de Brasília (DF).

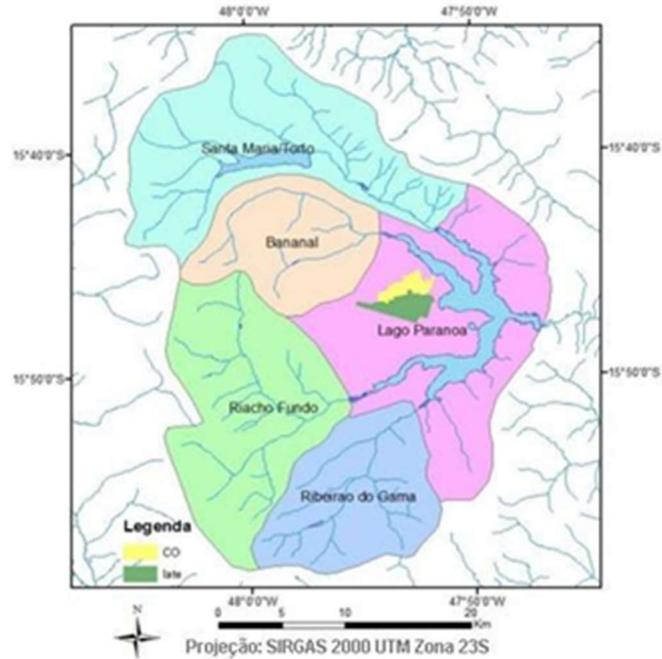
Assim, a metodologia compreendeu a descrição das principais técnicas do trabalho, detalhamento da área de estudo, a descrição do período de pesquisa, informações dos dados utilizados e explanação das técnicas e das análises com vistas a atender aos objetivos da dissertação (Figura 4).



**Figura 4** - Esquema-resumo dos procedimentos metodológicos.

### 3.1 Descrição da área de estudo

O Distrito Federal foi construído dentro do bioma cerrado que conta com cerca de 10 biotas que convivem sem se misturar ou permeando-se em faixas de transição de fitofisionomias. A sua biodiversidade pode ser comparada à amazônica (Ferrante et. al., 2001). É a região mais elevada do Planalto Central, com nascentes de cursos de água de três grandes regiões hidrográficas do Brasil: Paraná, São Francisco e Araguaia/Tocantins. A Bacia do Lago Paranoá é composta pelas Sub-bacias urbanas do Iate Clube, com uma área de drenagem de 9,04 Km<sup>2</sup> e um perímetro de 17 km, e pela Sub-bacia urbana do Centro Olímpico – CO, com 5,43Km<sup>2</sup> e perímetro de 15,3 Km, conforme Figura 5.



**Figura 5** - Unidades Hidrográficas da Bacia do Lago Paranoá

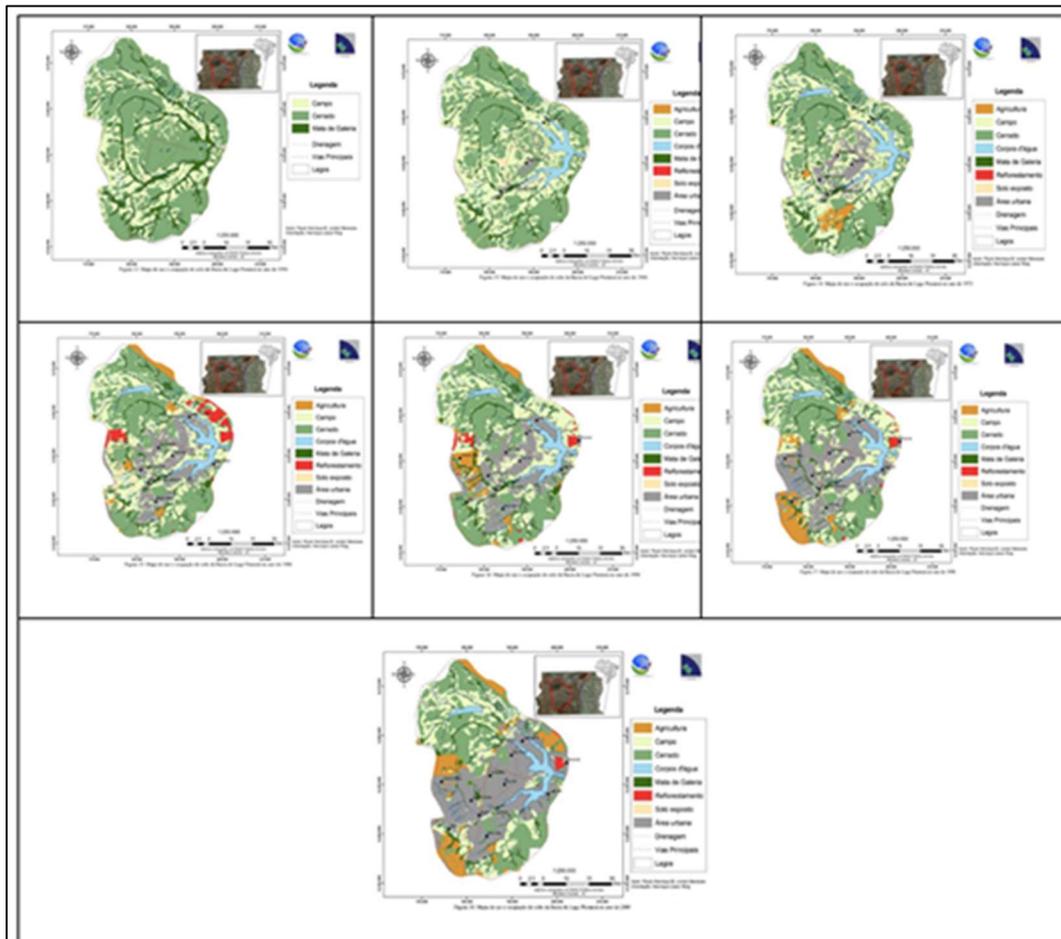
A bacia do Lago Paranoá (construído no ano de 1959) represa as águas dos córregos Riacho Fundo, Ribeirão do Gama, Ribeirão do Torto, Cabeça de Veado e Córrego Bananal, além de outros pequenos tributários; e ainda recebe drenagens pluviais urbanas e efluentes de duas Estações de Tratamento de Esgotos de Brasília (ETEB Sul e Norte), (FERRANTE et al., 2001 apud MAIA et al. 2005 e Moreira, 2003).

Atualmente, os níveis altimétricos verificados no Lago Paranoá têm como referência os níveis registrados na régua situada no corpo da barragem do Lago Paranoá, operada pela CEB Gerações S.A e pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), possuindo uma cota máxima de 1000,64m. Porém, durante a série deste estudo, de 01 /01 2015 a 31/08/2017, a menor cota observada neste período foi de 999,80 m.

A bacia do Lago Paranoá passou por intenso processo de expansão urbana, desde o início da construção de Brasília nos anos 60. Entretanto, graças às unidades de proteção ambiental localizadas na bacia, a situação relacionada a eventos e/ou episódios de extremos (climáticos) naturais não são tão caóticos

A Figura 6 mostra a evolução do uso e ocupação do solo da Bacia do Lago Paranoá nos anos de 1954, 1964, 1973, 1984, 1994, 1998 e 2009, ao longo da série histórica de 55 anos. Nota-se que as áreas de preservação permanente tais como o Parque Nacional de Brasília (~300Km<sup>2</sup>), a Reserva do IBGE (RECOR, ~14 Km<sup>2</sup>), o Jardim Botânico (~40 Km<sup>2</sup>) e a Fazenda Água Limpa da UnB 9~45Km<sup>2</sup>), todas se encontram fortemente pressionadas pela falta de

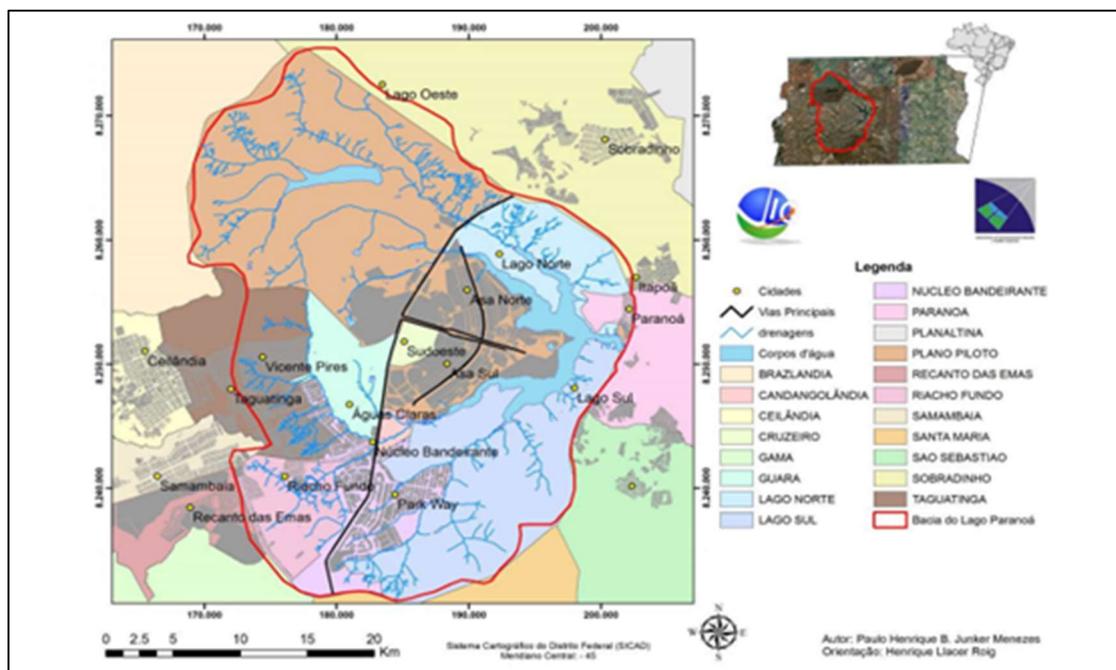
planejamento da expansão urbana desordenada. Como consequência, Menezes (2010) constatou que na região do Lago Paranoá, abastecida pela unidade hidrográfica do Riacho Fundo, ocorreu uma maior perda de área do Lago, devido ao aumento da urbanização e da extensa área com altos valores de escoamento superficial.



**Figura 6** - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Lago Paranoá para os anos de 1954, 1964, 1973, 1984, 1994 e 2009 – o desenvolvimento da malha urbana. Fonte: Menezes, 2010.

Mudanças ao longo dos anos com relação aos padrões de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica podem gerar várias consequências no ciclo hidrológico, sendo o escoamento superficial uma das fases mais afetadas por essas alterações. O que implica em uma maior ocorrência de processos erosivos, transportes de sedimentos, nutrientes e poluentes para os córregos, rios e reservatórios. Neste cenário, devido ao posicionamento geográfico e urbanístico da Bacia do Lago Paranoá, nota-se uma certa fragilidade do mesmo, devido à intensa ocupação das margens e das suas bacias de contribuição (Menezes, 2010).

Ressalta-se que a Bacia do Lago Paranoá é a única bacia que está totalmente inserida no Distrito Federal, entre as latitudes 15°35' e 15°59' Sul e longitudes 47°47' e 48°05' Oeste, numa área de aproximadamente 1.034,07 km<sup>2</sup>, o que corresponde a cerca de 18% do território do Distrito Federal (FERRANTE et al., 2001 apud MAIA et al 2005). Apresenta maior densidade populacional, abrangendo a maior porção das regiões administrativas (RAs) de Brasília, Lago Norte, Lago Sul, Núcleo Bandeirante, Riacho Fundo, Candangolândia, Cruzeiro (Novo e Velho) e Guará, além da RA de Águas Claras (Figura 7). O relevo caracteriza-se por topografia plana a plana ondulada. Grande parte dessas unidades está recoberta por Latossolos e Cambissolos (STEINKE, 2003).



**Figura 7** - Mapa de localização da Bacia do Lago Paranoá. Fonte: Menezes, 2010.

A geologia é a principal condicionante das variações de altitude, incisão de vales, densidade, forma da rede de drenagem e, principalmente, da evolução morfodinâmica e da paisagem atual do DF.

Segundo os dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) o Distrito Federal possui 2.570.160 habitantes. A área compreendida pelo Distrito Federal apresenta altitude de aproximadamente 1.172 m. Em termos climatológicos, o clima predominante do Distrito Federal, segundo a classificação de Strahler (AYOADE, 1998, p.228), é caracterizado como sendo Tropical Alternadamente Úmido e Seco, significando dizer que existe um período em que predomina tempo seco e em outro, tempo chuvoso. Segundo o Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET), o total pluviométrico anual no Distrito Federal varia de 1.200 mm a 1.700 mm, sendo os meses de novembro a março considerados os mais chuvosos, com precipitação acima de 180 mm. E um período de estiagem de quatro meses, referente aos meses de maio a agosto – onde os dias com precipitação maior ou igual a 1 mm variam de 1 a 3 dias, com base na normal climatológica de 1981 a 2010.

Apesar de ter sido concebido para ser diferente de todas as outras cidades, o Distrito Federal apresenta muitos dos problemas comuns às outras grandes cidades brasileiras. Existia uma falsa ideia de que em Brasília não ocorrem desastres urbanos decorrentes de eventos climáticos; no entanto, entre 2000 e 2015 foram analisadas reportagens jornalísticas e foi identificado justamente o contrário; vários tipos de ocorrências que iam desde alagamentos a problemas com a saúde e até óbitos (Steinke et al., 2015).

Desse modo, salienta-se que a capital Federal, apesar de ser uma parte política e economicamente importante do Brasil, também sofre com os desastres urbanos advindos das condições do tempo atmosférico. Eventos e/ou episódios de precipitação extrema são cada vez mais frequentes; e a cada ano que passa observa-se um aumento no número de ocorrências de tragédias relacionadas às chuvas, por todas as Regiões Administrativas – RA's que compõem o Distrito Federal; inclusive Brasília já vem apresentando, desde sua instalação, inúmeros casos de desastres naturais de origem climática que têm afetado diretamente a população (Steinke, 2015).

### **3.1.1 Obtenção de dados e Climatologia local**

No que tange ao registro e à obtenção de informações sobre a coleta de dados sobre precipitação, no Distrito Federal, apesar de tratar-se da unidade da federação que abriga a capital do país, a rede de estações meteorológicas é bastante limitada, além de apresentar irregularidades na distribuição espacial, que vão desde problemas nas séries temporais a qualidade e quantidade dos elementos climáticos observados (Barros, 2003).

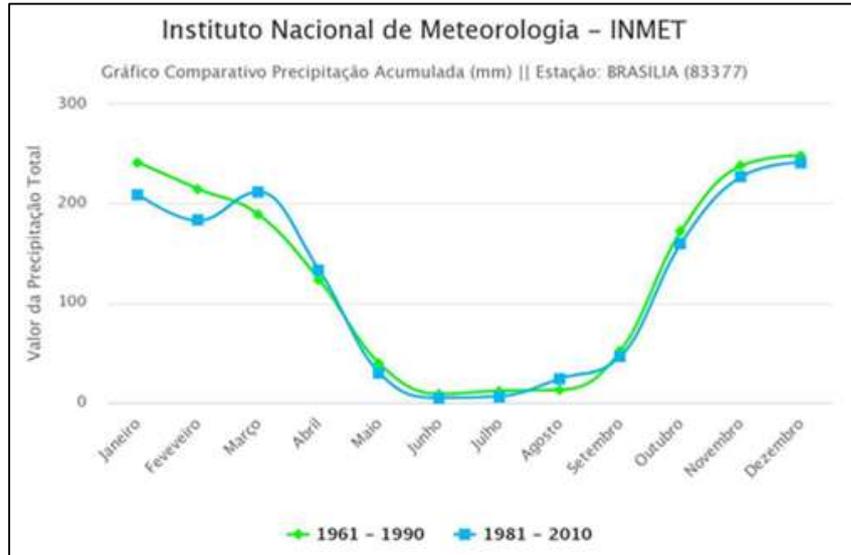
Na maioria das vezes, as informações e dados têm sido utilizados de forma equivocada, produzindo resultados duvidosos e/ou pouco confiáveis. Desse modo, a primeira e grande preocupação com relação a pesquisas relacionadas à chuva é quanto à exatidão dos dados (Assad, 1994). Dentro do domínio do Distrito Federal, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é referência com relação a registros de dados meteorológicos; e visa a estabelecer relação entre a informação meteorológica e o conhecimento científico para o progresso da meteorologia e climatologia no país. Desse modo, as estações meteorológicas do INMET, assim

como seus posicionamentos/localizações, medições e os dados registrados seguem padrões e normas de qualidade internacional segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM). Isso garante uma representação correta das condições atmosféricas reinantes na área onde estão instaladas. Para o pesquisador Monteiro (1951) o período de observação ideal para dados climáticos é de trinta anos. Contudo, é possível observar entraves, como: a inconsistência dos dados – na sua coleta e cobertura do recorte espacial e sua espacialização.

Durante o verão (estação mais chuvoso da região), eventos extremos de chuva e seus impactos no Distrito Federal são mais recorrentes. Barreto & STEINKE (2006) analisaram os impactos das chuvas de verão no Distrito Federal, durante os meses de fevereiro de 2004 e março de 2005, buscando verificar o comportamento das chuvas durante esses períodos e identificar as áreas suscetíveis a alagamentos em função das chuvas concentradas. As pesquisadoras identificaram e espacializaram os dados da rede pluviométrica da Companhia de Água e Esgoto – CAESB do Distrito Federal; da infraestrutura e ocupação urbana; dos registros de ocorrências do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e das reportagens jornalísticas da mídia impressa dos períodos estudados. Assim, concluiu-se que a intensa urbanização também contribui para os impactos pluviais observados.

Desse modo, para a análise das chuvas em Brasília, foram utilizadas as estações meteorológicas convencionais e automáticas do INMET. A estação convencional apresenta uma série histórica no qual há dados disponibilizados a partir de 1961, enquanto que a estação automática possui registro histórico mais recente, a partir de 2002.

Portanto, nesta pesquisa será considerada apenas a média histórica mais recente, ou seja, a normal climatológica de precipitação de 1981 a 2010 (Figura 8). Com bases nessa série histórica de chuva, consideramos o período chuvoso aquele que apresentou acumulado de chuva mensal acima de 180 mm, encontrado nos meses de novembro a março.



**Figura 8** - Gráfico comparativo da climatologia mensal da precipitação acumulada.  
Fonte: INMET, 2020

O regime de precipitação da região Centro-Oeste é caracterizado por um ciclo anual bem definido, ou seja, possui seis meses secos e seis meses chuvosos. No entanto, pelo fato dos ventos em baixos níveis não reverterem sua direção durante a transição entre a estação seca para a chuvosa, Ramage (1971) não levou em consideração que a região pudesse ter a influência de uma circulação de monção. Anos depois, vários estudos têm mostrado que toda a América do Sul possui várias características de um regime de monção (Kousky, 1988; Zhou e Lau, 1998; Marengo et al., 2001, entre outros). Tais estudos motivaram a criação do programa internacional *The Variability of American Monsoon Systems* (VAMOS), para estudar a circulação de monção nas três Américas.

Vários autores evidenciaram que o desenvolvimento do sistema de monção na América do Sul começa durante a primavera, caracterizado pelo aumento da convecção sobre o noroeste da bacia Amazônica em meados de setembro, quando então se expande a sudeste e atinge a região Sudeste do Brasil em meados de outubro (Kousky, 1988; Zhou e Lau, 1998; Marengo et al., 2001).

O estágio máximo da monção, ou seja, período de maior atividade convectiva (sobre a maior parte da região tropical da América do Sul), ocorre durante os meses de verão (Quadro e Abreu, 1994). Os ventos úmidos do Oceano Atlântico, associados com a umidade da floresta tropical, mantêm a precipitação máxima sobre o Brasil Central (Rao et al., 1996; Zhou e Lau, 1998), favorecendo a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) durante os meses de verão (Horel et al., 1989; Kodama, 1992). A ZCAS, portanto, é definida como uma banda de nebulosidade e precipitação (persistente por alguns dias) que se estende desde a bacia Amazônica até a região sudeste do Brasil ou à porção do oceano Atlântico adjacente à região

SE (Kodama 1992,1933; Carvalho et al., 2002, 2004). As variações espaciais e temporais desse sistema tornam-no um dos principais elementos do Sistema de Monção da América do Sul, que regem o regime de chuvas, principalmente durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro; e, na maioria das vezes, são responsáveis pela ocorrência de eventos severos como alagamentos e deslizamentos de terra, devido aos grandes acumulados de precipitação (Horel et al., 1989; Kodama, 1992).

A fase de enfraquecimento da monção começa no final do verão, quando a convecção se desloca gradualmente para o equador (Kousky, 1988; Marengo et al., 2001). Durante o outono, o transporte de umidade em baixos níveis, proveniente do oeste da Amazônia, enfraquece devido às frequentes incursões das massas de ar seco e frio oriundo das latitudes médias sobre o interior da região subtropical da América do Sul (WMO, 1998).

Os pesquisadores Gan et al. (2001) estudaram as mudanças na circulação atmosférica da América do Sul, durante os períodos de transição da estação seca para a chuvosa e vice-versa, na região Centro-Oeste do Brasil ( $50^{\circ}$  W- $60^{\circ}$  W;  $10^{\circ}$  S- $20^{\circ}$  S), entre os anos de 1979 a 2000; eles observaram variações na circulação atmosférica, da mesma forma que a inversão do vento zonal no início e no término da estação chuvosa. Os resultados mostraram a presença de ventos de leste (oeste) em 850 hPa (200 hPa), durante a estação seca; e de oeste (leste) na estação chuvosa. Desse modo, o cisalhamento vertical do vento zonal, que é de oeste durante a estação seca, altera-se para leste na estação chuvosa. Os pesquisadores observaram ainda que, com relação à inversão do vento zonal nos baixos níveis, o sistema de monção inicia-se no começo de setembro, próximo aos Andes, e propaga-se para sudeste, atingindo  $48^{\circ}$  W em dezembro. Essa peculiaridade também foi constatada por Kousky (1988) e Marengo et al. (2001).

Outro fator importante na região Centro-Oeste do Brasil é a mudança na direção do fluxo de umidade integrado verticalmente na atmosfera. Durante a estação seca este é perpendicular à Cordilheira dos Andes ao norte de  $10^{\circ}$  S sendo que, em torno de quase duas semanas antes do início da estação chuvosa, ele começa a girar para sudoeste, favorecendo o transporte de umidade da Amazônia para a região Centro-Oeste (Gan e Moscati, 2003).

Novamente os pesquisadores Gan et al. (2001) encontraram uma relação entre a mudança nos padrões dos ventos e o campo de temperatura e umidade em baixos níveis da atmosfera. Portanto, com relação à temperatura, um máximo no campo de temperatura nos baixos níveis foi observado na região Centro-Oeste durante os meses de agosto e setembro, formado por um gradiente de temperatura negativo, contribuindo à mudança da direção do vento zonal na baixa troposfera. O que provavelmente justifica o aquecimento próximo à superfície durante o período seco e um ligeiro resfriamento logo após o início da estação

chuvosa. Já com relação à umidade específica nos baixos níveis, eles verificaram que essa variável possui um mínimo no inverno e um máximo no verão; porém, o aumento da umidade inicia-se antes do início da estação chuvosa.

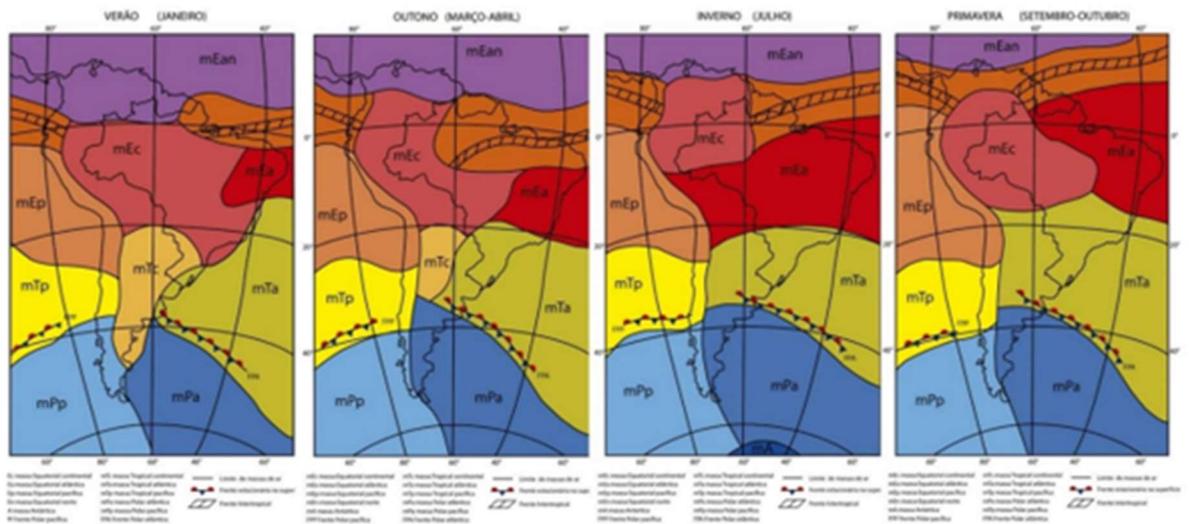
Outra característica de monção que tem sido observada na circulação dos ventos na alta troposfera. A mudança na direção do escoamento zonal observado na transição entre inverno para verão, resultando na formação de um anticiclone sobre o altiplano boliviano, conhecido como Alta da Bolívia (Virji, 1981). O desenvolvimento desse anticiclone inicia-se em torno de aproximadamente um mês antes do início da estação chuvosa no Centro-Oeste do Brasil, sobre a porção norte da região Amazônica, desloca-se para o sul e intensifica-se à medida que a convecção aumenta sobre a região tropical da América do Sul (Gan et al. 2001). Durante o período de verão, quando a circulação de monção está na sua fase mais ativa, ocorrem dias com pouca ou intensa precipitação. Esses períodos estão associados com o vento zonal de leste em baixos níveis nos períodos secos, e ventos zonais de oeste nos períodos chuvosos (Gan et al., 2001; Jones e Carvalho, 2002).

Segundo Gan et al. (2003), ao estudarem o período chuvoso na região Centro-Oeste nos anos de 2001 e 2002, verificaram que a estação chuvosa nesse período iniciou em 04 de novembro e terminou em 3 de abril. Dessa forma, mostraram que a convecção tropical, no início da estação chuvosa, começou sobre a região noroeste da América do Sul, conectada com a banda de nebulosidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) do Oceano Pacífico. Posteriormente se estendeu ao longo dos Andes, Paraguai e Sul do Brasil, configurada por uma faixa de nebulosidade associada à formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Essa mudança foi suficiente para aumentar o transporte de umidade específica para a região central do Brasil. Ainda, durante a estação chuvosa, a região Centro-Oeste, no período de 2001 a 2002, registrou períodos anômalos secos e chuvosos. Algumas análises das condições atmosféricas foram efetuadas para os períodos de 09 a 15 de janeiro (chuvoso) e de 18 a 27 de janeiro (seco).

Outro ponto de vista com relação à configuração dos sistemas atmosféricos da região Centro-Oeste é colocado por Borsato e Mendonça (2013). Eles afirmam que a região se configura como núcleo terminal das massas: equatorial continental (mEc), tropical continental (mTc), tropical atlântica (mTa) e a polar (mP) (MONTEIRO, 1951; NIMER, 1979; SERRA, RÁTISBONNA, 1942).

Por conseguinte, a região do Distrito Federal se insere neste contexto da dinâmica atmosférica, conforme esquematizado nos mapas da Figura 9. Isso significa dizer que a área de estudo apresenta a atuação das massas de ar continental e marítima de origem equatorial,

tropical e polar, que se deslocam sazonalmente sobre o continente, ora avançando, ora estacionando ou ora recuando MONTEIRO,1951 e CAMPOS et al. (2002). Desse modo, NASCIMENTO et al. (2006), consideram que o clima da região seja justificado pelos sistemas regionais de circulação atmosférica e pelas características fisiográficas; sobretudo o relevo, a posição latitudinal e a ausência de corpos hídricos consideráveis; isso condiciona uma significativa amplitude térmica ao longo do ano, com um verão quente e chuvoso, uma primavera com as temperaturas mais elevadas do ano e um inverno e um outono secos e com elevada amplitude térmica.



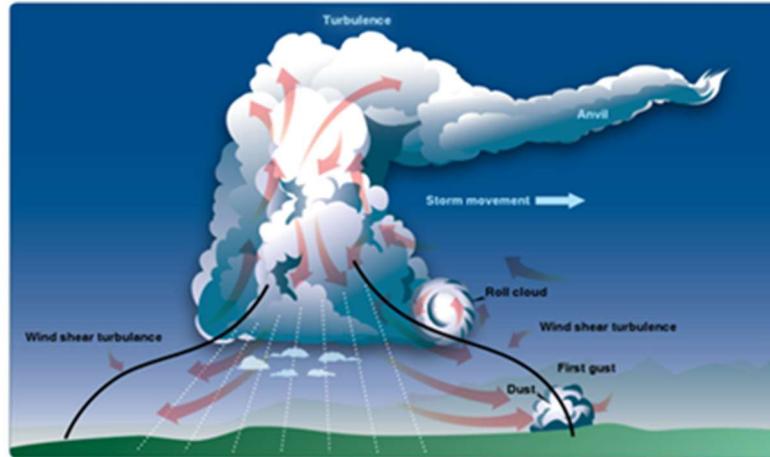
**Figura 9** - Posicionamento Médio das Massas de Ar no Continente Sul Americano.

Fonte: Adaptado por STEINKE (2017).

Assim sendo, entre os principais sistemas meteorológicos que contribuem para a ocorrência de precipitação na região Centro-Oeste do Brasil, estão as tempestades isoladas, as frentes frias, ZCAS e a Alta da Bolívia. Esses sistemas, na verdade, possuem escalas temporais, sazonais e horizontais diferentes e, por isso, podem causar mais ou menos precipitação em um mesmo intervalo de tempo.

### 3.1.1.1 Tempestades Isoladas

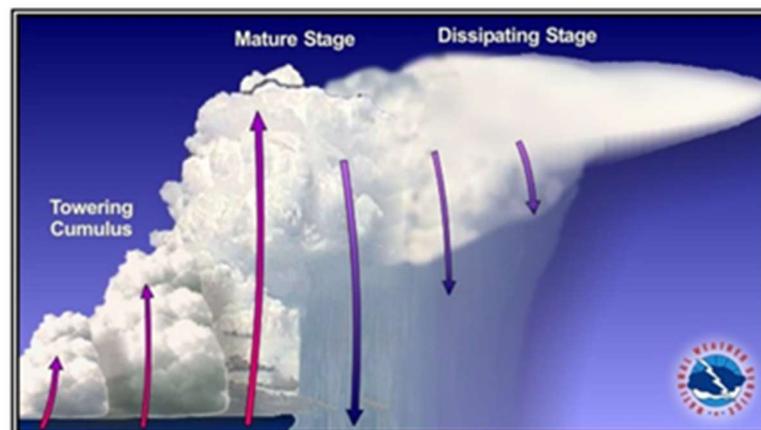
Este fenômeno ocorre principalmente no verão, devido à interação entre o calor e a umidade local, formando uma única nuvem, de grande desenvolvimento vertical, acompanhada em geral de trovoadas, descargas elétricas, ventos fortes e até mesmo, granizo (Figura 10).



**Figura 10** - Movimento e turbulência de uma tempestade.

Fonte: *FAA Handbooks Manual*.

A nuvem característica é a cumulonimbus (Cb), uma nuvem bastante convectiva, com crescimento vertical que pode ultrapassar 12 km de altitude, em forma de torre, e que se expande lateralmente no topo, assumindo a configuração de uma bigorna. O combustível para a formação de uma Cb está associado à presença de umidade, instabilidade e correntes ascendentes. O desenvolvimento local está condicionado a um forte gradiente térmico vertical, como resultado do aquecimento diurno, que atinge maiores proporções no período da tarde. Essa nuvem tem tempo de vida entre 30 e 60 minutos e possui três estágios durante seu ciclo de vida (Figura 11): estágio cúmulus (formação), maturação e decaimento (ou dissipação) (AHRENS, 1993).



**Figura 11** - Modelo simplificado do ciclo de vida de uma multicélula.

Fonte: *FAA Advisory Circular AC 00-6B*

### **3.1.2 Frentes Frias (FF)**

Em geral, frente fria é uma zona de transição entre duas massas de ar, uma massa de ar fria e uma massa de ar quente, normalmente configuradas por uma faixa de nebulosidade com direção noroeste-sudeste e com uma trajetória de sudoeste para nordeste, na América do Sul (Cavalcanti e Kousky, 2009). Climatologicamente, de acordo com estudos de Cavalcanti e Kousky (2009), as frentes frias ocorrem em maior número e durante todo o ano na faixa de latitude entre 25°S e 30°S, sendo mais frequentes nos meses entre maio e outubro.

Apesar disso, durante o verão estes sistemas são menos frequentes nas regiões Centro Oeste, sendo mais frequentes na região Sul e litoral do SE (Andrade e Cavalcanti, 2004).

Quando estacionam no litoral do SE e interagem com o ar úmido e quente vindo da região tropical, organizam o escoamento e auxiliam no estabelecimento de uma zona convectiva de precipitação, que se configura desde centro-sul amazônico, passa pela região Centro-Oeste, influencia a região Nordeste e se estende até a região Sudeste. Essa configuração é denominada de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) ou Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que pode durar três dias ou mais e ocasionar grandes acumulados de chuva nessas regiões.

Em relação à variabilidade interanual dos sistemas frontais na América do Sul, durante o período de 1980 a 2002, foi identificado o aumento da ocorrência de frentes frias na região Centro-Oeste durante os anos de El Niño (Andrade, 2005).

#### **3.1.2.1 Zona De Convergência Do Atlântico (ZCAS)**

Definida como uma banda de nebulosidade e precipitação que se estende desde a bacia Amazônica até a região sudeste do Brasil ou a porção do oceano Atlântico adjacente à região SE (Kodama 1992,1933; Carvalho et al., 2004), a ZCAS é um dos principais elementos do Sistema de Monção da América do Sul, que governa o regime de chuvas principalmente durante os meses de verão austral (dezembro, janeiro e fevereiro), período de maior atividade convectiva em grande parte do Brasil (Quadro, 1993,1994 e Quadro e Abreu, 1994).

Como a principal característica da ZCAS é a persistência de uma banda de nebulosidade e precipitação que persiste por alguns dias, variações espaciais e temporais desse sistema acabam sendo responsáveis pela ocorrência de eventos severos como alagamentos e deslizamentos de terra, devido aos grandes acumulados de precipitação.

Em relação ao El Niño – Oscilação Sul (ENSO, da sigla em inglês), a associação desse padrão com a formação da ZCAS ainda não é claramente estabelecida; entretanto, já existem estudos e observações que mostram que fases quentes do ENSO tendem a favorecer a persistência da ZCAS no oceano (Carvalho e Jones, 2009). Ferreira et al. (2004), através de uma análise de composições de eventos de ZCAS ocorridos em 23 episódios de El Niño e La Niña, observaram que, durante eventos de El Niño, a atividade convectiva associada à ZCAS sobre o continente é menos intensa, sendo mais intensa no oceano e é deslocada ligeiramente para oeste. Enquanto que, em episódios de La Niña, a atividade convectiva é mais intensa sobre o continente, aspecto esse evidenciado com a convecção mais intensa que o normal sobre parte do estado do Mato Grosso.

### **3.1.3 Alta da Bolívia (AB)**

A Alta da Bolívia é um sistema com circulação anticiclônica, que ocorre na alta troposfera no verão sobre a América do Sul. O padrão de circulação do verão na alta troposfera mostra a formação de um anticiclone sobre a parte central na América do Sul e um cavado no nordeste brasileiro (Carvalho, 1989).

Desse modo, um estudo de caso realizado pelos pesquisadores Steinke et al., em 2006, que tinha como objetivo investigar os principais sistemas atmosféricos geradores de evento extremos de precipitação no Distrito Federal durante o mês de outubro de 2006, sob uma perspectiva geográfica dos impactos pluviométricos decorrente desses eventos, constataram que os temporais que ocasionaram inúmeros transtornos na região foram provocados pelo encontro entre a umidade oriunda da Amazônia e frentes frias que atuaram na região Sudeste, combustíveis para a formação muitas nuvens convectivas sobre a região do Distrito Federal. No entanto, segundo os pesquisadores, os transtornos observados não podem ser associados somente a fatores meteorológicos, mas também à forte urbanização sobre a região Distrito Federal, o que possivelmente contribuiu para potencializar os impactos das chuvas observadas no período.

O aparecimento de problemas advindos da ocupação desordenada e da falta de planejamento urbano, como as inundações vinculadas a eventos pluviométricos extremos, faz com que todos os anos no Distrito Federal sejam registrados transtornos relacionados ao período chuvoso e o aumento do perigo de tragédias para famílias que ocupam os fundos dos vales, as margens dos córregos e as encostas. Barreto (2008) analisou os impactos das chuvas de verão no Distrito Federal, durante os meses de fevereiro de 2004 e março de 2005, objetivando

verificar o comportamento das chuvas no período e identificando as áreas susceptíveis em função das chuvas concentradas, levando em consideração os condicionantes físicos e sociais. Ele constatou que as áreas susceptíveis aos eventos extremos de chuva ocorreram nas Regiões Administrativas (RA's) de menor infraestrutura.

### 3.2 Base de dados

#### 3.2.1 Dados de chuva observados

A análise temporal dos eventos pluviais intensos e extremos pautou-se em dados diários na temporalidade de 2015 a 2017, de 2 estações meteorológicas (Tabela 01), cujos dados foram coletados por meio do site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)). O INMET monitora estações pluviométricas que disponibilizam os dados via internet.

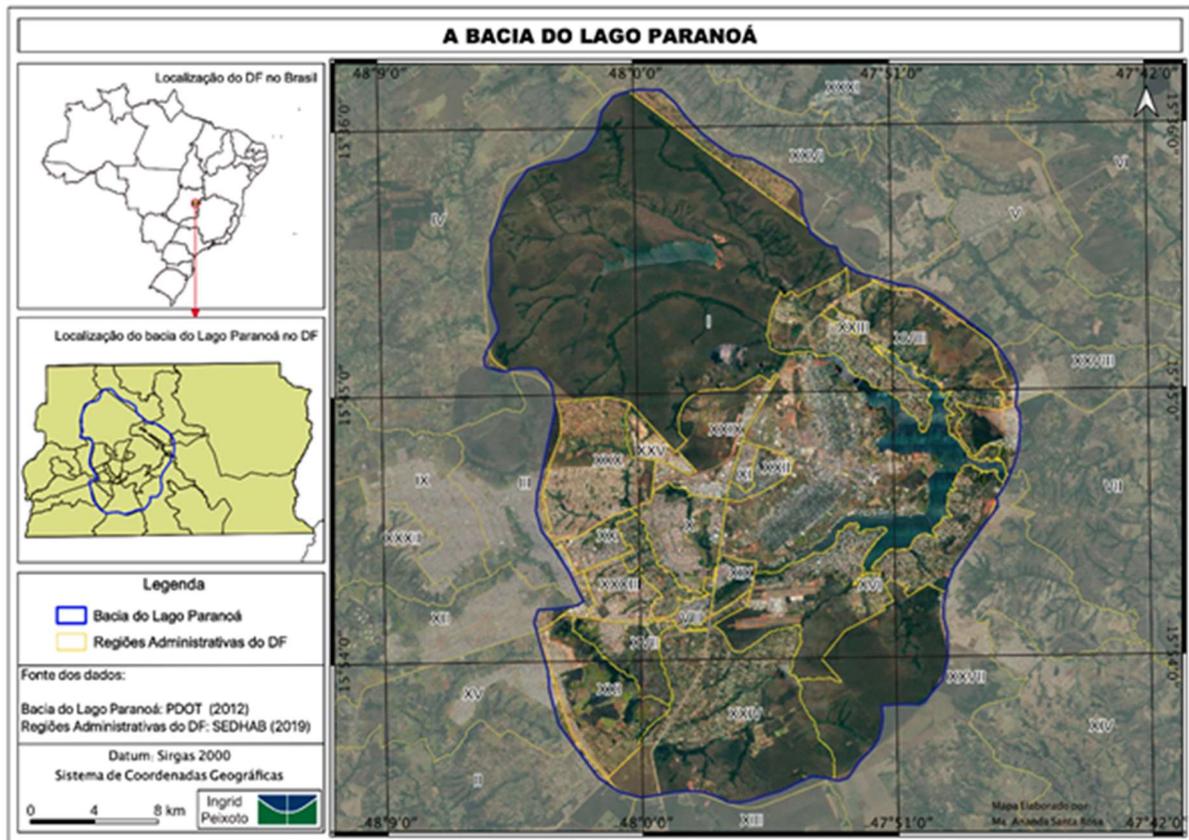
**Tabela 1** - Estações de Monitoramento utilizadas no estudo.

ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO					
Estação/Código	Responsável	Latitude	Longitude	Altitude	Fundação
Brasília (EMA)/ A001	INMET	-15.789343	-47.925756	1160.96 m	06/05/2000
Brasília (EMC)/ 83377	INMET	-15.78978	-47.925849	1161.42 m	11/09/1961

Fonte: INMET, 2020. Compilado pela autora, 2020.

A diferença nos registros de chuva nas estações automática e convencional se deve ao modo de leitura, uma leitura de hora em hora (hora local); ou seja, soma dos horas para o acumulado de chuva para o dia (00:00h a 23:59h), e outra, dado de chuva coletado entre 9 horas (12UTC) da manhã do dia anterior às 9 horas (12UTC) da manhã do dia seguinte, respectivamente.

Assim, escolheu-se como recorte o Distrito Federal, mais especificamente a Bacia do Lago Paranoá, por se tratar da área que abrange a maior parte do perímetro urbano e ser a única que representa a região central de Brasília (Figura 12).



**Figura 3** - Localização das estações do INMET (EMC e EMA de Brasília -DF), dentro da bacia hidrográfica do Paranoá. Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

### 3.2.2 Reportagens

Nesta fase do trabalho foram levantadas notícias de reportagens digitais, especialmente do Jornal Correio Braziliense e portal de notícia da Globo no DF – Portal G1, buscando ratificar os registros de ocorrência registrados pelo Corpo de Bombeiros e os gráficos e mapas de chuva do Distrito Federal.

Sendo assim, os resultados foram comparados com recortes de jornal do período chuvoso que compreende os meses de novembro a março da série de dados de 01/01/2015 a 31/08/2017, de modo a associar os dias de chuvas extremas a fatos descritos pela imprensa nas Regiões Administrativas (RA's) que compõem a área urbana do Distrito Federal, tais como: alagamentos, enchentes e inundações.

Ressalta-se que apesar das diferenças conceituais entre estes fenômenos (inundações, enchentes e alagamentos), devido à não diferenciação correta nos jornais consultados, neste estudo se utilizou a metodologia aplicada por Armond (2014); ou seja, uma análise conjugada, abarcando as três condições como sendo eventos e/ou episódios extremos de chuvas. Ainda, no

período escolhido para estudo (2015 a 2017), existiu uma forte crise hídrica, apesar da qual ocorreram alguns eventos pontuais significativos de chuva no Distrito Federal.

### **3.2.3 Ocorrências registradas pela Defesa Civil do DF**

Foram recolhidos, junto à Defesa Civil do DF (/DF), os registros de ocorrências relacionadas a chuvas durante os períodos analisados. Portanto, ao longo do período analisado nesta pesquisa, de janeiro de 2015 a agosto de 2017, a Defesa Civil registrou 103 ocorrências de danos decorrentes das chuvas em diversas RA's do DF; entre as ocorrências coletadas estão: destelhamentos, alagamento de hospital, alagamento de edificação, entupimento e/ou transbordamento da rede de esgoto, desabamentos, desmoronamentos, asfalto danificado, vendaval, queda de árvores, queda de energia elétrica. Para os atropelamentos, os acidentes automobilísticos etc., que ocorrem nessas situações, o CBM/DF considera que podem existir outros fatores que pesam na frequência dos acidentes automobilísticos; ou seja, nem sempre há como dizer que o acidente foi ou não causado pela chuva com base nos dados da ocorrência.

### **3.2.4 Modelo atmosférico**

Com o objetivo de gerar informações antecipadas sobre possíveis eventos meteorológicos extremos sobre bacias de drenagem, torna-se necessária a utilização de previsão numérica de tempo. Para contemplar este objetivo, serão utilizadas previsões numéricas do modelo de pequena escala COSMO, utilizado operacionalmente no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O modelo COSMO (*Consortium for Small-Scaling Modelling*) é um modelo de mesoescala de previsão atmosférica de área limitada não hidrostática. Resultado de um consórcio europeu para modelagem numérica da atmosfera, o modelo foi calibrado para simulações com alta resolução espacial em regiões com foco nas sub-bacias.

Este modelo permite a simulação de processos atmosféricos com escala temporal de algumas horas a dias e abrangência espacial de metros a centenas de quilômetros, além de ser aplicado tanto para previsão numérica do tempo como simulações climáticas. Em particular, o COSMO foi projetado com uma grade de espaçamento horizontal de 7km e 2.8km no Brasil. Por outro lado, como o COSMO é um modelo de área limitada (regional), necessita de dados nas fronteiras laterais, provenientes de um modelo atmosférico de escala global. No INMET, a fronteira de modelo global utilizada era a GME fornecida pelo Serviço Meteorológico Alemão

(DWD), que foi posteriormente substituída pela fronteira ICON, em dezembro de 2016. O primeiro é um modelo global hidrostático, com espaçamento horizontal de grade médio de 20km e 90 níveis na escala vertical. Embora seja um modelo de grade, o GME foi planejado de modo a resolver o problema de singularidade nos polos, comum em modelos de grade regular latitude-longitude. No GME, as variáveis atmosféricas são resolvidas nos vértices de uma grade icosaédrica-hexagonal, conforme descrito por Majewski et al. (2002). Por outro lado, no modelo global ICON, sigla para a expressão em inglês Icosahedral Non-hydrostatic model, a grade é similar à do GME, mas o modelo é não-hidrostático. Assim, ao resolver a equação do movimento da atmosfera não-hidrostática, a circulação pode ser simulada com maior resolução do que no caso do GME, com a possibilidade de simular, por exemplo, forte fluxo vertical dos ventos em nuvens convectivas (Wan et. al., 2013).

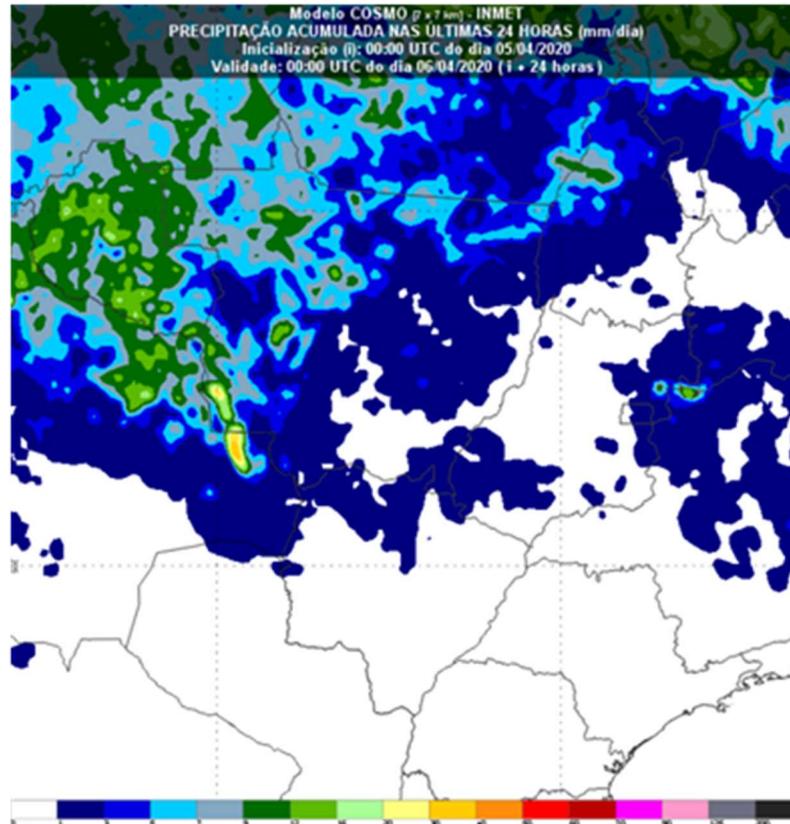
As aplicações operacionais do modelo COSMO foram, principalmente, na escala com um espaçamento horizontal de grade de 7 km x 7km, objetivando uma previsão numérica precisa de condições meteorológicas próximas da superfície, com foco em nuvens, neblina, nevoeiros, sistemas de vento locais termicamente forçados e precipitação frontal e orográficas. Isso permite uma simulação direta de eventos severos desencadeados por convecção úmida profunda, como tempestades de supercélulas, complexos convectivos de mesoescala intensa, tempestades pré-frontais e altas nevascas de mesociclones de inverno.

O modelo COSMO vêm sendo utilizado no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) desde 2013, com a finalidade de atender às exigências advindas de importantes demandas como Forças Armadas, Defesa Civil; bem como para fornecer as previsões do tempo, duas vezes ao dia, aos meios de comunicação (escritos, de áudio e televisivos). As saídas do modelo servem de ferramentas para auxiliar na previsão de tempo para todo o Brasil (Moura e Fortes, 2016).

No INMET, são realizadas quatro inicializações do modelo regional COSMO, às 00, 06, 12 e 18 UTC (Coordenada Tempo Universal); ou seja, são executadas a cada ciclo de 6 horas, para um período de simulação de 144 horas. O COSMO 7x7 Km provou ser muito bom durante esse período de 7 dias em toda a América do Sul. Considerando a confiabilidade do prognóstico para esse intervalo de simulação, pelo projeto proposto, serão utilizadas as previsões do modelo para identificar eventos e/ou episódios de chuva extrema em Brasília.

Desse modo são gerados prognósticos de variáveis como temperatura, vento, umidade e precipitação. No entanto, a variável meteorológica precipitação é a que desperta maior interesse devido a sua importância para o monitoramento das condições do tempo, de eventos severos, de atividades agrícolas, da indústria, do turismo, da moda, entre outras atividades. Para compor

esta pesquisa, foram extraídos os dados de precipitação acumulada do modelo COSMO com inicialização às 00UTC com validade de 24 horas (+24 horas), para cada dia, conforme evidenciado na Figura 13.



**Figura 4** - Exemplo da saída do COSMO de 7x7 km do INMET, campo de precipitação acumulada nas últimas 24h, executado às 00 UTC 05/04/2020 para as próximas 24 horas de previsão.

O modelo resolve as equações da dinâmica de convecção e possui uma série de equações que representam processos como a interação solo-vegetação-atmosfera, troca de fluxos turbulentos, transferências radiativas, microfísica de nuvens, entre outros. Foi construído para simular ou prever fenômenos atmosféricos de escala regional ou mesoescala. Maiores detalhes sobre o conjunto de dados são descritos por BALDAUF et al. (2011).

Embora, na situação mais segura, o resultado do modelo numérico de tempo sofra verificação diária, contra os valores observados nas estações meteorológicas, esse processo requer uma medida objetiva para determinar o nível de confiança no valor da informação de chuva, por exemplo, para o planejamento socio-estrutural da cidade (Dallamuta e Holzmann, 2020).

A modelagem numérica exige um enorme esforço computacional. São necessários 50 teraflops de poder computacional para se obter o modelo COSMO (24 horas) para o Brasil, utilizando os parâmetros de: precipitação, temperatura, vento, umidade e radiação. Existem apenas dois computadores no Brasil que possuem capacidade igual ou maior, e que são usados para a meteorologia.

De igual maneira à questão do processamento computacional, está o armazenamento de dados gerados pelo modelo COSMO; três meses de dados gerados acumulam cerca de um trilhão de registros em banco de dados; ou seja, o armazenamento é quase inviável.

Em vista da dificuldade de se processarem os dados do COSMO, somada à dificuldade de armazenamento, o trabalho de comparação do modelo com os registros observados pelas estações meteorológicas fica restringido ao que foi conseguido obter do previsto pela modelagem. Neste trabalho foram conseguidos os registros do COSMO, para todo o Brasil, para a previsão horária, de 01 de janeiro de 2015 até 31 de agosto de 2017. O foco da pesquisa foi orientado para o Distrito Federal, especificamente para a área da Bacia do Lago Paranoá.

Devido à janela temporal restringida pelos dados do COSMO, foi feita uma coleta dos dados observados nas estações meteorológicas (convencional e automática) para o mesmo período conseguido com a modelagem numérica trabalhada neste trabalho.

### **3.2.5 Verificação**

A verificação é um termo bastante conhecido na geografia e na modelagem climatológica para indicar um procedimento com objetivo de avaliar o desempenho da modelagem ou simulação. A verificação do modelo é feita com uma série de dados observados, os quais compõem uma série diferente da utilizada na calibração; ou seja, é uma forma de avaliar se a calibração feita para o modelo em um período está sendo efetiva de modo a permitir um resultado representativo em outros momentos da simulação (Tucci, 2005) O desempenho do modelo é geralmente melhor durante o período de calibração do que no período de verificação, um fenômeno chamado de divergência (Gupta e Sorooshian, 1985). Quando o grau de divergência é considerado inaceitável, conforme a característica da função objetiva, o modelador tem que examinar a estrutura do modelo e do processo de calibração, para analisar se as hipóteses são válidas ou inadequadas, e rever as inconformidades.

### 3.3 Análises

#### 3.3.1 A climatologia das chuvas na bacia do Paranoá

No Distrito Federal ainda não existe um processo de previsão que use um modelo numérico de forma sistemática, visto que o período de chuvas é muito bem estabelecido.

Entretanto, seria de extrema importância gerar um montante de dados meteorológicos extraídos de modelos numéricos afim de validar e embasar estudos de precipitação de forma pontual, acumulado numa determinada localidade. E assim contribuir para setores como: energético, recursos hídricos, agrícola, aviação, saúde e defesa civil do país.

Seguindo as recomendações de Monteiro (1951), para utilizar a série de trinta anos sugerida pelo autor devido à inconsistência e indisponibilidade de dados, fez-se uso da Normal Climatológica produzida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a comparação com os resultados.

O INMET é responsável pelo monitoramento climático do Brasil; ele esclarece que as Normais Climatológicas são obtidas através do cálculo das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Essas médias referem-se a períodos de 30 (trinta) anos, sucessivamente, de 1901 a 1930, 1931 a 1960, 1961 a 1990 e 1981 a 2010.

Como, no Brasil, somente a partir de 1910 a atividade de observação meteorológica passou a ser feita de forma sistemática, o primeiro período padrão possível de ser calculado foi o de 1961 a 1990 e 1981 a 2010, citado no item 2.3.1. Deste, pretendeu-se, por fim, avaliar o comportamento espaço-temporal da chuva nesse período e correlacioná-lo com o evento extremo em questão.

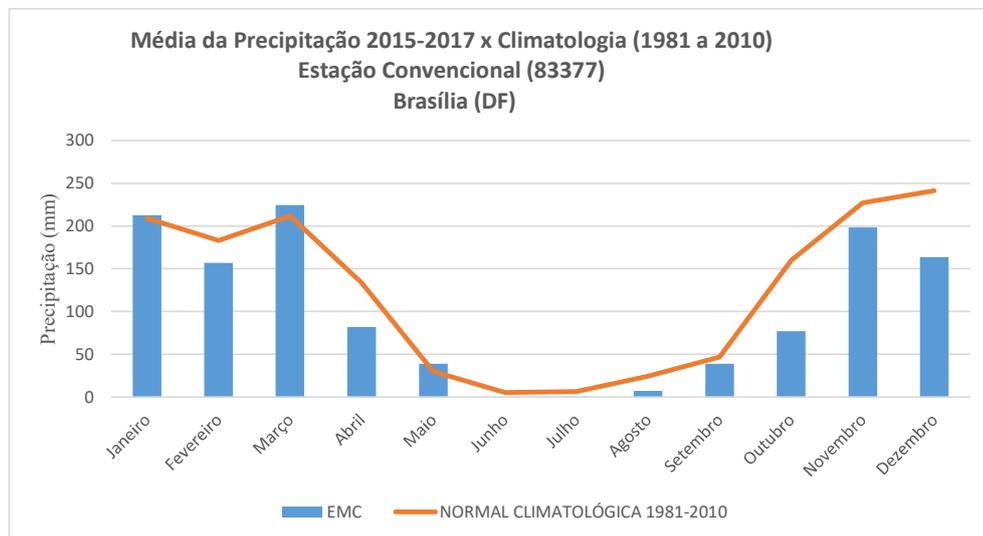
Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados dados de registro diário das chuvas ocorridas no período de 2015 a 2017, na estação meteorológica convencional e automática INMET em Brasília, devido a sua representatividade estratégica na bacia do Paranoá.

Para as estações convencionais foi considerada a Normal Climatológica do Brasil 1981-2010 versus a média de chuva para o período de 2015-2017, que primeiramente foi calculando primeiro o mensal acumulado de chuva e, em seguida, gerando uma média para o período. Para os dados das estações automáticas, os dados horários foram somados para obter o diário e o mensal e, em seguida, foi calculado a média para o período existente de dados na estação (01/01/2015 a 31/08/2017), também associado com a normal climatológica de 1981 a 2010.

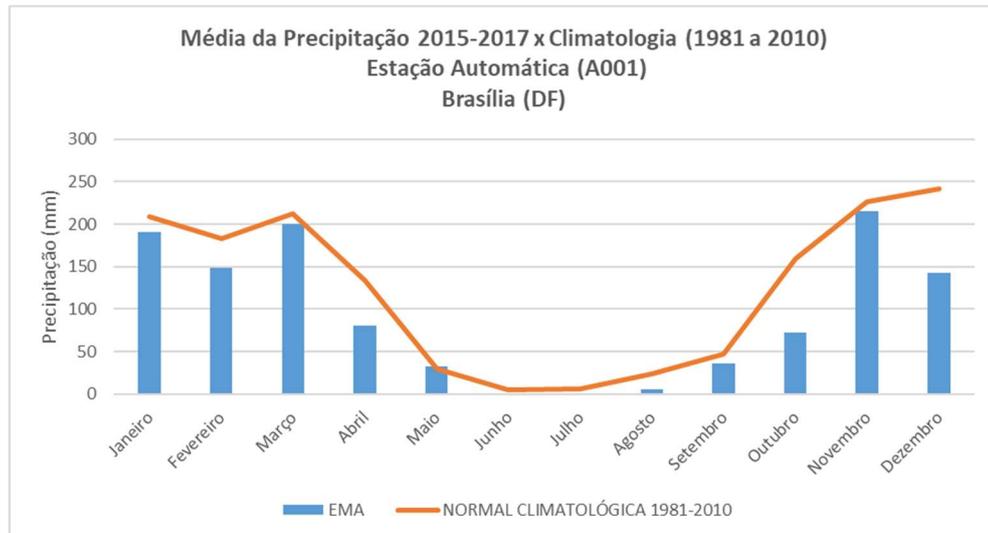
A seguir são apresentados os gráficos da variação mensal da chuva em Brasília. Ressalta-se que uma estação meteorológica tem representatividade de até 50km, segundo definições da Organização Meteorológica Mundial (OMM); assim ela é utilizada como referência. Além da coluna da distribuição mensal, há a linha da Normal Climatológica para o período 1981-2010, que tem como objetivo confirmar o comportamento da chuva para o período 2015-2017 e sublinhar a anomalia de precipitação (chuva acima ou abaixo da climatologia). Do mesmo modo, foram tratados os dados da estação automática para o período existente de dados.

As Figuras 14 e 15 apresentam o regime de chuvas para o período de janeiro de 2015 a agosto de 2017 versus a Normal Climatológica 1981-2010 e mostram períodos bem definidos, com o seco no trimestre junho-julho-agosto, com mínimo em junho de 0,0 mm e um período relativamente chuvoso no semestre novembro a março, com precipitação acima de 200 mm.

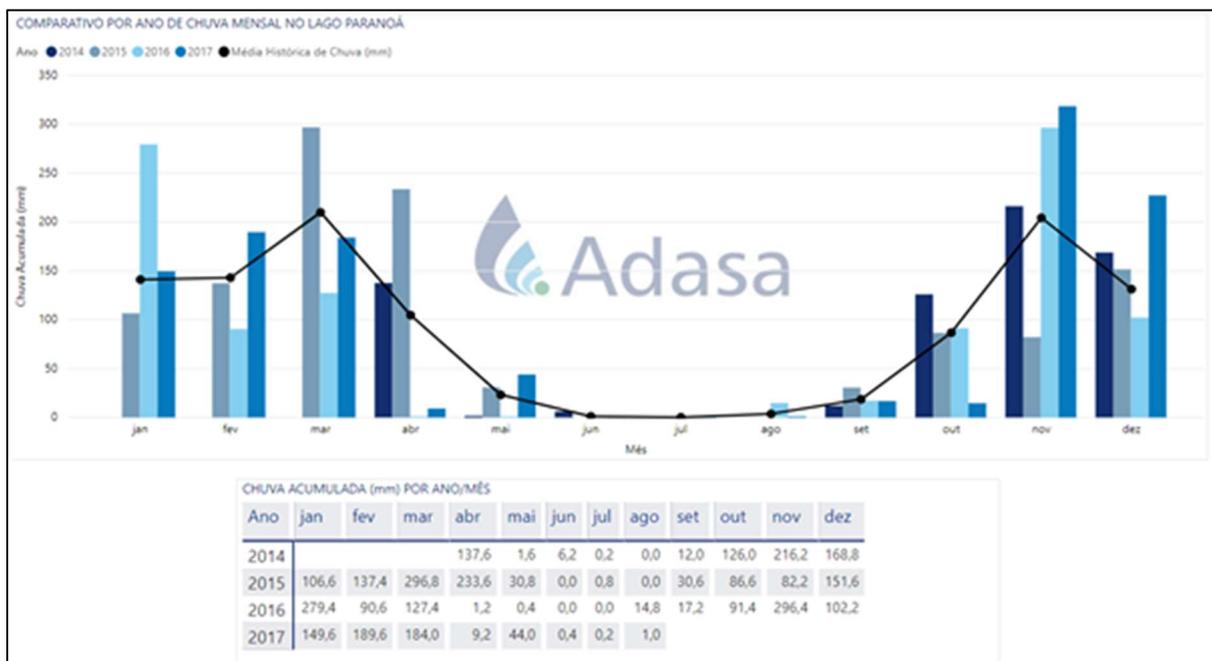
É válido ressaltar que durante o período de 2015 a 2017 o Distrito Federal passou por uma forte crise hídrica; entretanto, apesar disso, foram registrados eventos pontuais de chuva extremas, ocasionando alguns transtornos à população local, conforme se pode observar na Figura 16, que mostra relativamente um baixo acumulado de chuva mensal no Lago Paranoá, durante a série estudada.



**Figura 5** - Médias pluviométricas mensais da estação convencional de Brasília - 2015-2017 versus normal climatológica de 1981 a 2010. Elaborado pela autora, 2020.



**Figura 6** - Médias pluviométricas mensais da estação automática de Brasília - 2015-2017 versus normal climatológica de 1981 a 2010. Elaborado pela autora, 2020.



**Figura 7** - Comparativo de precipitação mensal do Lago Paranoá no período de abril de 2014 a agosto de 2017. Fonte: Adasa, 2016.

### 3.3.2 Definição de eventos significativos usando dados de precipitação

De posse dos dados, foi realizada a identificação dos eventos e/ou episódios extremos de precipitação ocorridos no período 2015 a 31/08/2017; para essa análise, foi aplicada a técnica dos percentis, destacando que os valores menores que 1 mm foram desconsiderados da amostra, uma vez que foram considerados como chuvisco. A técnica dos percentis consiste em dividir a

série de dados em 100 partes sendo então definidos intervalos de interesse ao longo da série (Silvestre, 2016). Desse modo, para a definição de eventos de chuva intensos, utilizou-se o Percentil 95 (P95) e para eventos extremos de chuva, utilizou-se o Percentil 99 (P99), adaptado de Pinheiro (2016), Oyama e Oliveira (2016).

### 3.3.2.1 Percentil 95%

Os eventos de chuva intensos ocorridos em Brasília foram identificados a partir da utilização do parâmetro estatístico percentil 95% (R95p, dias com chuvas intensas), conforme equação 1. Essa técnica foi proposta por Pinkayan (1966) e amplamente utilizada por Xavier (2001) e Santos (2013). Considerou-se como um evento de precipitação intensa o valor igual ou superior ao percentil 95.

Equação 1:

$$k = \frac{p(n + 1)}{100}$$

Onde: A definição de Mendenhall e Sincich para o p-ésimo percentil de N valores ordenados é correspondente ao valor que ocupa a posição k , arredondada para o inteiro mais próximo.

Desse modo, utilizou-se como critério para definir evento intenso o método estatístico do Percentil 95%. Logo, todo o registro maior ou igual a 37 mm em um período de 24 horas na estação automática de Brasília (A001). A partir do critério escolhido foi encontrado um total de 20 amostras com registros iguais e/ou superiores a 37 mm.

### 3.3.2.2 Percentil 99%

Os eventos de chuva extrema foram identificados a partir da utilização do parâmetro estatístico percentil 99% (R99p, dias extremamente chuvosos), recomendado pelo Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI), representando 1% das precipitações mais significativas em toda a série de dados estudada, conforme expresso a seguir.

Equação 02:

$$k = \frac{p(n + 1)}{100}$$

Onde: A definição de Mendenhall e Sincich para o p-ésimo percentil de N valores ordenados é correspondente ao valor que ocupa a posição k , arredondada para o inteiro mais próximo.

Este método foi utilizado de maneira satisfatória (HALLAL, 2007; BARCELLOS, 2009; GOUDARD, 2015; PINHEIRO, 2016), com o objetivo de identificar elevados totais de chuva diários com potencial de desencadear impactos negativo no meio urbano.

Utilizando como critério para definir evento extremo o método estatístico do Percentil 99%, abrangemos todos os registros maiores ou iguais a 52 mm em um período de 24 horas na estação automática de Brasília (A001). A partir do critério escolhido foi encontrado um total de 5 amostras com registros superiores a 52 mm.

A metodologia foi aplicada para a estação meteorológica automática de Brasília-DF, respeitando o regime de chuva local; ou seja, embasando-se no comportamento da precipitação com base na normal climatológica de 1981 a 2010. Consideraram-se, portanto, apenas os picos acumulados de chuva superior a 52 mm em 24 horas, o que corresponde ao valor do percentil 99% da estação meteorológica do INMET em Brasília (DF).

### 3.3.3 Avaliação do modelo COSMO

Para analisar a acurácia dos prognósticos do modelo COSMO em relação ao dado de precipitação na estação automática de Brasília, foram calculados os erros de precipitação prevista em relação à observada, através da raiz do erro quadrático médio (RMSE) e do erro médio (ME), por serem consideradas medidas padrão de precisão das previsões, capazes de indicar a magnitude do erro. As análises estatísticas foram obtidas para as inicializações do COSMO, para a previsão de um dia (24 horas).

#### 3.3.3.1 Raiz do erro quadrático médio (RMSE)

O RMSE dá a medida do erro médio nas mesmas dimensões da variável analisada. É comumente usado para expressar a acurácia dos resultados numéricos, definida através da equação a seguir.

Equação 03:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$$

Onde  $P_i$  = valor da precipitação estimada pelo modelo COSMO,  $O_i$  = valor da precipitação diária e  $n$  o número de dias observados.

Por fim, estas dinâmicas foram analisadas de maneira conjugada com os dados de chuva extraídos do modelo meteorológico COSMO. Dessa forma, fez-se possível a verificação do acerto do modelo com relação às chuvas; ou seja, relação entre o dado de chuva ocorrido e o observado pelo modelo COSMO, no dia do evento. Assim se identificam os padrões de variabilidade da chuva no DF e os sistemas atmosféricos que atuam na gênese das disritmias climáticas e suas repercussões na área de estudo.

### 3.3.3.2 Erro Médio (ME em inglês) ou tendência ou, ainda, viés (BIAS em inglês)

O VIÉS indica a direção média dos desvios de um conjunto de previsões a partir de um conjunto de valores observados. Ele indica uma tendência de o modelo superestimar (ME positivo) ou subestimar (ME negativo) a precipitação em relação ao observado (Wilks, 1995 e 2006). Essa tendência, também chamada de erro sistemático, é definida através da equação a seguir.

Equação 04:

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x|$$

Onde  $X_i$  = valor da precipitação estimada pelo modelo COSMO,  $x$  = valor da precipitação diária e  $n$  o número de dias observados.

### 3.3.3.3 Pós-processamento dos dados do Modelo COSMO

A primeira etapa para todo o processo de previsão se baseia na obtenção do dado previsto pelo modelo numérico. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) criou o formato de dado binário chamado GRIB, que pode armazenar uma infinidade de informações, de diversos tipos de parâmetros para manipulação posterior. Os dados do modelo COSMO, contendo os valores de certos parâmetros, como precipitação, podem ser obtidos nesse formato de arquivos.

#### **3.3.3.4 Extração dos dados de chuva do modelo**

O primeiro passo para uma boa previsão é estimar os parâmetros meteorológicos de uma forma consistente; para tanto usou-se o modelo numérico COSMO (7 km x 7 Km) por possuir um ótimo desempenho no prognóstico da variável chuva para a região do Distrito Federal. Essa etapa inicial necessita de um grande esforço computacional para a obtenção de tais dados, mesmo com o padrão 7 Km x 7 Km.

#### **3.3.3.5 Eficácia do modelo COSMO**

Como parte da análise exploratória dos dados obtidos pelo COSMO, é importante, para não dizer essencial, verificar a eficácia do modelo para a previsão. Para tanto se buscaram dados de 01/01/2015 até 31/08/2017, utilizando como base o acumulado de precipitação diária.

Ressalta-se que os dados das estações automáticas são transmitidos de hora em hora (00h00m a 23h59m); logo, foi necessário fazer uma soma dos dados para se obter o total diário de precipitação. Pois o prognóstico do modelo COSMO é o acumulado de chuva em 24 horas.

Assim, foram comparados os dados de precipitação acumulado simulados pelo modelo e os observados nas estações automáticas. Para tanto, foi escolhido o ponto gradeado do COSMO, tendo como referência a mesma localização (coordenadas) da estação automática do INMET, em Brasília. É válido mencionar que os dados dessa estação estão disponíveis gratuitamente através do site institucional;

#### **3.3.3.6 Índice de desempenho do modelo**

Adotou-se a análise qualitativa como primeiro critério de verificação da eficácia do modelo COSMO, baseando-se na constatação do prognóstico da precipitação; ou seja, se o modelo acertou ou não a ocorrência de precipitação. Para tanto, adotou-se como condicionante simplória, porém esclarecedora: se houve registro de precipitação no dia; se não houve previsão de pelo menos 1 milímetro é considerado “erro” do modelo numérico, caso contrário é “acerto”.

A quantificação da chuva adotada pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) é feita em termos da espessura da camada de água que se formaria em decorrência da precipitação caída sobre uma superfície plana, horizontal e impermeável, onde não houvesse evaporação. Desse modo, tanto os padrões da OMM bem como o modelo COSMO e o manual de instruções do observador do INMET consideram como registrado de precipitação chuva

acima de 1,0 mm, o que equivale à queda de 1,0 litro de água em cada metro quadrado da referida superfície.

### 3.3.3.7 Viés estatístico

Como segundo método de acerto do modelo COSMO, fez-se o uso do viés estatístico (Equação 5), sugerido como metodologia puramente empírica e quantitativa. Para tanto, adotou-se o linear de 5 mm de chuva, para mais e/ou para menos, para indicar as estimativas de o modelo apresentar alguma tendência a superestimar ( $\text{Viés} > 5$ ) ou subestimar ( $\text{Viés} < 5$ ) os dados observados. Essa avaliação leva em consideração o sinal e a magnitude do resultado. Nesta pesquisa, o limiar de precipitação utilizado foi 5 mm. Sendo assim, se o resultado da subtração da chuva Prevista e a Observada for positivo, modelo superestimou; se negativo, o modelo subestimou; e, se os resultados estiverem dentro do linear de 5 mm (viés entre -5 e 5 mm dia-1), para mais ou para menos, o modelo acertou (Souza et al., 2019).

Equação 5:

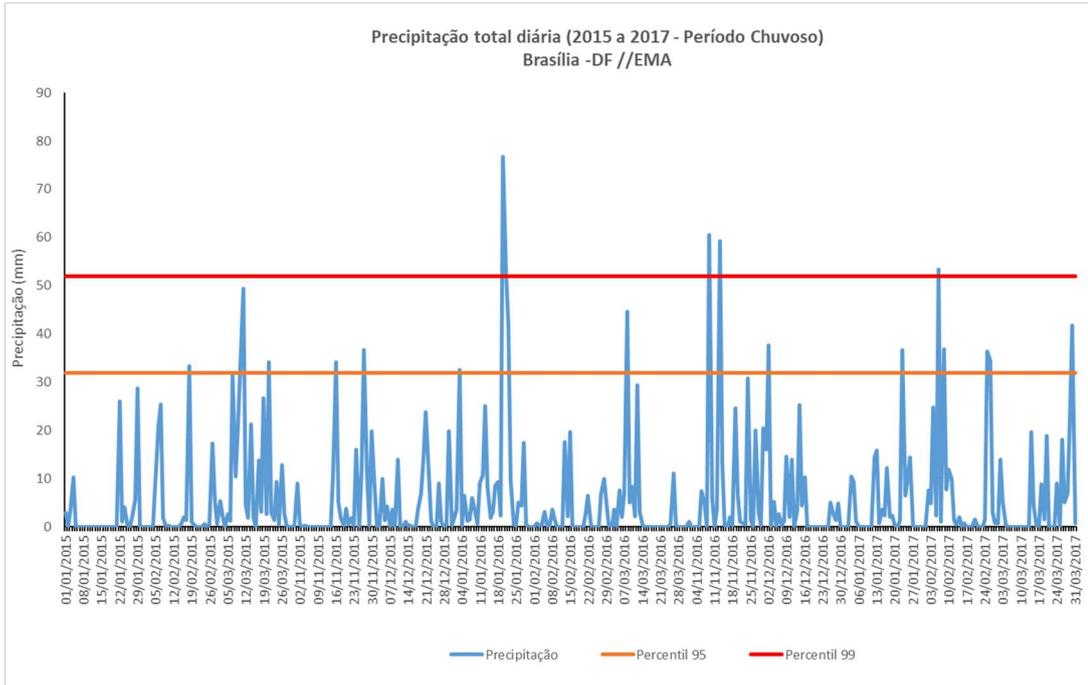
$$\text{Viés} = \sum_{i=1}^n (S_i - P_i)$$

Onde  $S_i$  = valor da precipitação estimada pelo modelo COSMO e  $P_i$  = valor da precipitação diária

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Identificação e características dos eventos extremos em Brasília (DF)

O gráfico de precipitação total diária permitiu visualizar a distribuição dos eventos ao longo da série de dados, destacando que eventos de precipitação intensa ocorreram em todos os anos do período, pelo menos uma vez ao ano. Já os eventos de precipitação extrema não ocorreram em todos os anos, mas têm maior capacidade de ocasionar impactos à dinâmica urbana devido aos estragos que podem causar na estrutura das cidades de modo geral (Figura 17). Nos meses da estação chuvosa, compreendida entre os meses de novembro a março, o percentil 95 foi superior a 37 mm e o percentil 99 foi maior ou igual a 52 mm.



**Figura 8-** Totais pluviométricos diários – Estação automática de Brasília (EMA)- DF (2015-2017).

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

No que se refere aos eventos extremos, evidencia-se a utilização de percentis 95% e 99%, representando, respectivamente, 11% e 3% das precipitações mais significativas em toda a série de dados estudada, conforme mostra tabela 2.

**Tabela 2** - Número de dias com chuva e percentual de ocorrências de eventos chuvosos com base em percentis.

PRECIPITAÇÃO		
DIAS CHUVA (AUT)	DIAS 95+	DIAS 99+
187	20	5
100%	11%	3%

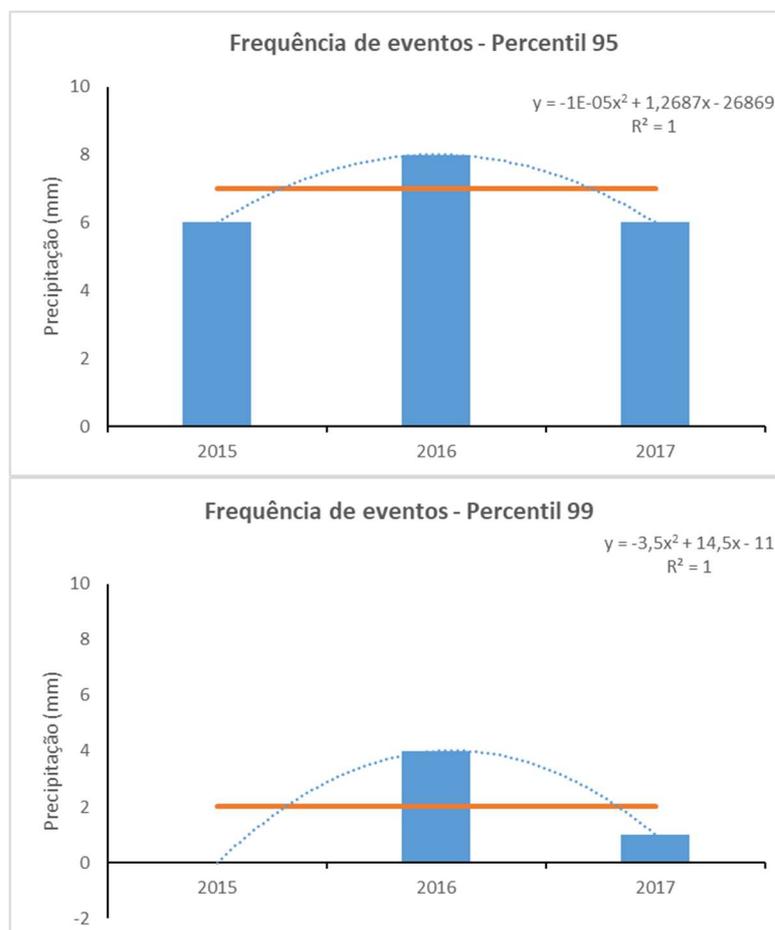
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Ressalta-se que em Brasília os episódios de chuva extrema, com destaque para os alagamentos e inundações, configuram-se como processos históricos que permearam a construção da cidade, cuja expansão ocorreu de forma inadequada (STEINKE et al., 2006). De acordo com Mendonça et al. (2001, 2013, 2015), as inundações acompanharam o espraiamento da mancha urbana, impactando apenas a área central, entre o início e meados do século XX; e, na medida em que a urbanização notoriamente desordenada adentrou outros espaços, sobretudo,

a partir da década de 60, estas dinâmicas também passaram a ser registradas em outros locais da cidade de modo acentuado. Esses fatores se associam às dinâmicas atmosféricas deflagradoras desses eventos, as quais, de acordo com Grimm (2009), estão atreladas aos aportes de umidade provenientes da Massa Tropical Atlântica (MTA) e Massa Equatorial Continental (EC), por meio da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sobretudo no verão. Desse modo, o regime de chuva em Brasília está associado a dinâmica das massas de ar e às condicionantes de um clima transicional, o que confere particularidades em relação à variabilidade das precipitações e aos extremos de chuva na área supracitada.

Avaliando a frequência de eventos nas classes de chuva intensa e extrema (Figura 18), é possível visualizar que os eventos de chuva intensa apresentam uma média anual de 7 eventos intensos ao longo da série de 01/01/2015 a 31/08/2017. Sendo que no ano de 2016, de acordo com a estatística do percentil 95%, esses eventos intensos ocorreram em maior frequência, com registro de 8 eventos.

Enquanto os eventos de precipitação extrema vinham apresentando uma média de apenas 2 eventos por ano, em 2016 também houve o maior número dessas ocorrências (com 5 eventos).



**Figura 9** - Frequência da média anual de eventos por classe de intensidade- Percentil 95 e Percentil 99.

Elaborado pela autora, 2020

Desse modo, os eventos de chuvas extremas, correspondentes aos dias com precipitações iguais ou superiores ao P 99%, a análise dos dados climáticos, destacada neste trabalho, permitiu constatar que houve apenas 5 episódios de precipitações extremas no período de 01/01/2015 a 31/08/2017 na área de estudo, sendo que o ano 2016 registrou o maior número de eventos intensos da série (4 eventos).

Descritivamente, todos os eventos extremos da série foram descritos em ordem decrescente de acumulado de chuva: 76,8 mm no dia 20/01/2016; 60,6 mm no dia 09/11/2016; 59,2 mm no dia 13/11/2016; 53,4 mm no dia 06/02/2017; e 52,8 mm no dia 21/01/2016.

#### **4.1.1 Análise climática das chuvas do Distrito Federal com base nas ocorrências do percentil 99+**

Foram analisadas as ocorrências de precipitação no Distrito Federal, durante os períodos chuvosos dos anos de 2015 a 2017, que apresentaram precipitação superior a 52 mm em 24 horas. Os resultados foram separados em episódios e analisados em conjunto.

#### **4.1.2 Principais sistemas atmosféricos que atuaram na região Centro-Oeste, em janeiro de 2016, influenciando as chuvas no DF**

De acordo com a previsão climatológica elaborada pelo INMET, em janeiro de 2016, as condições meteorológicas foram influenciadas pela atuação de áreas de instabilidade ocasionadas pela Alta da Bolívia (calor e alta umidade) e pela atuação de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), entre os dias 16 e 24.

#### **4.1.3 Principais sistemas atmosféricos que atuaram na região Centro-Oeste, em novembro de 2016, influenciando as chuvas no DF**

As chuvas registradas na região Centro-Oeste nesse mês de novembro foram devidas às entradas de duas frentes frias, nos dias 02 e 03 e nos dias 18 e 19, e por instabilidades formadas pelo calor e a alta umidade relativa do ar.

#### **4.1.4 Principais sistemas atmosféricos que atuaram na região Centro-Oeste, em /fevereiro de 2017, influenciando as chuvas no DF**

Durante o mês de fevereiro de 2017, as condições meteorológicas sobre a região Centro-Oeste foram influenciadas basicamente por áreas de instabilidade ocasionadas pelo calor e umidade; sendo que, entre os dias 14/02 e 20/02, as chuvas se intensificaram devido à atuação de um Vórtice Ciclônico dos Altos Níveis da Atmosfera (VCAN), associado a Alta da Bolívia (AB), em altos níveis da atmosfera. Entretanto, no dia 05/02, houve a influência de uma frente fria que atingiu o sul do Mato Grosso do Sul e induziu a formação de áreas de instabilidade (pela pré-frontal) no restante desse Estado e no centro-sul dos estados do Mato Grosso, de Goiás e do Distrito Federal, no dia seguinte.

##### **4.1.4.1 Episódio pluviométrico 1 (de 20 e 21 de janeiro de 2016)**

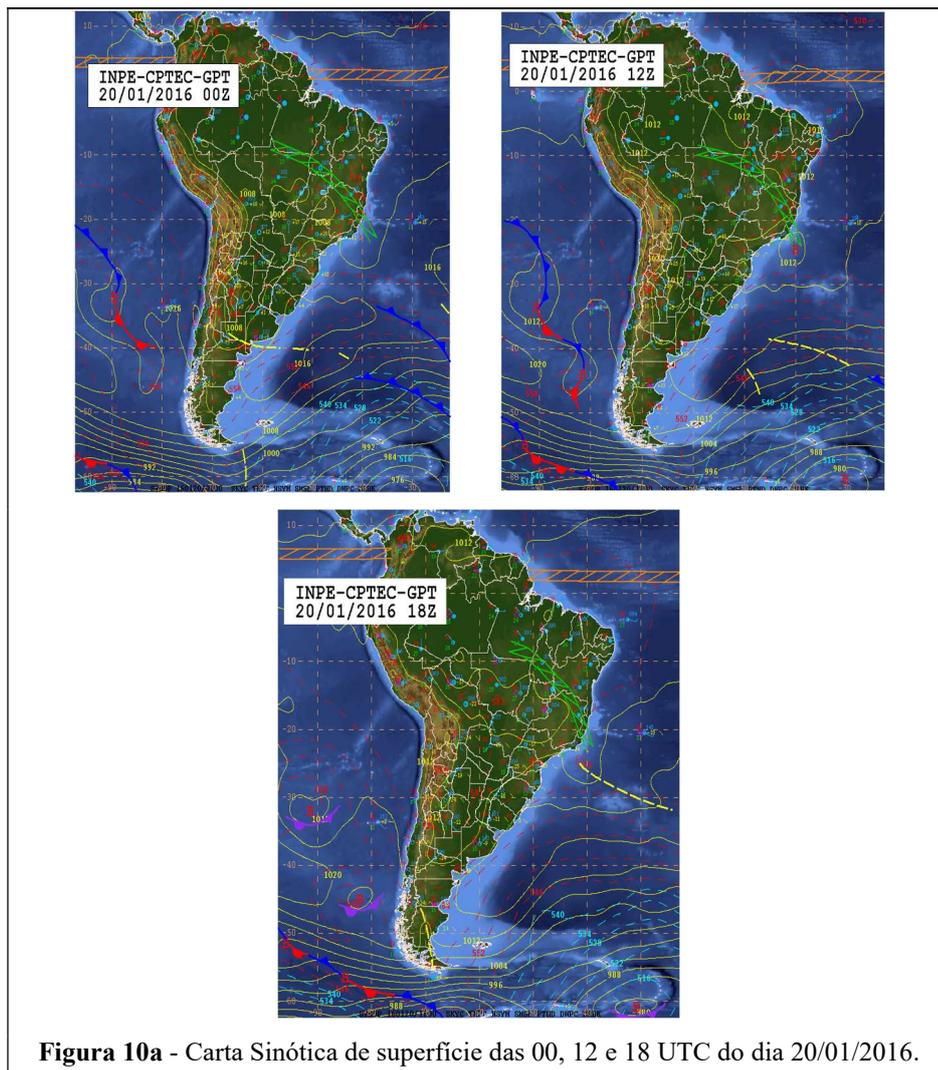
Em janeiro de 2016, o Distrito Federal registrou 398 mm de chuva no mês. Esses grandes volumes de precipitação estiveram associados a uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) -- que atua criando um corredor de umidade que se estende desde o centro-sul Amazônico, passando pela região Centro-Oeste até a região Sudeste - e a áreas de instabilidades locais (chuva convectivas), comuns durante a estação de verão no HS.

Procuramos entender a origem dos eventos extremos nos dias 20 e 21/01/2016, quando a estação automática do Inmet registrou os acumulados de 76,8 mm e 52,8 mm, em apenas 24 horas (de 9 horas (12UTC) da manhã do dia anterior às 9 horas (12UTC) da manhã do dia seguinte). Notamos que a dinâmica atmosférica no período demonstra que o sistema sinótico (ZCAS), configurado há mais de três dias sobre a região, ganhou o reforço de um sistema de baixa pressão subtropical, com centro de 1010hPa, localizado no oceano Atlântico Sul, oscilando em aproximadamente 27°S/32°W no dia 20 (Figura 19a) e 26°S/42°W no dia 21 (Figura 21a). Conforme carta de superfície, essa configuração atmosférica, associada a um pronunciado cavado que se estende desde o oceano Atlântico Sul até o continente, especificamente sobre a região Sudeste e parte leste da região Centro-Oeste, em altos níveis da atmosfera (Figuras 19b e 21b), nos dois dias (20 e 21 de janeiro), foi a responsável por potencializar as chuvas no Distrito Federal.

Com relação às imagens GVAR a bordo do satélite geostacionário GOES-13, temperatura de topo das nuvens (TN), observa-se que no dia 20, por conta da presença da ZCAS,

a porção centro-norte se manteve com bastante instabilidade ao longo de todo o dia. No que se refere à área de estudo, logo nas primeiras horas da manhã, o tempo no Distrito Federal se manteve encoberto com fortes pancadas de chuva e trovoadas isoladas. No decorrer do dia, a condição de nebulosidade sobre a região apresentou uma ligeira diminuída; no entanto, mostrando-se ainda bastante, favoreceu a pancada de chuva no período da tarde e noite, conforme Figura 20. Em outras palavras, houve registro de chuva em Brasília ao longo de todo o dia, porém com maior intensidade durante o período da manhã.

No dia 21, a condição do tempo se manteve relativamente parecida com o dia anterior (20/11); ou seja, sobre o domínio da ZCAS. No entanto, as fortes chuvas se concentraram mais no período da tarde e noite no Distrito Federal. Na manhã do dia 21, o tempo estava nublado a encoberto com pancada de chuva isolada. Já no período da tarde, a interação entre o calor e a alta umidade sobre a região, favoreceu uma condição de tempo bastante instável em Brasília (Figura 22), com a formação de nuvens convectivas == típicas de verão – de forte intensidade e curta duração, às vezes acompanhadas de fortes rajadas de vento e trovoadas isoladas.



**Figura 10a** - Carta Sinótica de superfície das 00, 12 e 18 UTC do dia 20/01/2016.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.

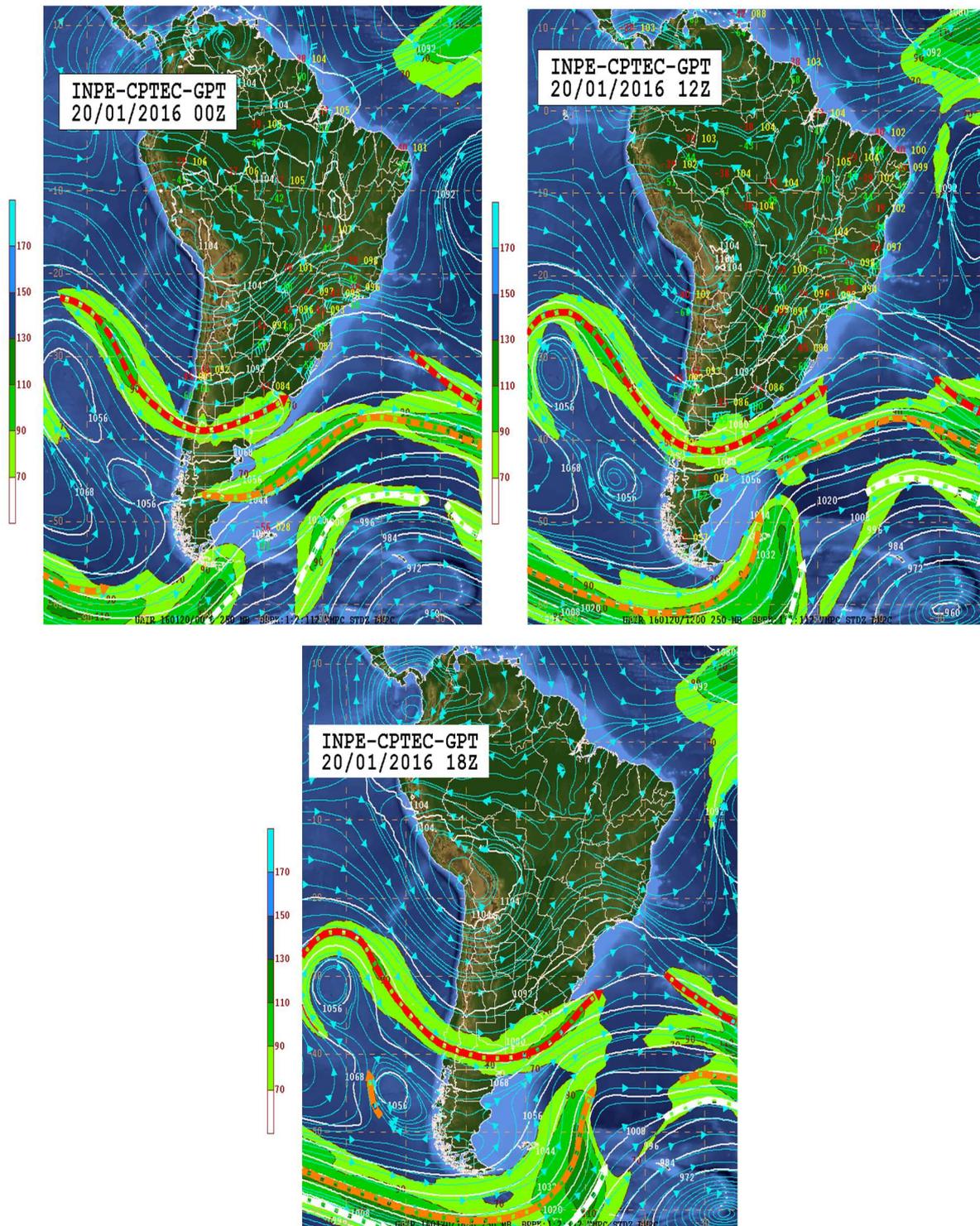
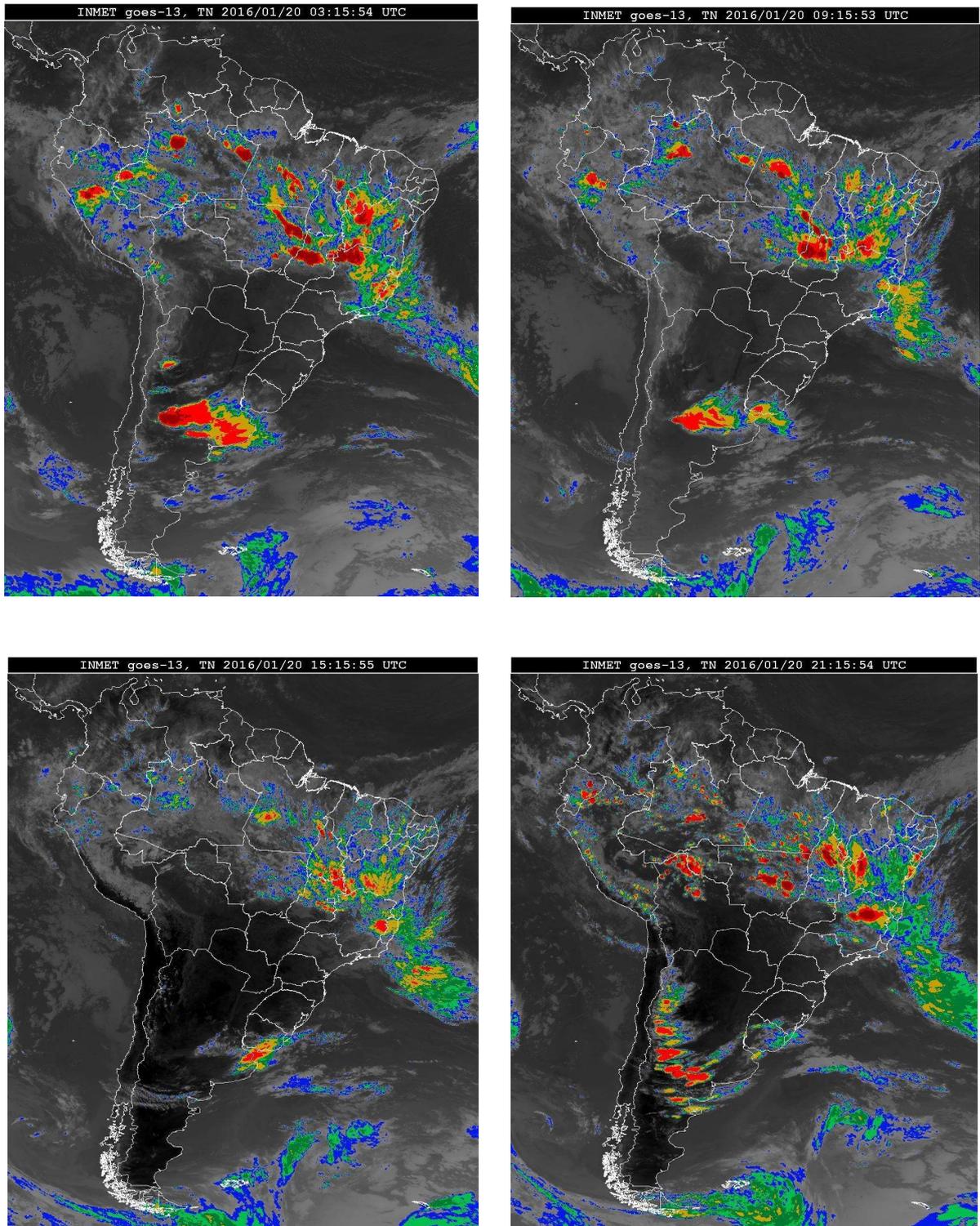
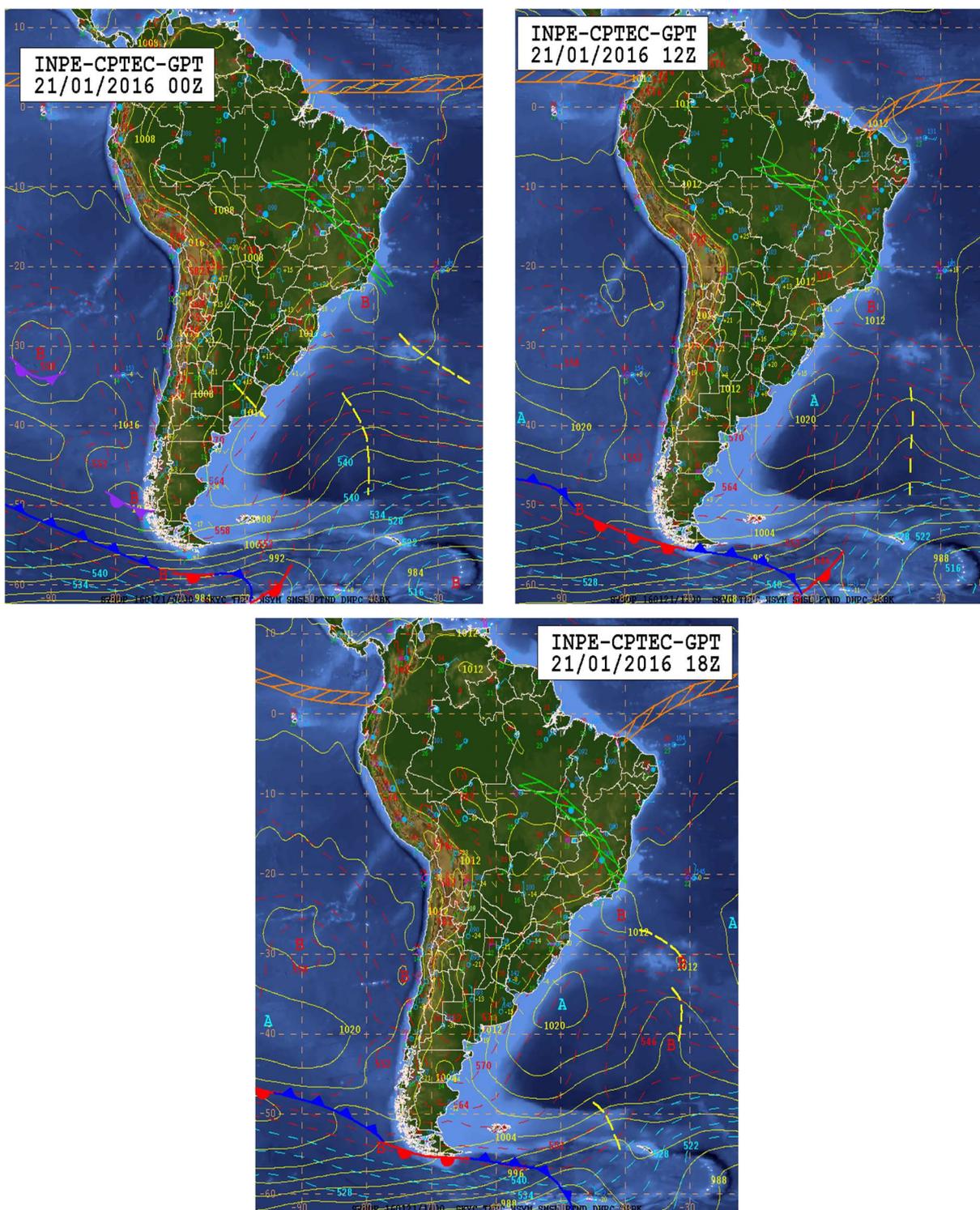


Figura 11b - Carta Sinótica de altitude das 00, 12, 18 UTC do dia 20/01/2016.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.

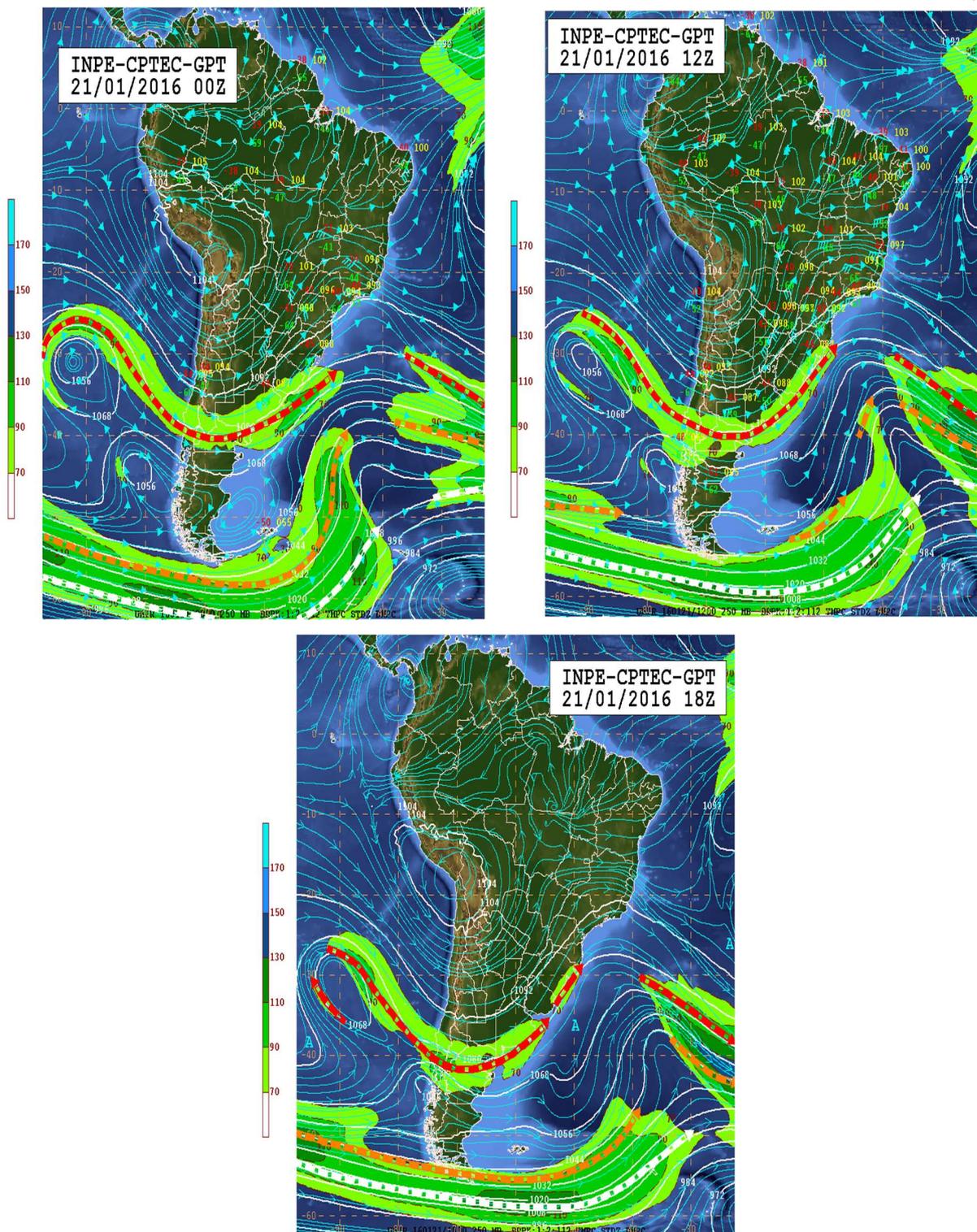


**Figura 20** - Imagens do Satélite Goes13 para o dia 20/01/2016 às 3h15m; 9h15m; 15h15m e; 21h15m. Fonte: INMET, 2020.



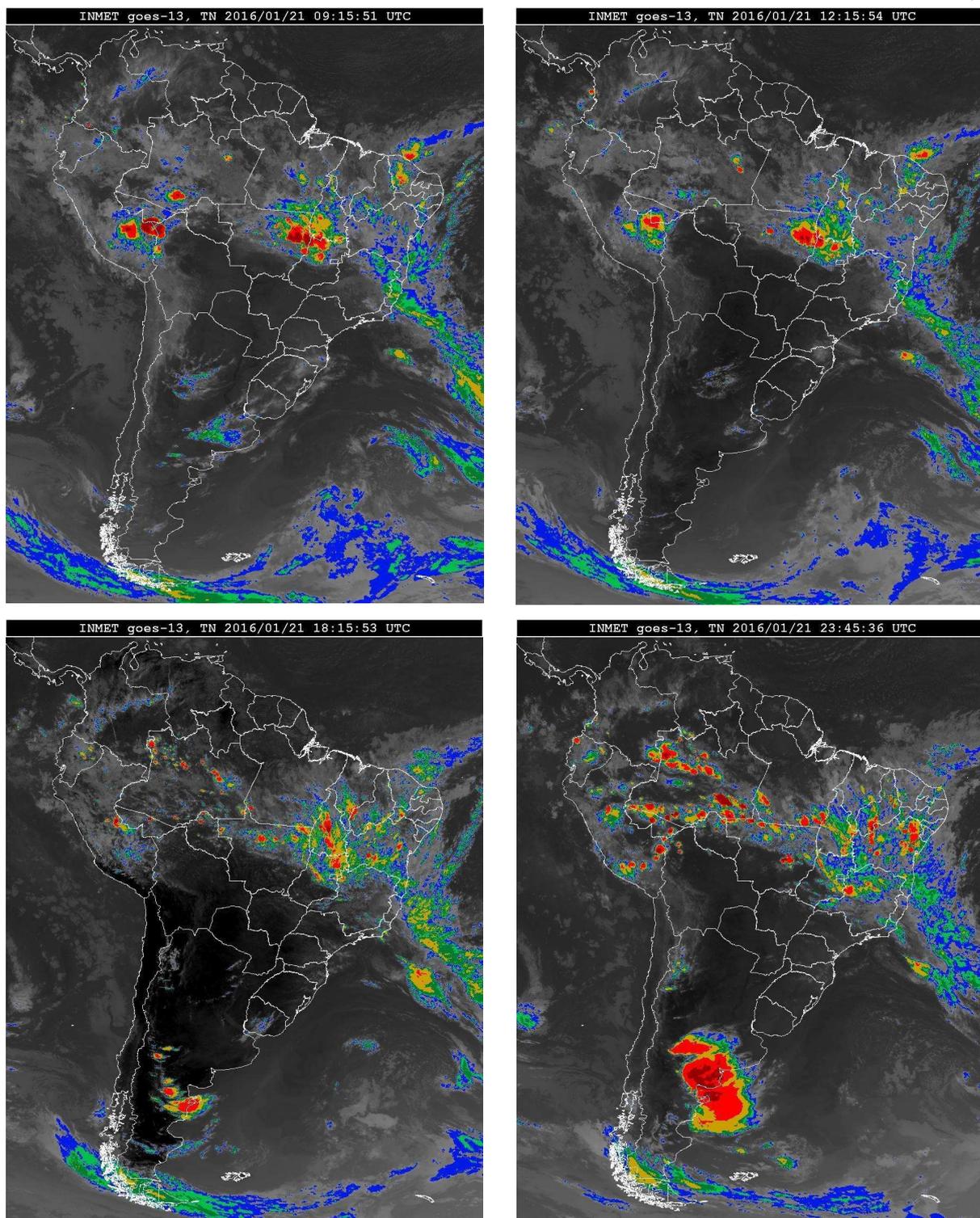
**Figura 21a** - Carta Sinótica de superfície das 00, 12 e 18 UTC do dia 21/01/2016.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.



**Figura 12b** - Carta Sinótica de altitude das 00 UTC e 12 UTC do dia 21/01/2016

Fonte: CPTEC/INPE, 2020



**Figura 13** - Imagens do Satélite Góes 13 para o dia 21/01/2016 às 9:15 h; 12h15m; 18h15m e; 23h45m. Fonte: INMET, 2020

As ocorrências recolhidas pela Defesa Civil durante os episódios de precipitação nos dias 20 e 21 de janeiro de 2016, referem-se a casos de inundações, alagamentos, esgotamentos,

queda de energia, etc., algumas delas relatadas e registradas pelo órgão, conforme evidenciado na tabela 3.

**Tabela 3** – Ocorrências relacionadas ao episódio de chuva extrema nos dias 20 e 21 /01/2016, em Regiões Administrativas do DF.

QUANTIDADE	NATUREZA DA OCORRENCIA	DATA CADASTRO	REGIAO ADMINISTRATIVA
1	EM APURAÇÃO	20/01/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	ESGOTAMENTOS	20/01/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	PESSOA PRESA EM IMÓVEL	20/01/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	INUNDAÇÃO	21/01/2016	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGENCIA	21/01/2016	ÁGUAS CLARAS

Fonte: Secretaria de Segurança Pública do Distrito Federal. Elaboração da autora, 2020.

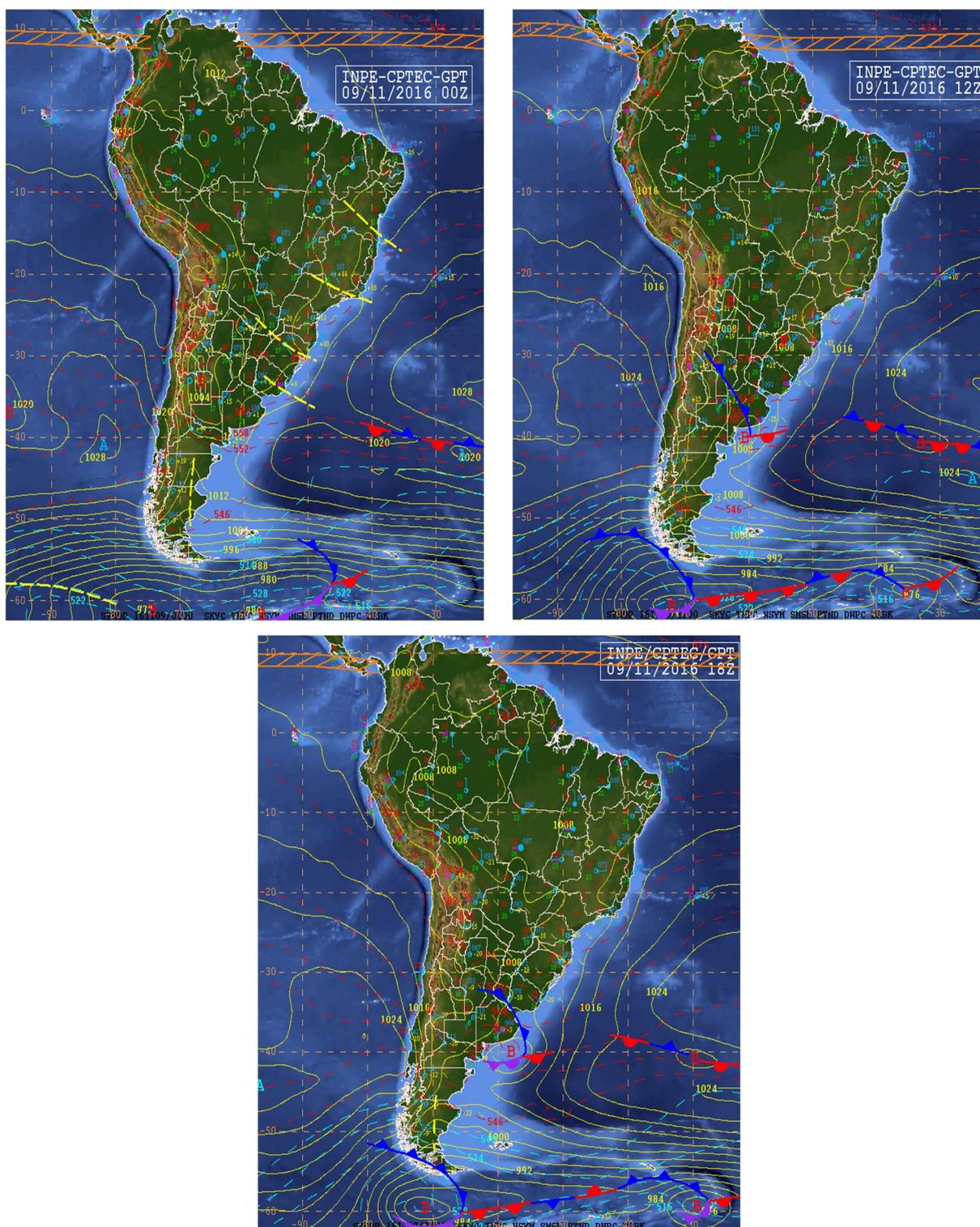
#### 4.1.4.2 Episódio pluviométrico 2 (de 9 e 13 de novembro de 2016)

Pela climatologia, novembro é o mês em que se tem o início do período chuvoso sobre o Distrito Federal, de acordo com os dados da normal climatológica de chuva de 1981 a 2010; por este motivo, observa-se um aumento das áreas de instabilidade, com pancadas de chuva e trovoadas.

Para entender a gênese do evento extremo do dia 09/11/2016, quando a estação meteorológica automática do Inmet registrou 60,6 mm de chuva, em apenas 24 h (de 9 horas (12UTC) da manhã do dia anterior às 9 horas (12UTC) da manhã do dia seguinte), foi possível notar que a dinâmica atmosférica nesses períodos esteve associada à forte interação entre o calor e a alta umidade relativa do ar presente sobre toda a região.

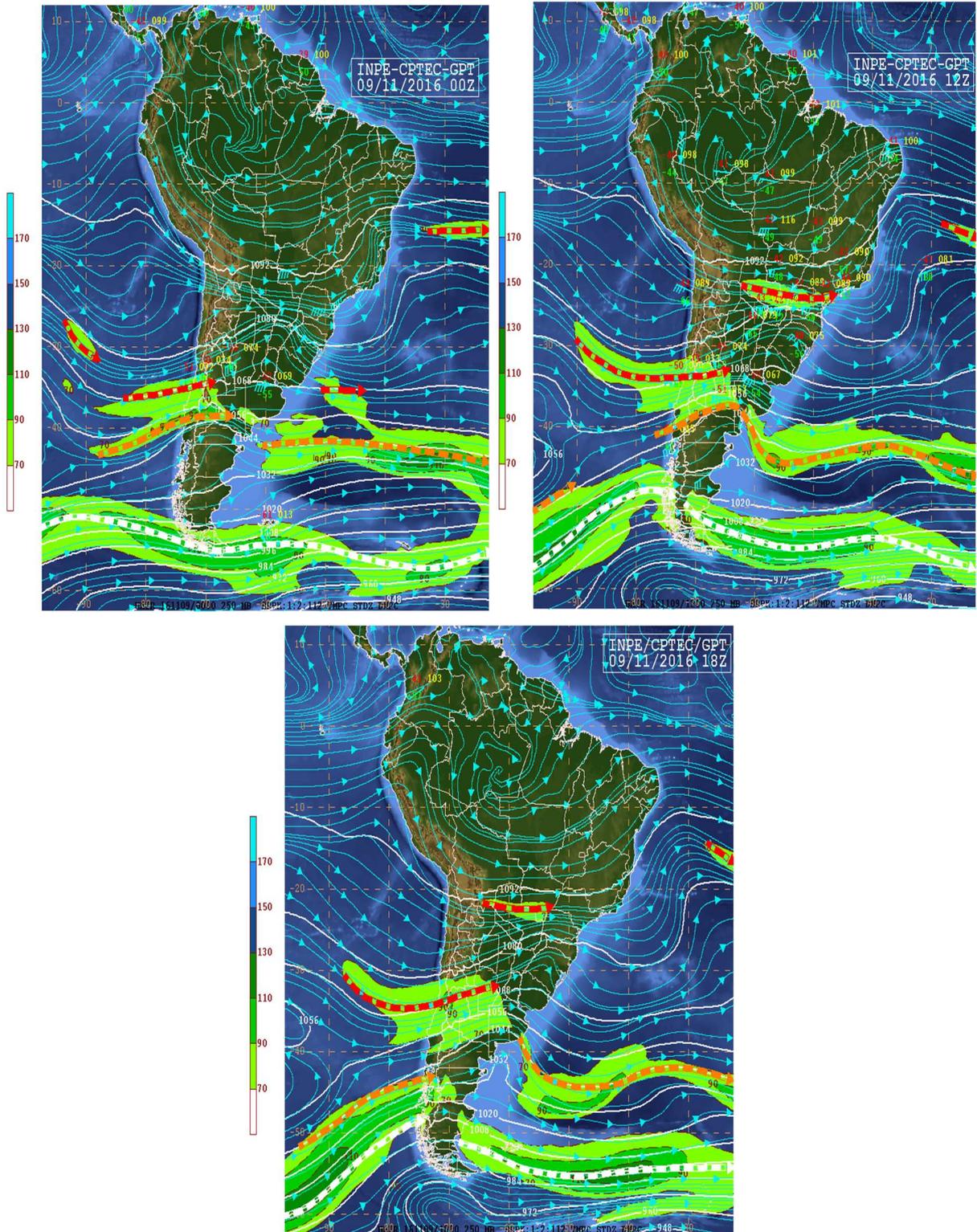
Na Figura 23a, é possível notar, no dia 09 de novembro às 00:00UTC (21 Hora Local), uma região de cavado (área alongada de baixa pressão atmosférica associada a uma circulação ciclônica mínima) sobre todo centro-leste brasileiro -- configuração normalmente indicativa de mudanças na condição de tempo -- com a formação de nebulosidade e precipitação. Na figura 23b, especificamente sobre o Distrito federal, na carta sinótica de altitude das 00 UTC, já se observa uma região de bastante divergência de ventos. No período das 12 e 18 UTC, essa divergência ganha força com a configuração da circulação Anticiclônica sobre a região Amazônica e intensificação da corrente do jato-subtropical (corrente de ventos fortes, com no mínimo de 150 km/h podendo atingir os 300 km/h, acima de 13km de altitude, e nas latitudes de 20°S a 40°S), em altos níveis da atmosfera. Toda essa configuração em superfície e altos níveis da atmosfera deixou a atmosfera bastante instável sobre a região do DF entre a tarde e a noite do dia 09 de novembro. Desse modo, a interação entre o calor e a umidade na região

favoreceu o desenvolvimento das nuvens de chuva convectivas sobre o Distrito Federal, conforme visto na Figura 24.



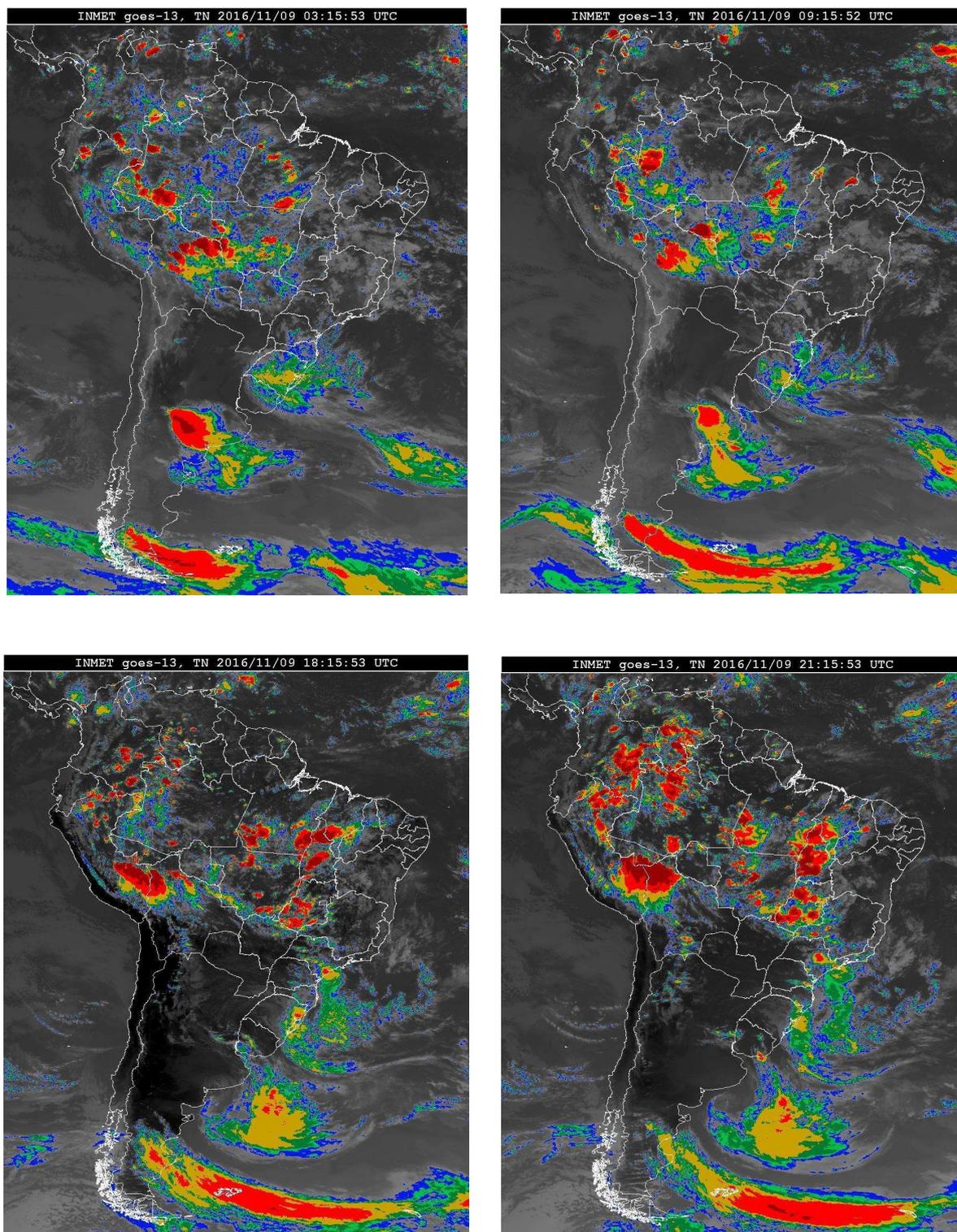
**Figura 14a** - Carta Sinótica de superfície das 00, 12 e 18 UTC do dia 09/11/2016.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020



**Figura 15b** - Carta Sinótica de altitude das 00, 12 e 18 UTC do dia 09/11/2016.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.



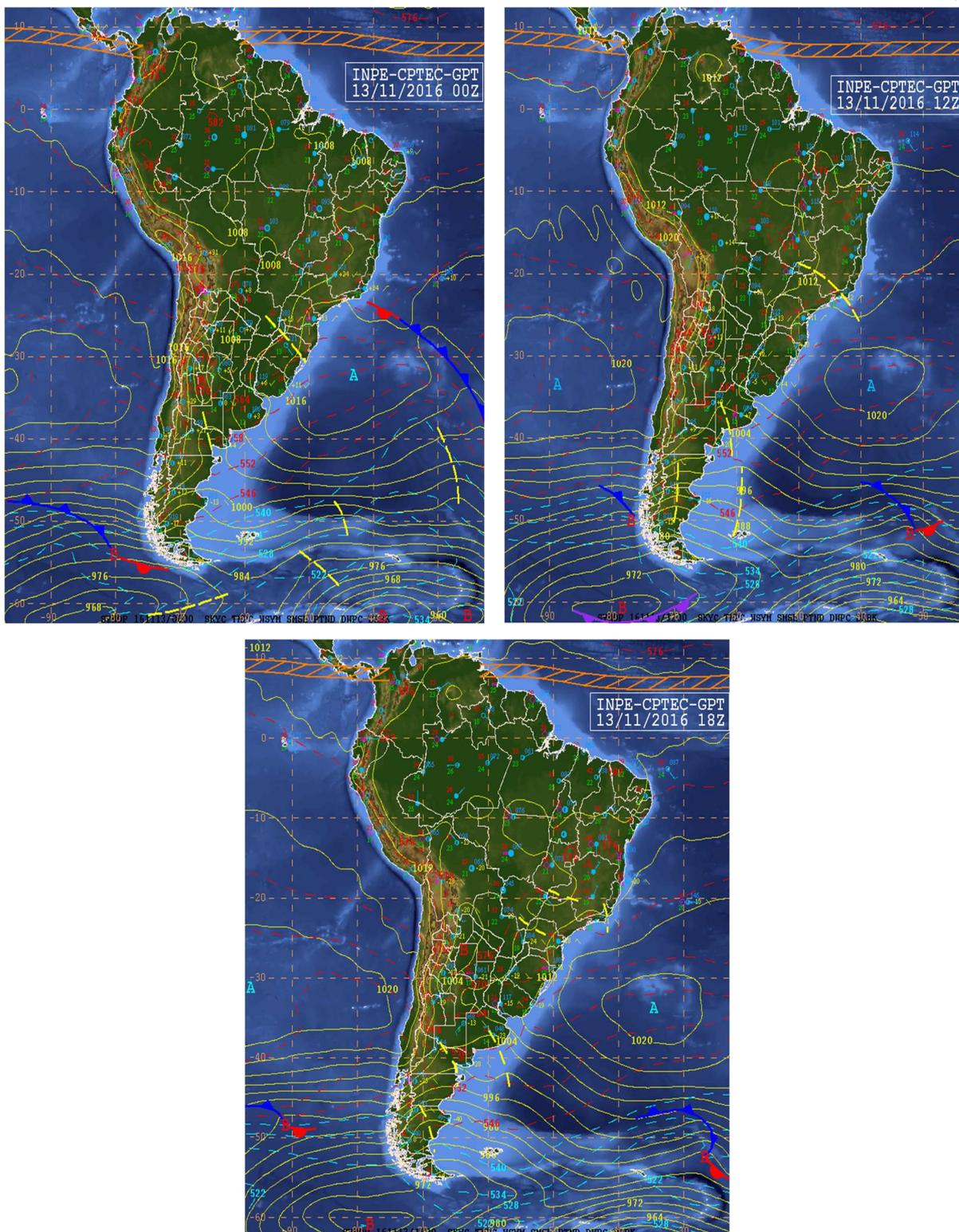
**Figura 16** - Imagens do Satélite Goes 13, Topo de Nuvens (TN), para o dia 09/11/2016 às 3h15m; 9h15m; 18h15m e 21h15m. Fonte: INMET, 2020.

No dia 13/11/2016, a estação meteorológica automática do Inmet registrou 59,2 mm, em um único dia. As instabilidades geradas pela passagem de uma frente fria próximo ao litoral da região Sudeste, observadas na carta sinótica de superfície, e a presença de uma região de cavado em 250 hPa, bastante pronunciado, a oeste do Brasil, favoreceram o desenvolvimento das nuvens de chuva principalmente nas primeiras horas da manhã do dia 13.

Na carta sinótica de superfície (Figura 25a), no horário das 00 UTC é possível observar a presença de um ramo quente de uma frente fria, com atividade moderada, atuando próximo do litoral da região Sudeste do Brasil. Apesar do sistema se deslocar rapidamente para o Oceano, no horário das 12 e 18 UTC sobre o sul de Minas Gerais, observava-se a presença de uma região de cavado em superfície, ou seja, indicativo de tempo instável, principalmente na porção leste da região Centro-Oeste.

Na carta sinótica de altitude (Figura 25b), no nível de 250 hPa, é possível notar o deslocamento de uma região de cavado localizado a oeste do Brasil; ao longo do dia esse sistema foi ganhando cada vez mais amplitude, chegando a atuar desde o Paraguai ao centro-sul da região Amazônica. Com ligeiro deslocamento, a borda leste do cavado aumentou a divergência sobre a porção central do Brasil e, conseqüentemente, sobre o Distrito Federal, em altos níveis.

Na Figura 26, nota-se que, já nas primeiras horas da manhã, toda a região central do Brasil encontra-se com bastante atividade convectiva, o que favoreceu uma condição de tempo encoberto com pancada de chuva e trovoada isolada sobre a região de estudo. O tempo permaneceu bastante instável, com grande variação de nebulosidade no DF, em alguns pontos da região, apresentando pancada de chuva de forte intensidade, porém de curta duração, ao longo de todo o dia.



**Figura 17a** - Carta Sinótica de superfície das 00, 12 e 18 UTC do dia 13/11/2016.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.

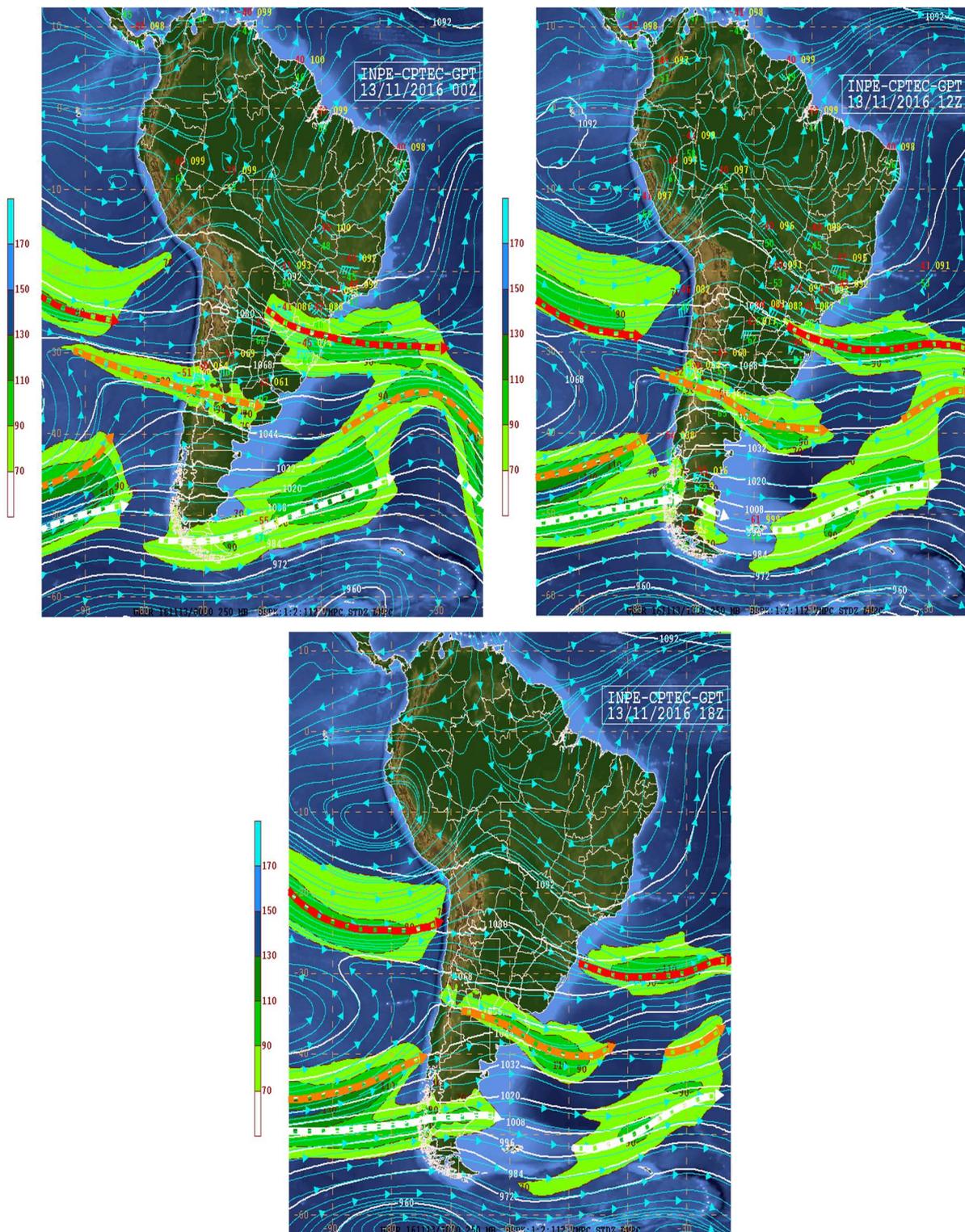
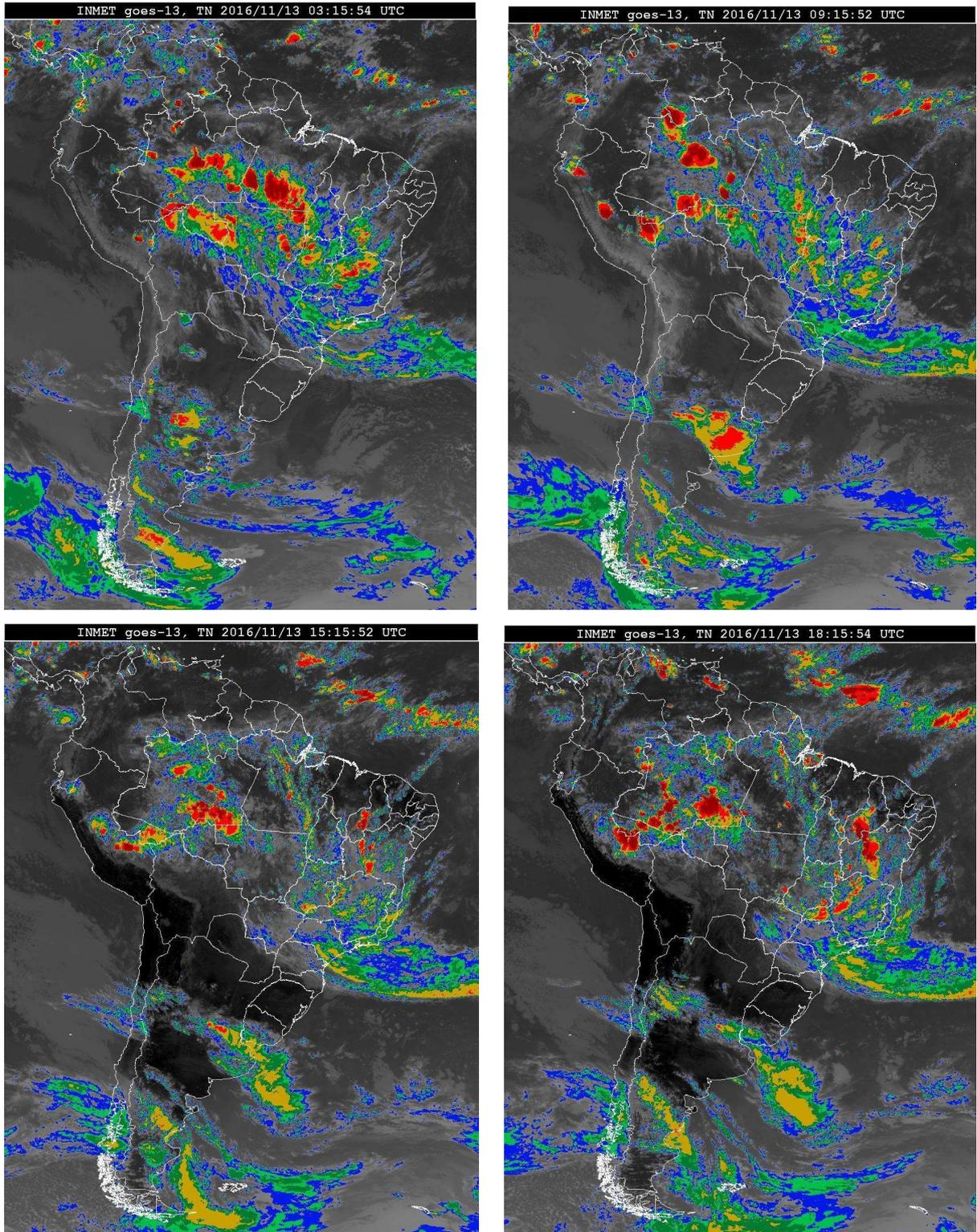


Figura 18b - Carta Sinótica de altitude das 00, 12 e 18 UTC do dia 13/11/2016.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.



**Figura 19** - Imagens do Satélite Goes 13, Topo de Nuvens (TN), para o dia 13/11/2016 às 3h15m; 9h15m; 15h15m e 18h15m. Fonte: INMET, 2020.

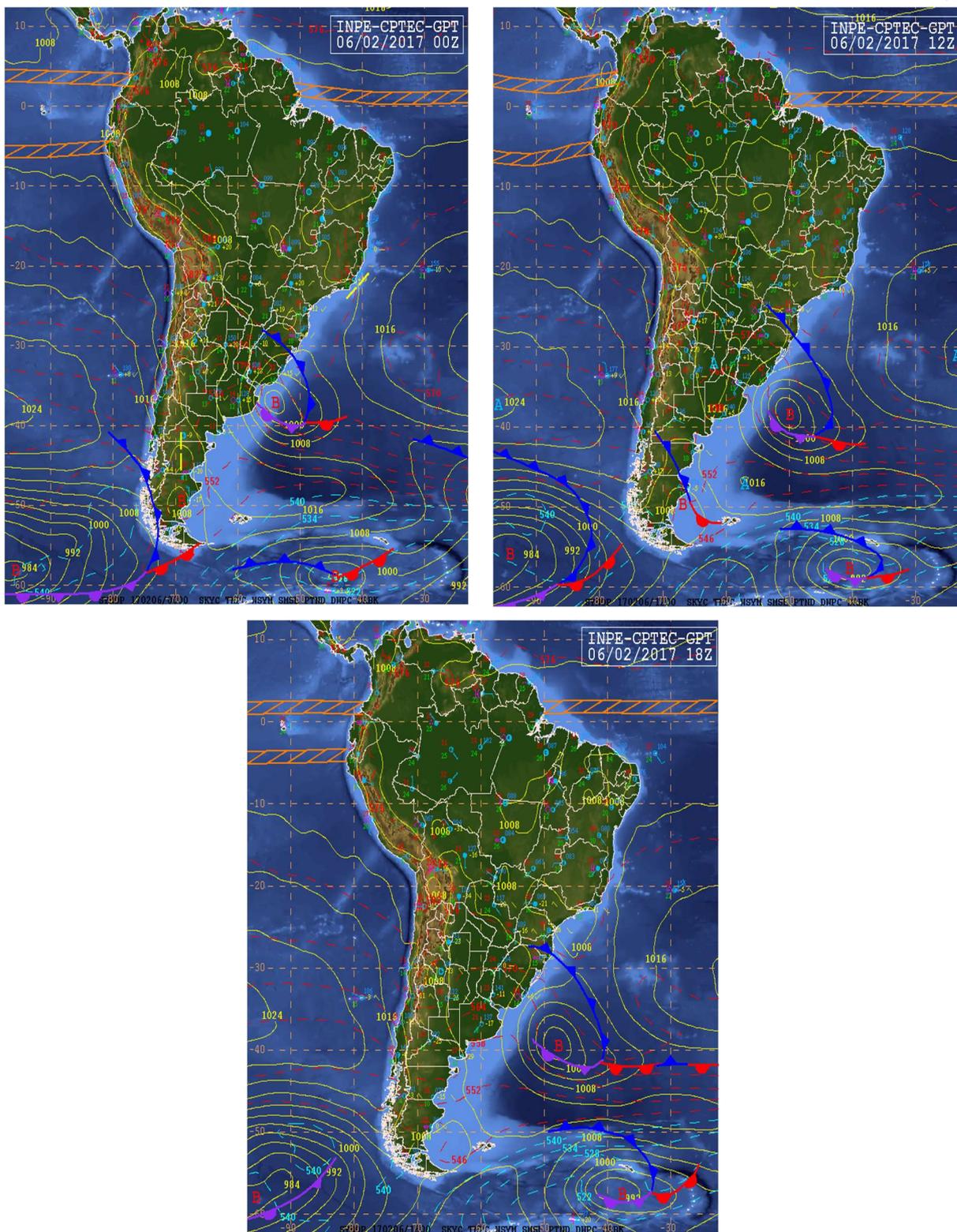
#### 4.1.4.3 Episódio pluviométrico 3 (6 de fevereiro de 2017)

Ao buscar o entendimento da gênese do evento extremo de 06/02/2017, quando a estação automática do Inmet registrou um acumulado de 53,4 mm em apenas 24 h (de 9 horas 12UTC da manhã do dia anterior às 9 horas 12UTC da manhã do dia seguinte) é possível notar que a dinâmica das chuvas no DF foi influenciada pela subida de um sistema frontal e o transporte de umidade oriunda da região amazônica, em superfície, e pela presença do sistema de alta pressão na alta troposfera durante o verão, denominado de Alta da Bolívia.

Na carta sinótica de superfície (Figura 27a), é possível notar o lento deslocamento de uma frente fria pela região Sul, formando áreas de instabilidade na dianteira do sistema, sendo observada nas regiões Sul e Centro-Oeste. Entretanto, foi a divergência dos ventos em 250hPa, gerada pela presença da Alta da Bolívia (Figura 27b), intensificada no período da tarde e noite, que aumentou a convergência nos níveis inferiores da atmosfera e, conseqüentemente, o desenvolvimento e permanência das nuvens de chuva sobre o DF.

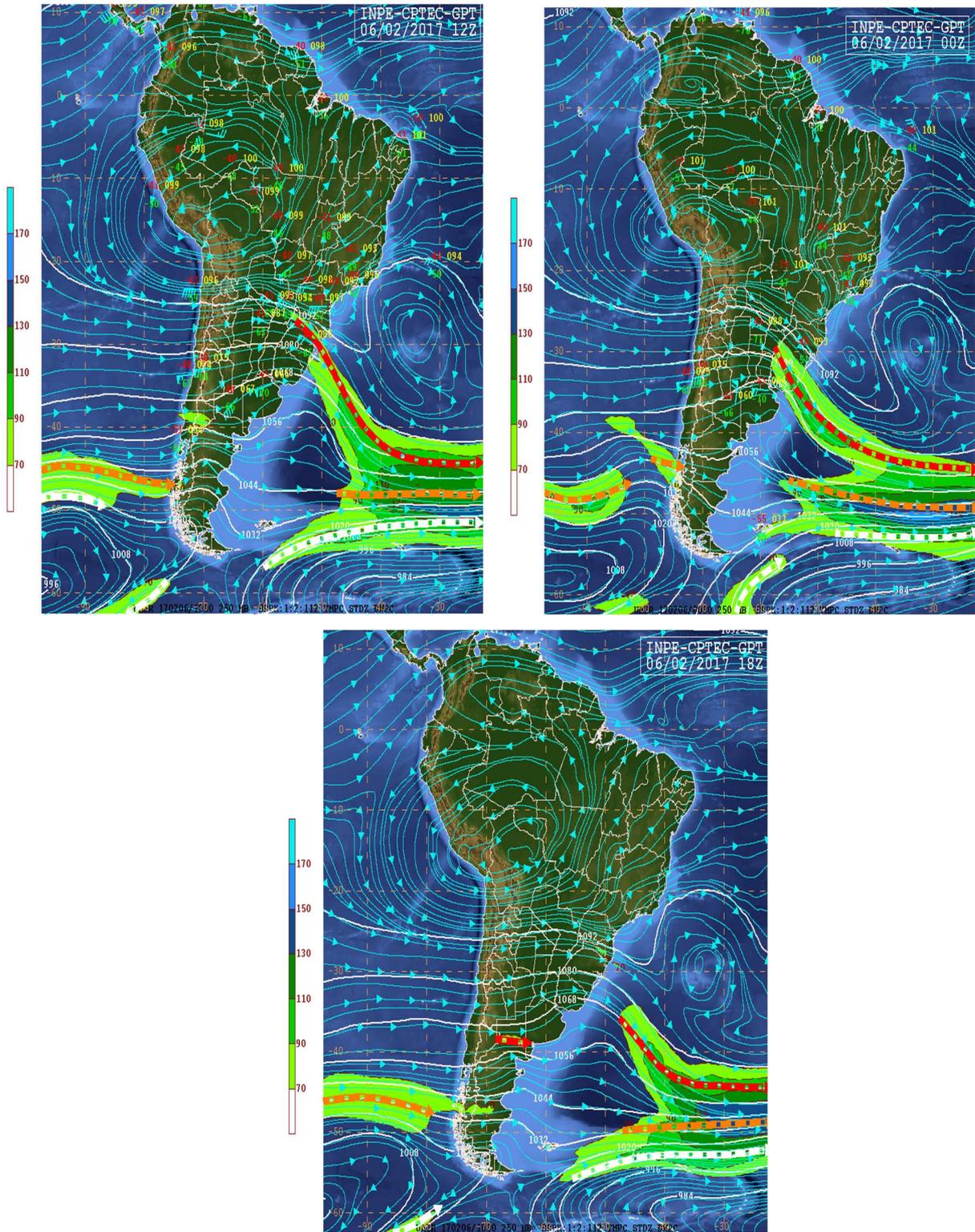
Este fato causou inúmeros transtornos à população, principalmente porque, historicamente, o mês de fevereiro já se encontra no final da estação chuvosa, de acordo com a normal climatológica mais recente (1981-2010), e não tem como característica ser tão chuvoso.

A espacialização dos dados totais do dia 06/02/2017 permite observar que, já nas primeiras horas do dia, o tempo no Distrito Federal se mostrava nublado e encoberto com chuvas isoladas, devido ao grande teor de umidade sobre a região (Figura 28). Ao passo que, no decorrer da tarde e noite, com o rápido deslocamento de um sistema frontal em direção à região sudeste (em superfície), a pré-frontal desse sistema, aumentou a umidade sobre as regiões Sudeste e Centro-Oeste. Dessa forma, a interação entre o calor local e a alta umidade relativa do ar potencializou as instabilidades sobre a área de estudo, com a formação de mais nuvens de chuva do tipo convectiva, típicas de verão. Salienta-se que alguns desses eventos extremos de chuva apresentaram repercussões na forma de alagamentos, enchentes e inundações (episódios pluviais extremos) na cidade de Brasília, como evidenciado na Figura 29.

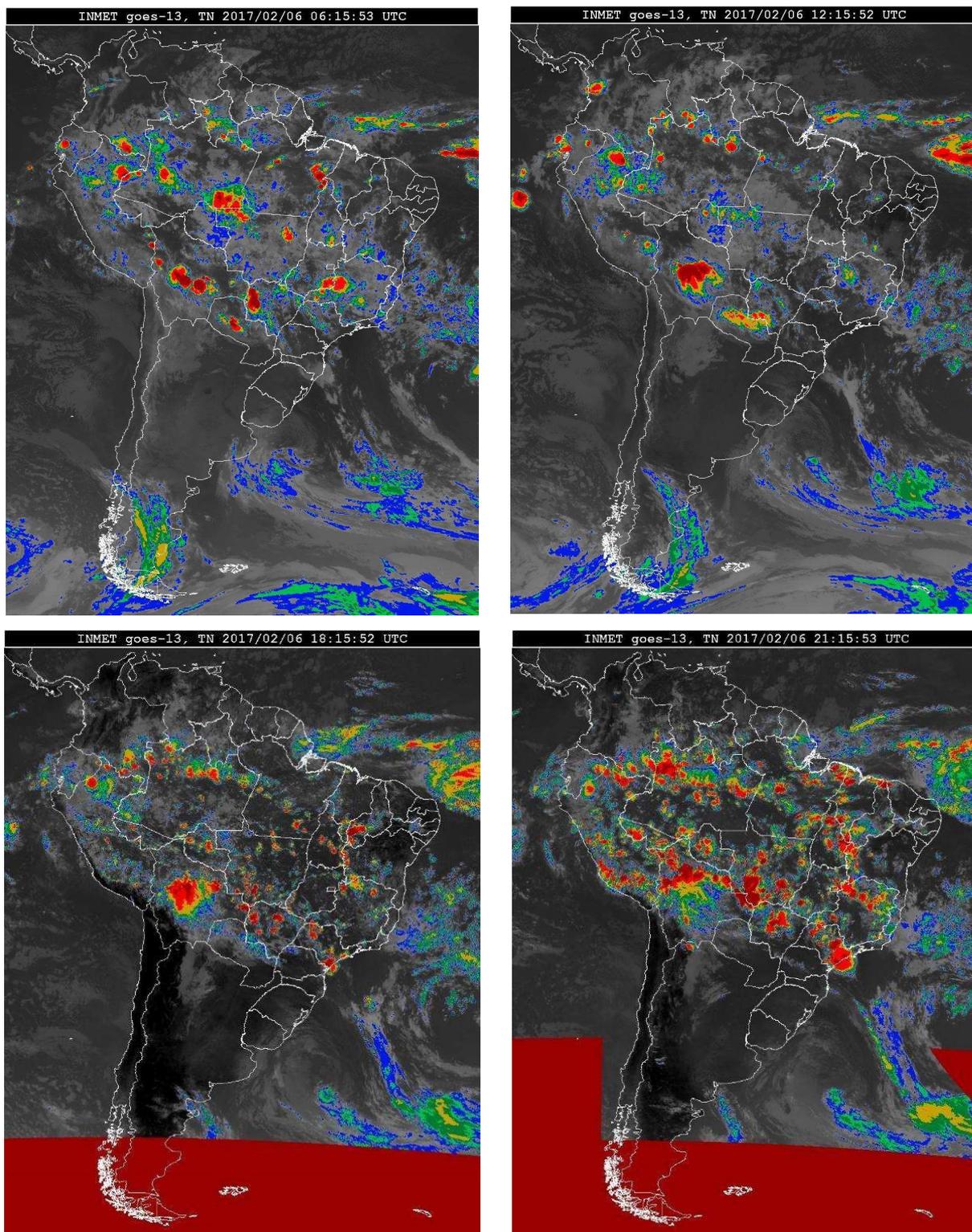


**Figura 20a** - Carta Sinótica de superfície das 00, 12 e 18 UTC do dia 06/02/2017.

Fonte: CPTEC/INPE, 2020.



**Figura 21b** - Carta Sinótica de altitude das 00, 12 e 18 UTC do dia 06/02/2017. Fonte: CPTEC/INPE, 2020.



**Figura 22** - Imagens do Satélite Goes 13 para o dia 06/02/2017 às 3h15m; 9h15m; 15h15m e 21h15m.

Fonte: INMET, 2020.

Portanto, na Figura 29, é possível observar que, no dia 06 de fevereiro 2017, a estação automática de Brasília (A001) registrou um acumulado de chuva diário de 53 mm. Nesse

mesmo dia, o modelo meteorológico COSMO previu um volume de chuva de 55,6 mm. Em vários pontos da capital federal foram observadas diversas ocorrências de alagamentos.

G1
DISTRITO FEDERAL
G1
DISTRITO FEDERAL

## Chuva inunda tesourinhas e derruba árvores no Plano Piloto, no DF

Mulher precisou ser socorrida por conta de veículo "ilhado", na 209 Norte. Segundo Inmet, ventos chegaram a 47 km/h.

Por G1 DF  
06/02/2017 | 17:54 - Atualizado há 3 anos



A chuva forte que caiu no fim da tarde desta segunda-feira (6) em Brasília derrubou árvores, inundou tesourinhas e deixou veículos "ilhados" no Plano Piloto. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), nos seis primeiros dias de fevereiro choveu 38% da média do mês. Até a publicação desta reportagem, o Corpo de Bombeiros não tinha registro de feridos.



Na 209 Norte, um carro ficou totalmente submerso por conta do alagamento. De acordo com testemunhas, uma mulher ficou presa no veículo e precisou da ajuda de um taxista para sair do local.



Carro alagado na 209 Norte — Foto: Rogério Correia/Arquivo Pessoal

Outro ponto de alagamento ocorreu na 202 norte (foto em destaque), onde a pista do viaduto se transformou em uma espécie de córrego. Até a publicação da reportagem, não havia informação de carros presos nesse local.

O temporal também derrubou árvores na capital. Na 711 norte, pelo menos três carros ficaram destruídos com a queda de troncos. Segundo o Inmet, a velocidade máxima dos ventos chegou a 47 km/h.



Carro destruído por árvore na 711 Norte — Foto: Arquivo Pessoal

Segundo a meteorologista do Inmet Morgana Almeida, as pancadas de chuva devem seguir constantes durante toda a semana. A temperatura deve variar entre 18° e 25°, e a umidade relativa do ar pode chegar a 95%. De acordo com ela, o temporal é resultado de uma corrente de nuvens vindas da região amazônica, e não tem relação com a escassez de chuvas do DF em janeiro.

DISTRITO FEDERAL

**Figura 23** - Chuva inunda tesourinhas e derruba árvores no Plano Piloto, no DF. Portal G1-DF. 06 de fevereiro de 2017. Disponível em: < <https://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/chuva-inunda-tesourinhas-e-derruba-arvores-no-plano-piloto-no-df.ghtm>>. Acesso em 01 de dezembro de 2019.

As ocorrências recolhidas pela Defesa Civil durante os episódios de precipitação desse dia, 06/02/2017, ocasionaram casos de inundações, alagamentos, esgotamentos, queda de

energia, queda de galho de árvores, acidentes com vítimas etc., algumas delas relatadas e registrada pelo órgão, conforme evidenciado na tabela 4.

**Tabela 4** – Ocorrências relacionadas ao episódio de chuva extrema no dia 06/02/2017, em Regiões Administrativas do DF.

QUANTIDADE	NATUREZA DA OCORRENCIA	DATA CADASTRO	REGIAO ADMINISTRATIVA
1	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	06/02/2017	BRASÍLIA
1	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	06/02/2017	BRASÍLIA
1	CAPTURA DE ANIMAIS	06/02/2017	GUARÁ
1	ACIDENTE MOTOxCARRO COM VITIMA	06/02/2017	ÁGUAS CLARAS
1	ACIDENTE MOTOxCARRO COM VITIMA	06/02/2017	ÁGUAS CLARAS
1	CAPTURA DE ANIMAIS	06/02/2017	GUARÁ
1	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	06/02/2017	BRASÍLIA

Fonte: Elaboração da autora, 2020, com base em dados da Secretaria de Segurança Pública do Distrito Federal.

#### 4.2 Análise do Modelo

Com a finalidade de avaliar a acurácia do modelo COSMO, qualitativamente e quantitativamente, é apresentada a comparação da precipitação acumulada observada pela estação automática e a estimada pelo COSMO (Figura 30), para o período chuvoso do ano 2015 a 2017. Observa-se que os dados de precipitação da estação automática foram ligeiramente superiores aos estimados pelo COSMO. Essa diferença entre os dados observados/estimados era esperada, levando em consideração o que foi constatado por Fisch et al. em 2007; eles encontraram baixa correlação entre dados pluviométricos, devido às características de precipitação convectiva, com chuvas localizadas e de curta duração. No entanto, o modelo COSMO, apesar de haver ligeiramente superestimado, possui um bom desempenho com relação à variável precipitação em Brasília (DF).

A seguir, são apresentadas as análises estatísticas RMSE e EM entre as previsões do modelo COSMO para a estação chuvosa (novembro a março). As avaliações do modelo foram realizadas a partir dos dados do COSMO, para o conjunto de séries temporais para os horizontes de previsão de 24 horas. Foi realizada uma análise conjunta entre o RMSE e EM, já que o RMSE enfatiza onde ocorrem as maiores diferenças entre o prognosticado e o observado; e o EM posiciona as sub/superestimativas do modelo para o período 01, 02, 05 e 10 dias de previsão.

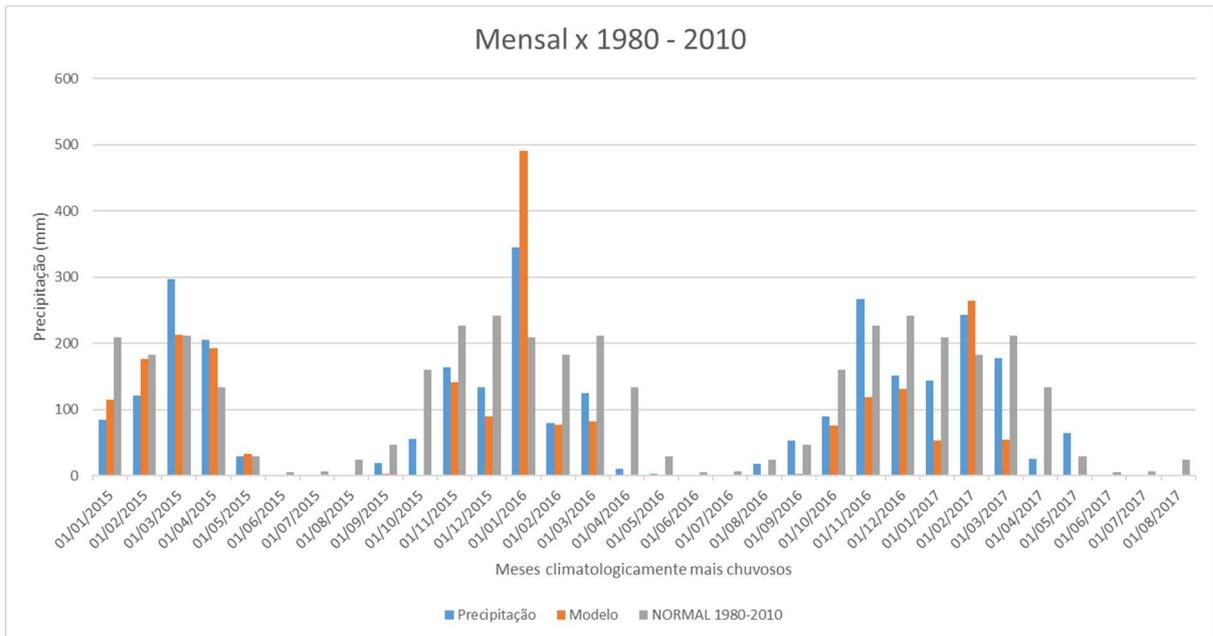
Quantitativamente, para escala de 24h, os índices EM e RMSE indicaram um maior distanciamento dos valores observados e modelados, levando a concluir que o modelo subestima os valores de precipitação para uma previsão de 24h na região de estudo, o que pode ser devido ao fato de que o mesmo não consegue detectar chuvas isoladas, como as oriundas de

sistemas convectivos. Para as escalas de 05 e 10 dias, os índices EM e RMSE indicam menor distanciamento dos valores observados e modelados, levando a concluir que o modelo tende a se aproximar do observado, apresentando resultados relativamente próximos ao esperado, porém com uma ligeira tendência de superestima dos valores de precipitação para uma previsão de 05 e 10 dias.

Os resultados obtidos evidenciam que os prognósticos para 24 horas de previsão apresentam incertezas que podem ser devido às condições iniciais ou ao efeito da orografia, como a não representação de processos físicos causados pelo relevo, concordando com Bustamante et al. (1999); Chou e Justi da Silva (1999). No entanto, uma análise semanal, a curto prazo, de 05 e 10 dias, o modelo apresentou uma boa previsibilidade das chuvas esperadas na região de estudo.

O bom resultado dos prognósticos obtidos pelos modelos regionais de previsão numérica de tempo depende das condições iniciais para inicializar o modelo, da resolução espacial e das parametrizações físicas do modelo. As falhas dos prognósticos dos modelos podem ser devido à resolução espacial incompatível com as características da superfície terrestre e aos processos da escala de subgrade, tais como: formação de nuvens, chuva, infiltração, evaporação; esses processos não são parametrizados adequadamente (Zorita e Storch, 1999), ou ainda, simplesmente, a metodologia é inadequada para sua análise.

Ainda na Figura 30, é possível verificar que o dado previsto pelo modelo COSMO se mostrou concordante com os dados observados pela estação meteorológica de Brasília. Ao mesmo tempo que se colocam os dados da climatologia de 1980-2010 (normais climatológicas), é possível observar que no início de 2016 houve uma anomalia, com a qual tanto o modelo quanto o observado estão coerentes.



**Figura 24** - Comparação entre dados observados na estação de Brasília (A001) para o período estudado com os dados da normal climatológica de 1980 a 2010 e os dados extraídos do modelo numérico COSMO.

Desse modo, através da técnica do percentil 99, foi possível encontrar cinco casos de eventos de chuva considerados extremos (Tabela 5, junto com a previsão feita pelo modelo COSMO):

**Tabela 5** – Comparação entre a precipitação extrema obtida através do percentil 99% com os dados extraídos do modelo COSMO.

DATA	OBSERVADO	MODELO COSMO
21/01/2016	52,80	44,99
06/02/2017	53,40	53,16
13/11/2016	59,20	29,00
09/11/2016	60,60	50,01
20/01/2016	76,80	25,97

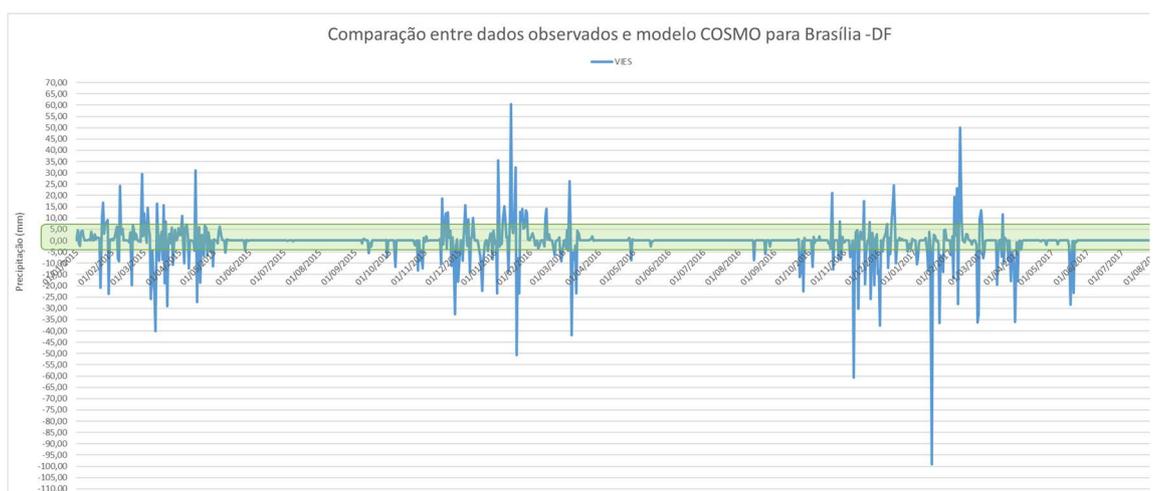
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Nota-se que dos cinco casos, em três existiu uma aproximação muito expressiva do COSMO com o observado. Dessa forma, é possível estabelecer outras comparações, conforme é mostrado logo abaixo, usando apenas o período chuvoso, que engloba os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março.

Com base no primeiro procedimento de verificação de acerto do modelo COSMO, extraíram-se os dados de chuva prevista pelo modelo e os dados de precipitação observada nas estações automáticas de Brasília, após aplicação da condicionante, para checar se o modelo acertou ou não a precipitação no período chuvoso dos anos de 2015 a 2017. Evidenciou-se que durante 320 dos dias estudados, o modelo acertou cerca de 81% a chuva ocorrida na capital federal, errando em apenas 19% dos casos, o equivalente a 73 dias.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que o acerto do modelo COSMO é eficaz para previsão do tempo, no caso do parâmetro chuva ao longo da estação chuvosa. O viés é reduzido para as taxas de precipitação mínima e máxima. Faz-se necessário entender que para este fim foram analisados apenas “os dias com chuva” (acima de 1 mm – de acordo com a OMM), descartando, os dias sem precipitação (0,0 mm).

Um exemplo da eficácia da resposta do modelo pode ser visto através do estudo feito na capital do Brasil, na estação automática de Brasília (A001). Ao comparar os dados Previstos com o Observado ao longo do período: 01 de janeiro de 2015 a 31 agosto de 2017, e aplicando um viés de 5 mm de tolerância para mais ou para menos (barra verde do gráfico), para entender se o modelo sub ou superestimou a chuva no dia (Figura 31), percebeu-se com clareza que os períodos de seca de Brasília se destacaram no gráfico. No entanto, a maior parte dos resultados de acerto encontram-se dentro da faixa de tolerância estabelecida na metodologia deste trabalho. Nota-se ainda um grande pico negativo no viés, justamente no dia 16 de janeiro de 2017, quando o modelo não gerou previsão.



**Figura 25** - Verificação no padrão de resposta do modelo, estação automática de Brasília (A001).

## 5 CONCLUSÕES

Foi possível observar que no Planalto Central, na região do Distrito Federal, no período do verão dos anos de 2015 a 2017, nesta pesquisa compreendido entre os meses de novembro a março, existiram eventos considerados extremos de chuva, encontrados a partir do uso das técnicas estatísticas dos percentis 95% e 99%, que permitiram a identificação de um total de 8 eventos de precipitação considerada intensa (acumulado diário igual ou superior a 37 mm) e de 5 eventos de precipitação extrema (total diário igual ou superior a 52 mm).

Ressalta-se que os 5 valores extremos ocorreram nos meses de novembro, janeiro e fevereiro, com valores de 60,6 mm, 59,2 mm, 52,8 mm, 76,8 mm e 53,4 mm, respectivamente. Esses eventos do trimestre chuvoso equivalem a apenas 3% de todos os eventos da série temporal em estudo.

O período chuvoso acaba sendo a época do ano em que os desastres naturais acontecem com maior frequência. No caso de Brasília, algumas RA's, inseridas na Bacia do Lago Paranoá, não foram planejadas para suportar calamidades pluviais, tais como: Riacho Fundo I e II, Varjão, Estrutural, Arniqueira e Vicente Pires. Percebeu-se que até mesmo o Plano Piloto sofre com os efeitos das chuvas extremas, sendo cada vez mais frequentes os transtornos como inundações de “tesourinhas”, quedas de árvores em cima de carros, buracos no asfalto, lentidão no trânsito, etc. Isso pode ser constatado por observações e reportagens.

Desse modo, evidencia-se que algumas características sobressaem sobre a dinâmica climática na área urbana estudada. Os Locais mais afetados por inundações são, na maioria dos casos, carentes de infraestrutura (falta ou insuficiência de sistema de drenagem de águas pluviais; falta de áreas com cobertura vegetal, diminuindo a capacidade de infiltração das águas das chuvas no solo e aumentando o escoamento superficial, etc.). As consequências sociais das chuvas, por mais fortes que elas sejam, dependem mais da própria falta de infraestrutura adequada do que das áreas de maior ou de menor ocorrência das chuvas. Por conta disso, os efeitos de um mesmo evento extremo de chuva produzem consequências distintas, nas diferentes RA's que compõem a Bacia do Lago Paranoá.

É importante ratificar que o modelo meteorológico COSMO, uma ferramenta oferecida pelo INMET, demonstra ser de grande valia na elaboração de trabalhos, fornecendo subsídios importantes tanto para as análises dos mapas de chuva, quanto para a elaboração do mapa final de áreas de risco.

A partir da comparação entre a variabilidade da precipitação e a previsão obtida pelo modelo COSMO para a estação meteorológica de Brasília, especificamente na área abrangendo

Bacia do Lago Paranoá, e dados observados. Ratifica-se, ainda, o período estudo de 01/01/2015 a 31/08/2017 de dados de precipitação das estações meteorológicas do INMET, se deve ao fato de que nesse mesmo período foram armazenados, extraídos e salvos os dados do modelo atmosférico COSMO, o que possibilitou a comparação entre os dados observados na estação automática com os dados do modelo, evidenciando o COSMO como um bom indicador de ocorrência de precipitação em Brasília-DF, apesar das ligeiras de sub e superestimativas. O modelo conseguiu estimar uma boa previsão a curto e médio prazo, ficando então possível saber qual o período do dia ou da semana, ou do decêndio, ou da quinzena será mais chuvoso e logo após isso é possível verificar quais os dias ou o dia que terá um maior acumulado de precipitação.

Notou-se que, para os eventos extremos ocorridos no período estudado, o modelo proveu dados que embasaram a previsão; e também se observou que a precipitação comparada ao período previsto pelo COSMO foi, de fato, considerada um evento extremo de chuva, devido aos registros de danos causados pelas fortes chuvas.

O modelo COSMO pode dar uma ampla perspectiva para o pesquisador. Ele conseguiu estimar a quantidade de chuva que acometeu determinada área e ainda forneceu a quantidade acumulada de precipitação em determinado período, por exemplo, cinco dias numa área específica do Distrito Federal. Dessa forma é possível estabelecer uma previsão mais acertada e com uma melhor espacialização, determinando uma área e a quantidade prevista de precipitação sobre esta mesma.

Os resultados encontrados podem servir para afirmar a necessidade de aperfeiçoamento dos métodos de previsão para elaboração de prognósticos cada vez melhores para a região estudada. Para trabalhos futuros, pretende-se aumentar o período de verificação, expandindo para a estação seca (junho a setembro), com a finalidade de conhecer os erros característicos e regiões onde se concentram as maiores discrepâncias entre o previsto e o observado, bem como a subsequente identificação das possíveis parametrizações responsáveis pelos erros; o que se espera permitir melhorias nas previsões de tempo.

## 6 REFERÊNCIAS

- AHRENS, C. B. **Essentials of Meteorology – An Invitation to the Atmosphere**. 1993. 437 p.
- ALMEIDA, I. R. **Variabilidade pluviométrica interanual e produção de soja no estado do Paraná**. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. CD-ROM. 2000.
- ANDRADE, K. M. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul**. 2005. 185 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, São José dos Campos, São Paulo, 2005.
- ARMOND, N. B. **Entre Eventos e Episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. 2014, 239 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, São Paulo, 2014.
- ASSAD, E.D. **Chuva nos cerrados. Análise e espacialização**. Brasília: Embrapa/SPI. 1994. 423 p.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 332.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988. p. 332.
- BALDAUF, M., SEIFERT, A., FÖRSTNER, J., MAJEWSKI, D. AND RASCHENDORFER, M. **Operational Convective-Scale Numerical Weather Prediction with the COSMO Model: Description and Sensitivities**. *Monthly Weather Review*, Vol 139. 2011. pp. 3887-3905
- BARBIERI, P. R. B. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões sul e sudeste do Brasil associado com a circulação**. 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos, São Paulo, 2005.

- BARCELLOS, P.C.L. **Precipitações intensas na cidade do Rio de Janeiro: probabilidade e previsibilidade.** 2009. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- BARRETO, Raquel; Steinke, Ercilia Torres. **Eventos Pluviais Extremos e sua Repercussão no Espaço Urbano do Distrito Federal.** In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 2006.
- BARRETO, Raquel. **Identificação de áreas susceptíveis a eventos extremos no Distrito Federal.** 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, 2008. 162 p.
- BARROS, J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo.** 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia - Organização do Espaço). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo. 2003.
- BASTOS, CAMILLA C.; FERREIRA, NELSON J. **Análise climatológica da alta subtropical do Atlântico Sul.** CEP, v. 12220, pp. 110, 2000.
- BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. **A Participação dos sistemas atmosféricos na estação do Inverno de 2012 no Centro Sul do Brasil.** In: XV SBGFA - XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2013, Vitória ES. Anais do XV SBGFA. Vitória-ES, 2013. pp. 336- 344
- BRITTO, F.; BARLETTA, R.; MENDOÇA M. **Regionalização Sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Climatologia, ISSN 1980-0055X. Associação Brasileira de Climatologia, Presidente Prudente, São Paulo. v. 2, n 2. 2006. pp. 35-51.
- CAMPOS, A. B. de. et al. **Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no estado de Goiás.** In: ALMEIDA, M. G. de (Org.). Abordagens Geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade. Goiânia: IESA. 2002. p. 260

CARVALHO, A. M. G., **1989**: conexões entre a circulação em altitude e a convecção sobre a América do Sul. Dissertação de Mestrado/INPE, São José dos Campos, São Paulo. 1989.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. **Zona de Convergência do Atlântico Sul**. In: Tempo e Clima no Brasil. Cavalcanti. I. F. A.; Ferreira, N. J.; Silva, M. G. A. J.; Silva Dias, M. A. F. (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 95-109.

CARVALHO LMV, Jones C, Liebmann B. 2002: **Extreme Precipitation Events in Southeaster n South America and Large-Scale Convective patterns in the South Atlantic Convergence Zone**. Journal of Climate 15: 2377-2394.

CARVALHO LMV, Jones C, Liebmann B. **2004**: the South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, relationships with intra-seasonal to interannual activity and extreme rainfall. Journal of Climate. pp. 88-108.

CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. **Frentes Frias sobre o Brasil**. In: Iracema F. A. Cavalcanti; Nelson J. Ferreira, Maria Justi da Silva; Maria Assunção S Dias. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: Oficina de textos. 2009.

CEMADEN. **Manual técnico para elaboração de alertas de risco de movimento de massa**. Disponível em: [http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/Manual\\_Monitoramento\\_e\\_Alertas\\_-\\_Cemaden.pdf](http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/Manual_Monitoramento_e_Alertas_-_Cemaden.pdf). Acesso em dezembro de 2019.

CENAD. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais**. 2012. Disponível em: [http://integracao.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=f22cccd-281a-4b72-84b3-654002cff1e6&groupId=185960](http://integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f22cccd-281a-4b72-84b3-654002cff1e6&groupId=185960). Acesso em dezembro de 2019.

CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista, São Paulo. INPE/CPTEC, v. 16, n. 10, pp. 3-27. 2001.

CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Cachoeira Paulista, São Paulo. INPE/CPTEC, v 21, n.1, pp. 11-24. 2006.

COMPAGNUCCI, R.; ARANEO, D.; CANZIANI, P. **Principal sequence pattern analysis: A new approach to classifying the evolution of atmospheric systems.** International Journal of Climatology, v 21, 2001. pp. 197-217.

COMPAGNUCCI, R. H.; RICHMAN, M. B. **Can principal component analysis provide atmospheric circulation or teleconnection patterns?** International Journal of Climatology, v. 28, n. 6. 2008. pp. 703-726.

DALLAMUTA, J.; Holzmann, H. A. **A aplicação do conhecimento científico na engenharia elétrica** – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. Disponível em: <https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/artigoPDF/30133>. ISBN 978-85-7247-932-5. DOI 10.22533/at.ed.325201701.

DE, U. S.; MAZUMDAR, A. B. **Principal Component Analysis of Rainfall and Associated Synoptic Models of the Southwest Monsoon Over India.** Theoretical and Applied Climatology, v. 64, n. 3-4. 1999. pp. 213-228.

DEFENSA CIVIL DO RS. Disponível em: <[www.defesacivil.rs.gov.br](http://www.defesacivil.rs.gov.br)>. Acesso em 25 de outubro de 2019.

ESCOBAR, G. C. J. **Padrões de circulação em superfície e em 500 hPa na América do Sul e eventos de anomalias positivas de precipitação no estado de Minas Gerais durante o mês de dezembro de 2011.** Revista Brasileira de Meteorologia, v29, n1. 2014. pp. 105-124.

ESCOBAR, G. C. J. **Padrões sinóticos associados a ondas de frio na cidade de São Paulo.** Revista Brasileira de Meteorologia, v22, n2. 2007. pp. 241-254.

FENDRICH, R. **Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná.** 2. ed. Curitiba: Gráfica Vicentina Editora. 2003. p. 101.

FERRANTE, J. E. T.; RANCAN, L.; BARBOSA NETTO, P. **Meio físico.** In: Fonseca, F. O., (2001). Olhares sobre o lago Paranoá. Brasília, DF: GDF/SEMARH, 2001.

Ferreira, N.J.; Lacava, C.I.V.; Sobral, Z.R. **Influences of convergence zones on the organization of convection and rainfall in northeastern Brazil**, Part: I: Preliminary analysis. Submetido para publicação em Meteorol. Atmos.Physics. 1998.

FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M. A. F. **Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 19, n. 1. 2004. p. 89-98.

G. Doms e M. Baldauf. **A Description of the Nonhydrostatic Regional COSMO-Model Part I: Dynamics and Numerics**. Alemanha: Deutscher Wetterdienst, 2018. Disponível em: <http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/cosmoDyncsNumcs.pdf>. Acesso em dezembro de 2019.

Gal-Chen, T., and R.C.J. Somerville. **On the use of a coordinate transformation for the solution of the Navier-Stokes equations**. J. Comput. Phys., 17, doi:10.1016/0021-9991(75)90037-6. 1975. pp 209-228.

GAN, M. A. ; MOSCATI, M. C. L. . **Estação chuvosa de 2001/02 na região Centro-Oeste do Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia. Brasil, v. 18, n.2. 2003. pp. 181-194.

GAN, M.A.; ROPELEWSKI, C.; KOUSKY V.E., 2001. **The South America: climate aspects. The Scientific Assembly of International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences - IAMAS**. Innsbruck, Austria. SO6.2-PO2.

GONÇALVES, J. P. C. **Caracterização e variabilidade de situações sinóticas associadas a episódios de chuva intensa e chuva persistente durante a estação chuvosa na região sudeste do Brasil**. 2015. 139 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, São José dos Campos, São Paulo. 2015.

GOUDARD, G. ; MENDONCA, F. A. . **Eventos pluviiais 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. 1ed. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017, v. 1, pp. 1919-1930.

GOUDARD, G.; PINHEIRO, G. M.; MENDONCA, F. A. **Variabilidade Pluvial e Eventos Extremos em Curitiba (PR)**. Revista Equador, v. 04. 2015. pp. 1096-1104.

GOUDARD, G. **Eventos e Episódios Pluviais Extremos em Curitiba (PR): uma abordagem a partir dos riscos e vulnerabilidades socioambientais**. 2015. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. **Climate variability in southern South America associated with El-Niño and La-Niña events**. *Journal of Climate*, v.13. 2000. pp.35-58.

GRIMM, A. M. **Clima da Região Sul do Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. *Tempo e clima no Brasil*. SP.: Ed. Oficina de Textos. p. 259-274. 2009.

GRIMM, A. M. **Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events and possible effects of climate change**. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. v. 25, n. 4, p. 537-554, DOI: 10.1007/s00477-010-0420-1, 2011.

GUPTA, V. K., e S. SOROOSHIAN. **The Relationship Between Data and The Precision of Parameter Estimates of Hydrologic Models**, *Journal of Hydrology*. 1985. pp 81, 57-77.

HALLAL, M.O.C. **Análise da variabilidade de indicadores climáticos para a precipitação pluvial no Rio Grande do Sul**. 2007. 123f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul. 2007.

HARNACK, R. P.; APEL, K.; CERMAK, J. R. **Heavy precipitation events in New Jersey: attendant upper air conditions**. *Weather and Forecasting*, v.14. 1999. pp. 933-954.

HOFFMANN, L. B., MAZZARONE, R., VAZQUEZ, E. G. **Relatório – Ensaio**. 2014.

HOREL, J.; HAHMANN, A.; GEISLER, J. **An investigation of the annual cycle of the convective activity over the tropical Americas.** *Journal of Climate*, v.2, n.11. 1989. pp. 1388-1403.

HUTH, R. **Properties of Circulation Classification Scheme Based on the Rotated Principal Component Analysis.** *Meteorology and Atmospheric Science*, v. 59, n. 3-4. 1996. p. 217-233.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990 e 1981-2010).** Org: RAMOS, A. M. ; SANTOS, L.A.R.; FORTES, L.T.G. 2020.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, et al., editors Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Disponível em:

[http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI\\_AR5\\_SPM\\_brochure.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf).

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis Summary for Policymakers** Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 18. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm)

JACOBET, J.; WANNER, H.; LUTERBACHER, J.; BECK, C.; PHILIPP, A.; STURM, K. **Atmospheric circulations variability in the north-atlantic-european area since mid-seventeenth century.** *Climate Dynamics*, v. 20, n. 4. 2003. pp. 341-352.

JONES, C. ; CARVALHO, L. M. V. ; LIEBMANN, B. . **Forecast skill of the South American Monsoon System.** *Journal of Climate*, 2012.

JONES, C. ; CARVALHO, L. M. V. **Spatial-intensity variations in extreme precipitation in the contiguous United States and the Madden-Julian Oscillation.** *Journal of Climate*, 2012.

JONES, C. AND L. M. V. CARVALHO. **Active and Break Phases in the South American Monsoon System.** J. Climate, 2002. pp. 905–914.

KODAMA, Y. M. **Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones.** Journal Meteorological Society of Japan, v.70, n.4. 1992. pp. 813-836

KODAMA, Y. M. **Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal, the SPCZ, and the SACZ) Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs.** Journal Meteorological Society of Japan, v.71, n.5. 1993. pp. 581-610.

KOUSKY, V. E. **Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector.** Revista Brasileira de Meteorologia. v. 3. 1988. pp. 217 – 231.

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. **Large-scale atmosphere conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology,** v.101. 2010. pp. 121-135.

MACHADO, L.A.T.; ROSSOW, W.B. **Structural characteristics and radiative properties of tropical cloud clusters.** Monthly Weather Review, V. 121. 1993. pp. 3234-3260.

MAIA, Poliana Dutra; GUIMARÃES, Edi Mendes; MOREIRA, Ricardo Cosme Arraes; BOAVENTURA, Geraldo Resende. **Estudo mineralógico dos sedimentos de fundo do lago Paranoá, Distrito Federal.** In: Revista Brasileira de Geociências, Vol. 35. pp. 535-541. 2005.

Majewski et al.(2002) D. Majewski, D. Liermann, P. Prohl, B. Ritter, M. Buchhold, T. Hanisch, G. Paul, W. Wergen, e J. Baumgardner. The operational global icosahedral-hexagonal gridpoint model GME: description and high-resolution tests. Mon. Wea. Rev., 130(2):319–338.

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 5.**  
 MMA/SBF/DCBio, Brasília. 2007.

MARENGO, J. A.; B. LIEBMANN; V. E. KOUSKY; N. P. FILIZOLA; I. C. WAINER.  
**Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon basin.** J. Climate, v. 14.

MARENGO, J. A.; Chou, S. C.; Betts, R.; Kay, G.; Alves, L. M.; Torres, R.; Santos, D.  
**Development of regional climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: Part 1. Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins.** Climate Dynamics, 2010.

MARENGO J.A; Ambrizzi, T.;Rocha, p., Alves, L. M.; Cuadra, S. V.; Valverde, M. C.; Ferraz, S. E. T.; Torres R. R.; Santos D. C. **Future change of climate in South America in the late XXI Century: Intercomparison of scenarios from three regional climate models.** Climate Dynamics, DOI 10.1007/s00382-009-0721-6, 2009b.

MARENGO J.A; Jones R.; Alves L. M.; Valverde M. **Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system.** International Journal of Climatology. doi:10.1002/joc.1863. 2009

Martinez Júnior, F. 1999. **Análise das precipitações intensas no Estado de São Paulo.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, [CD-ROM]. Anais.

Ministério de Ciência e Tecnologia/Centro de Estudos e Gestão Estratégica - MCT/CGE.  
**Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.** Brasília, 2002.

MELO, A. B. C. ; CAVALCANTI, I. F. A. ; SOUZA, P. P. . **Zona de Convergência Intertropical do Atlântico**. In: Iracema F. A. Cavalcanti; Nelson J. Ferreira; M. Assunção F. da Silva Dias; M. Gertrudes A. Justi da Silva. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. 01. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, v. 1, 25-41 p.

MELO, C. F., SEDIYAMA, C.; FERREIRA, A; LEAL, G; MINUSI, B. **Distribuição espacial da frequência de chuvas na região hidrográfica do Atlântico, Leste de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.2. 2006. pp. 417-425.

MENDES, Heloisa Ceccato; MENDIONDO, Eduardo Mario. **Histórico da expansão urbana e incidência de inundações: o caso da bacia do Gregório, São Carlos-SP**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS, ABRH, v. 12, n. 1, p. 17-27, 2007. Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/8929ab216c275c4e6f0c83e08e1e2fbb\\_239069120256863bc9bc6df8ae5bcd86.pdf](http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/8929ab216c275c4e6f0c83e08e1e2fbb_239069120256863bc9bc6df8ae5bcd86.pdf)>.

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2001.

MENDONÇA, F.A; BUFFON, E. A. M.; GOUDARD, G. **l'adaptation urbaine au changement climatique global: les inondations à Curitiba et Pinhais (Brésil)**. In: XXVIII e Colóquio de l'Association Internationale de Climatologie. Liège (Sart-Tilman)/Belgique, 2015. p. 200-205.

MENDONÇA, F.A; DESCHAMPS, M.V.; LIMA, M.D.V.de. **A cidade e as mudanças climáticas globais: (intensificação?) – Riscos e Vulnerabilidades Socioambientais na RMC – Região Metropolitana de Curitiba/PR**. In: OJIMA, R.; MARANDOLA JR, E. Mudanças Climáticas e as Cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. Blucher: Coleção População e Sustentabilidade. 2013. p- 129 – 162.

MENDONÇA, Francisco et al. **A intensificação do efeito estufa planetário e a posição dos países no cenário internacional**. RAÍÇA – O espaço geográfico em análise. n. 5, ano V, Curitiba-PR, Editora da UFPR. 2001. p. 99-124.

MENDONÇA, F.A. **Aquecimento Global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores na região Sul.** Revista Brasileira de Climatologia, v.2. 2006. pp. 71-86.

MENEZES, P. H. B. J. **Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá.** 2010. ix, 123 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

MINUZZI, R.B.; LOPEZ, F.Z. **Variabilidade de índices de chuva nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Biosci. J., Uberlândia, v. 30, n. 3. 2014. pp. 697-706.

MO, K. C.; BERBERY, E. H. **Drought and Persistent Wet Spells over South America Based on Observations and the U.S. CLIVAR Drought Experiments.** Journal of Climate, v. 24. 2011. pp. 1801-1820.

MONTEIRO, C. A. de F. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul - (Oriental do Brasil contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil).** Série Teses e Monografias, IGEOG/USP, São Paulo, 1969. 69 p.

MONTEIRO, C. A. de F. **Da Necessidade de um Caráter Genético à Classificação Climática.** Revista Geográfica, São Paulo, Instituto Pan-Americano de Geografia e História - Rio Claro, 1962.

MONTEIRO, C. A. de F. **Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro.** Revista Brasileira de Geografia (Rio de Janeiro), ano XIII, n.1. 1951.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas.** São Paulo: IGEOG. 1973.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia. 1976. 181 p.

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo.** 1.ed. Rio Claro: UNESP / AGETEO, 2000. CD-ROM.

MONTEIRO, C.A.F. **Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática.** Revista Geográfica, Rio de Janeiro, v.33. 1964. pp. 59-69.

MONTEIRO, C. A. M. **Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade em São Paulo e achegas para um programa de trabalho.** São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1971.

MOREIRA, R. C. A., & BOAVENTURA, G. R. 2003. **Referência Geoquímica Regional para a Interpretação das Concentrações de Elementos Químicos nos Sedimentos da Bacia do Lago Paranoá – DF.** Revista Química Nova, Vol.26, No.6. 2003. pp. 812-820.

MOURA, A. D., & FORTES L.T.G. **The Brazilian National Institute of Meteorology (INMET) and its contributions to agrometeorology.** Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. Agrometeoros, Passo Fundo, v.24, n.1. 2016. pp. 15-27.

MOURA, C. R. W.; ESCOBAR, G. C. J.; ANDRADE, K. M. **Padrões de circulação em superfície e altitude associados a eventos de chuva intensa na região metropolitana do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Meteorologia, v28, n3. 2013. pp. 267-280.

NASCIMENTO, D. T. F. ; OLIVEIRA, Ivanilton José. ; LUIZ, Gislaine Cristina. **Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal/Brasil.** Élisée - Revista de Geografia da UEG , v. 5. 2016. pp. 59-86.

NASCIMENTO, D. T. F. et al. **Levantamento do comportamento da temperatura e umidade relativa do ar: uma experiência didático-pedagógica no ensino da Climatologia Goiânia - GO /2005.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. Rondonópolis. Anais. Rondonópolis, 2006.

NASCIMENTO, M. M.; VITORINO, M. I. **Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à zona de convergência intertropical.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.27, n.4 2012. pp. 475-483.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C.; BEZERRA, P. C. **Oscilações Intrassazonais nos Trópicos e Variações Pluviométricas sobre o Nordeste do Brasil em 1999**. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C.; MENDES, D.; BOTTINO, M. J.. **A Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico: Climatologia**. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu-PR. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002.

NORTH, G.R.; BELL T.L.; CAHALAN R.F.; MOENG, F.J. **Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions**. Monthly Weather Review, v 110. 1982. pp. 699-706.

NUNES, A. B.; DA SILVA, G. C. **Climatology of extreme rainfall events in eastern and northern Santa Catarina state: present and future climate**. Revista Brasileira de Geofísica (Impresso), v.31. 2013. pp. 1-13.

ONU, "**Documento Final de la Cumbre de la Asamblea Mundial de la ONU**." Aprovado em 24/10/2005. Disponível em: <<http://www.un.org/spanish/summit2005>>. Acesso em 22 de outubro de 2014.

OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G, M. **Eventos de precipitação extrema na região do Centro de Lançamento de Alcântara**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 4. 2016. pp. 662-674.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas Intensas no Brasil: Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de Chuvas em 98 Postos com Pluviógrafos**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras e Saneamento. 1956. 426 p.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas Intensas no Brasil: Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de Chuvas em 98 Postos com Pluviógrafos**, Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras e Saneamento. 1982. 426 p.

PINHEIRO, G. M. **Variabilidade temporal e espacial da pluviosidade na bacia do Alto Iguaçu**. Tese de Doutorado (em Geografia), Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, 2016.

Pinkayan, S.,1966. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado State University, Fort Collins.

PINTO, F.A.; FERREIRA, P.A.; PRUSKI, F.F.; ALVES, A.R. & CECON, P.R. **Estimativa de chuvas intensas no estado de Minas Gerais utilizando registros diários**. Eng. Agr., 16:8-21, 1996.

QUADRO, M. F. L. **Estudos de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. Tese de Mestrado orientada pela autora Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP. INPE-6341-TDI/593. 1993.

QUADRO, M. F. L. & ABREU, M. L. **Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul**. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, MG, 18 a 25 de Outubro de 1994, v. 2. pp. 620-623.

QUADRO, M. L. F. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 124f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE., São José dos Campos, São Paulo. 1994.

QUEIROZ, A. T.; STEINKE, E. T. **Identificação e análise da estrutura espacial dos extremos de temperatura do ar na bacia do rio Paranaíba por meio da técnica de anos-padrão**. GEOUSP: espaço e tempo, v. 21. 2017. pp. 217-238.

RAMAGE CS. 1971. **Monsoon meteorology**. New York: Academic Press.

RAO, V.B.; CAVALCANTI, I.F.A.; HADA, K. **Annual variations of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America.** Journal of Geophysical Research, v.101, n.D21. 1996. pp. 26539-26552.

RAO, V. B.; HADA, K. **Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with southern oscillation.** Theoretical and Applied Climatology, v.42. 1990. pp.81-91.

RASERA, G.; CAMPOS, R.J. **Análise Sazonal das Regiões do Rio Grande do Sul Atingidas por Eventos Severos Gerados por CCM no Período de 2004 a 2008.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 36, n.2. 2013. pp. 61-69.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. **Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2. 2010. pp. 185-204.

RICHMAN, M. B. **Rotation of Principal Components.** Climate and Meteorology Section. Illinois 61820-7407, USA. 1986.

ROSSOW, W.B.; SCHIFFER, R.A. **Advances in understanding clouds from ISCCP.** **Bulletim of American Meteorological Society.** V. 80. 1999. pp. 2261-2287.

SANTIS, D.G.D.; MENDONÇA, F.A. **Impactos de inundações em áreas urbanas: o caso de Francisco Beltrão/PR.** Revista RA'EGA, Curitiba, n. 4. 2000. 155 p.

Santos, G. G. **Impacto de sistemas de integração lavoura- pecuária na qualidade física do solo.** Goiânia: UFG, 2010.

Santos, G. S.; Nori, P. G. Oliveira, L. F. C. **Chuvvas intensas relacionadas à erosão hídrica.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14. 2010. pp. 115-123.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **História da Climatologia no Brasil: gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico.** Tese (Livre Docência). Presidente Prudente: FCT/UNESP. 2001.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C. A.; SILVA, P. L. D. South America. In: KAROLY, D. J.; VICENT, D. G. **Meteorology of the Southern Hemisphere**. Ed. American Meteorological Society. v.27, n. 49. 199. pp. 119-139.

Schär, C., D. Leuenberger, O. Fuhrer, D. Lüthi, and C. Girard (2002). A new terrainfollowing vertical coordinate formulation for atmospheric prediction models. *Mon. Wea.Rev.* 130, 2459–2480.

SERRA, A.; RATABONNA, L. **As massas de ar da América do Sul: 1ª e 2ª partes**. Revista Geográfica (Rio de Janeiro), Instituto Pan-Americano de Geografia e História, n.51-52., 1942. SERVIÇO METEOROLÓGICO MARINHO DO BRASIL.

SEVERO, D. L. **Estudo de casos de chuvas intensas no estado de Santa Catarina**. 1994, 118 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, São Paulo. 1994.

Silva, D. D., F. R. L. Pinto, F. F. Pruski & F. A. Pinto. 1999. **Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação para o Rio de Janeiro e o Espírito Santo**. Engenharia Agrícola, 18 (3): 22-33.

SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, R. M.; PATRÍCIO, M.C.M. **O Paradoxo das Mudanças Climáticas no Brasil: Aquecimento ou resfriamento?** In: III Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e I Workshop da Rede Ser Caatinga, 2011, João Pessoa - Paraíba.

SILVEIRA, R. B.; BITENCOURT, V. J. B.; ALVES, M.P.A.; FRANKE, A. E. **Distribuição das chuvas nos casos de eventos extremos no município de Itapoá/SC**. In: I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres, 2016, Curitiba. Anais do I CBRRD, 2016. v. 1. pp. 92-102.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em Climatologia Geográfica: diagnósticos e propostas**. Tese de Doutorado (em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente. 2016.

SOUZA, F.P. (2014). **Monitoramento e modelagem hidrológica da sub-bacia do Lago Paranoá - Brasília/DF - e avaliação de bacias de retenção**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-165/2014, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. Brasília, 2004. Tese (Doutorado em Ecologia) Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. 201 p.

STEINKE, Ercília Torres; BARROS, Juliana Ramalho. **Tipos de tempo e desastres urbanos no Distrito Federal entre 2000 e 2015**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8. 2015. pp. 1435-1453.

STEINKE, Ercília Torres; REZENDE, Mariana de Souza; Cavalcanti, Luiz. **Sistemas atmosféricos geradores de eventos extremos de precipitação em outubro de 2006 no Distrito Federal: uma análise geográfica dos desastres**. In: Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 2. Dez. 2006. pp. 23-34.

STEINKE, Ercília Torres; Souza, M. R. Cavalcanti, L. **Sistemas Atmosféricos Geradores de Eventos Extremos de Precipitação em Outubro de 2006 no Distrito Federal: Uma Análise Geográfica dos Desastres**. Revista brasileira de Climatologia, v. 2. 2007. pp. 23-34.

STEINKE, V. A. **Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2003. 101 p.

STEINKE, Valdir Adilson; STEINKE, Ercília Torres. **Utilização de sistemas de informação geográfica para composição do Atlas Pluviométrico do Distrito Federal – Brasil**. Disponível em:

<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx;ega19/Nuevatecnologias/Sig/17.pdf>.

STEINKE, E. T. **Ensino da Dinâmica das Massas de Ar**. Rio de Janeiro, 2017. Minicurso Teoria e Prática da Climatologia no Ensino Básico. 15 slides, color.

Steppeler, J., Doms, G., Schättler, U. et al. *Meteorol Atmos Phys* (2003) 82: 75.

<https://doi.org/10.1007/s00703-001-0592-9>.

TEBALDI, C.; HAYHOE, K.; ARBLASTER J. M.; MEEHL, G. A. **Going to extremes - An Intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events**. *Climatic Change*, v. 79. 2006. pp. 185–211.

TEDESCHI, R. G.; GRIMM, A. M.; CAVALCANTI, I. F. A. **Influence of Central and East ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral spring and summer**. *International Journal of Climatology*, v.35. 2014. . pp. 2045–2064.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. **Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in southern Brazil**. *Monthly Weather Review*, v.135. 2007. pp. 598-617.

TEIXEIRA, M. S. **Caracterização física e dinâmica de episódios de chuvas intensas nas regiões sul e sudeste do Brasil**. 2010, 219f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, São José dos Campos, São Paulo. 2010.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS e ABRH. 2005. 678 p.

TUTTLE, J. D.; DAVIS, C. A. **Corridors of Warm Season Precipitation in the Central United States**. *Monthly Weather Review*, v. 134. 2006. p. 2297- 2317.

VIRJI, H. **A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds**. *Mon. Wea. Rev.* 1981. pp. 109, 599-610.

WAN, H., M. A. Giorgetta, G. Zängl, M. Restelli, D. Majewski, L. Bonaventura, K. Fröhlich, D. Reinert, P. Ripodas, L. Kornbluh, and J. Förstner. **The ICON-1.2 hydrostatic atmospheric dynamical core on triangular grids – Part 1: Formulation and performance of the baseline version**. *Geosci. ModelDev.* 6. 2013. pp. 735–763.

WEI, W.; Chen, L.; Fu, B.; Huang, Z.; Wu, D.; Gui, L. **The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area.** China. Journal of Hydrology, v.335. 2007. p.247-258.

WILKS, D.S. **Theoretical probability distributions.** In: Statistical methods in the atmospheric sciences, San Diego: Academic Press. 1995. P. 96-93.

WILKS, D.S. **Theoretical probability distributions.** In: Statistical methods in the atmospheric sciences. San Diego: Academic Press. 2006. p. 102-104.

WMO. **CLIVAR Initial implementation Plan.** SCRP No. 103, WMO/TD No. 869, ICPO No. 14. 1998.

XAVIER, T. B.S. **Tempo de Chuva –Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional.** ABC Editora, Fortaleza. 2001.

ZANELLA, M.E.; SALES, M.C.L.; ABREU, N.J.A. **Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em Fortaleza, CE.** GEOUSP: espaço e tempo, n. 25. 2011. pp. 53-68.

ZAVATINI, J. A. **A Climatologia Geográfica Brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático – desenvolvimento, progresso e perspectivas.** Boletim Climatológico, Presidente Prudente, v. 1, n. 2. 1996. pp. 11-20.

ZAVATTINI, J. A. **A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático.** Terra Livre, São Paulo, v. 1, n. 20. 2003. pp. 65-99.

ZHOU, J.; K. M. LAU. **Does a Monsoon Climate Exist over South America?** Journal of Climate, v.11. 1998. pp. 1020 – 1040.

## 7 ANEXOS

## 7.1 Reportagens associadas aos eventos pluviais de 2015 a 2017

MENU | G1
BUSCAR

22/01/2016 21h26 - Atualizado em 22/01/2016 22h26

## Chuva transforma tesourinha de Brasília em 'cachoeira'; veja vídeo

Internautas também registraram carro sendo arrastado no Distrito Federal. Em Brazlândia, garoto morreu arrastado por correnteza enquanto nadava.

Do G1 DF

FACEBOOK
TWITTER
G+
PINTEREST



As chuvas desta sexta-feira (22) transformaram uma tesourinha de Brasília em uma "cachoeira". Um vídeo enviado à TV Globo mostra carros e motos atravessando a passagem em meio à lama que caía. Outros internautas registraram carros sendo arrastados pela chuva e a água invadindo um restaurante da capital federal.



### Distrito Federal

veja tudo sobre >



**Paciente sofre parada cardíaca e morre após cirurgia...**

08/03/2019



**Dia da Mulher: cortejo de carnaval marca protesto em...**

08/03/2019



**Ibaneis anuncia criação de Centro de Atendimento à Mulher...**

08/03/2019



**Justiça autoriza acesso de 270 servidores à sede...**

08/03/2019

Trânsito DF +

### Shopping



Magazine Luiza  
Philips 5100  
Series LED 43  
pol...

10 x R\$149,90

◀
▶

compare preços de

Comparar

veja todos os produtos »

Fonte: G1 - <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/01/chuva-faz-viaduto-em-brasilia- virar-cachoeira-e- causa-danos-veja-videos.html>

AgênciaBrasil



**Geral**

## Chuva acima da média em Brasília alaga vias e deixa veículos submersos

Publicado em 25/01/2016 - 17:46 Por Carolina Gonçalves - Repórter da Agência Brasil - Brasília



**A CIÊNCIA ESTÁ PRESENT  
EM NOSSA VIDA DE JEITO  
QUE VOCÊ NEM IMAGINA**

Motorista teve o carro inundado após tentar atravessar alagamento em via de Brasília José Cruz/Agência Brasil

As fortes chuvas que atingem Brasília desde o começo do ano provocaram hoje (25) novos alagamentos em vias da cidade e deixaram veículos ilhados e até submersos, inclusive na área central.

Quando o servidor público Josemir Alves estava chegando em casa, a chuva que caía no Distrito Federal, por volta das 17h, ficou ainda mais intensa. No caminho, debaixo de um viaduto, ele viu a água acumulada, mas acreditou que conseguiria passar. "Achei que dava [para passar] e a água foi subindo muito rápido e chegou na porta [do carro]. Eu estava lá no meio e já estava perdendo o controle e o carro começou a rodar", contou.

Para a sorte do servidor público, outro motorista, que estava em um carro utilitário, maior, viu a cena e decidiu ajudar. Erilberto de Jesus Mendes, mecânico de helicóptero, tinha uma corda no carro e com a tração mais forte conseguiu resgatar o veículo de Josemir, numa operação que durou meia hora.

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-01/chuva-acima-da-media-em-brasilia-alaga-vias-e-deixa-veiculos-embraixo-dagua>

Em março de 2016, o DF foi atingido por um forte episódio de forte chuva, ocasionando pelo menos quatro acidentes de trânsito, com vítima fatal, e diversos pontos de alagamento na cidade.



Tesourinha da 110/210 Sul, em Brasília, alagada após chuvas (Foto: Corpo de Bombeiros-DF/Divulgação). Fonte G1

Várias áreas na região de Brasília e do Distrito Federal amanheceram alagadas nesta quarta-feira por causa da chuva muito volumosa. Segundo o Inmet, em Brasília choveu 99,6 mm no período entre 10 horas da manhã do dia 19 e 10 horas da manhã de 20 de janeiro. Essa foi a maior quantidade de chuva sobre Brasília em 2016 até agora e dos últimos 10 anos, quando choveu 103,1 mm entre os dias 26 e 27 de outubro de 2006.

Em Gama/Ponte Alta, choveu 102,2 mm o período entre 10 horas da manhã do dia 19 e 10 horas da manhã de 20 de janeiro. 20/01/201

CLIMATEMPO

Previsão do tempo ▾ Chuva ▾ Satélite Vídeos Notícias ▾

NOTÍCIAS

Home Notícias

---

## Brasília tem maior chuva/24h em 10 anos

20/01/2016 às 12:24  
por Josélia Pegorim

Atualizado 20/01/2016 às 14:22

compartilhar

---

Oferecimento

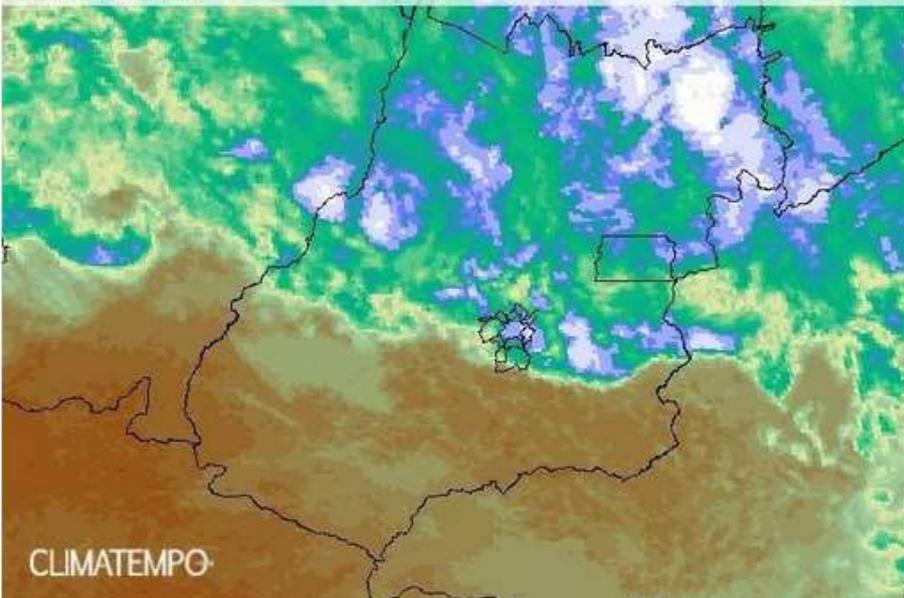
---

Várias áreas na região de Brasília e do Distrito Federal amanheceram alagadas nesta quarta-feira por causa da chuva muito volumosa. Segundo o Inmet, em Brasília choveu 99,6 mm no período entre 10 horas da manhã do dia 19 e 10 horas da manhã de 20 de janeiro. Esta foi a maior quantidade de chuva sobre Brasília em 2016 até agora e também dos últimos 10 anos, quando choveu 103,1 mm entre os dias 26 e 27 de outubro de 2006.

Em Gama/Ponte Alta, choveu 102,2 mm o período entre 10 horas da manhã do dia 19 e 10 horas da manhã de 20 de janeiro.

---

**Imagem de Satélite GOES-13(COLOR)**  
20/01/2016 13:30 Z



CLIMATEMPO

Fonte: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2016/01/20/brasilia-tem-maior-chuva-24h-em-6-anos-4616>



Digite aqui

Notícias

Fotos

Vídeos

Áudios

Serviços

Imprensa

Agência Brasília &gt; Chuvas nos primeiros dias de 2016 ficam acima da média dos últimos 30 anos

GERAL

23/1/16 18:00

ATUALIZADO EM 12/5/16 ÀS 17:51

## Chuvas nos primeiros dias de 2016 ficam acima da média dos últimos 30 anos

Quantidade registrada de 1º a 22 de janeiro é de 365,5 milímetros. De acordo com o Inmet, média para o mês é de 247,4 desde 1986. Órgãos do governo atuam para reduzir os danos

RAFAEL ALVES, DA AGÊNCIA BRASÍLIA

*Atualizado em 23 de janeiro de 2016, às 20h03*

De 1º a 22 de janeiro de 2016, os brasilienses tiveram um dos inícios de ano mais chuvosos dos últimos 30 anos. Até sexta-feira (22), segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), choveu 365,5 milímetros, quase 120 milímetros a mais do que a média para todo o mês de janeiro registrada desde 1986, que é de 247,4.

Períodos curtos, com muita chuva concentrada, causaram alagamentos nessa sexta-feira (22) em várias localidades de Brasília, como em tesourinhas e passagens subterrâneas das Asas Sul e Norte. Em Brazlândia, agentes da Subsecretaria de Proteção e Defesa Civil, da Secretaria



Foto: Toninho Tavares/Agência Brasília

Fonte: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2016/01/23/chuvas-nos-primeiros-dias-de-2016-ficam-acima-da-media-dos-ultimos-30-anos/>

As chuvas registradas em fevereiro de 2017 acarretaram diversos transtornos à população e superaram em mais de duas vezes a precipitação de fevereiro de 2016, de acordo com a normal de 1981 a 2010, correspondente a 183,0 mm.

## Chuva em fevereiro no DF supera média histórica e dobra em relação a 2016

Inmet registrou 257 mm de chuva neste mês; 40 mm a mais do que a média. Em 2016, DF contou com 84,2 mm de chuvas em fevereiro.

Por Grazielle Frederico, G1 DF

27/02/2017 13:11 | Atualizado há 3 anos



Carro passa por poça d'água em rua de terra após chuva — Foto: Reprodução/Youtube

As chuvas no Distrito Federal até esta segunda-feira (27) deste mês de fevereiro superaram a média histórica e foram mais do que o dobro se comparado a 2016. Segundo registros do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), choveu 257 mm em fevereiro deste ano – a média histórica é de 217 mm. Em 2016, o Inmet registrou 84,2 mm de chuvas no mesmo mês.

Por outro lado, choveu em janeiro deste ano cerca de 100 mm a menos do que a média. Foram 145 mm, enquanto a média histórica para janeiro é de 247 mm. No mesmo período de 2016, o DF contou com 398 mm de chuvas.

Segundo o Inmet, a tendência é de que as chuvas continuem em março, mas não é possível prever se o mês seguirá os parâmetros de fevereiro e apresentará índices maiores do que as médias históricas. O instituto informou ainda que a expectativa é que, depois de março, as chuvas comecem a diminuir.

Fonte: <https://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/chuva-em-fevereiro-no-df-supera-media-historica-e-dobra-em-relacao-a-2016.ghtml>

# Forte chuva deixa moradores ilhados em várias regiões do DF; veja vídeo

Moradores do Park Way, de Águas Claras, Guará e Vicente Pires também relataram fortes precipitações

CB Correo Braziliense

postado em 24/11/2016 14:28 / atualizado em 24/11/2016 15:36



As chuvas chegaram com tudo em alguns pontos de Brasília. Park Way, Águas Claras, Guará, Riacho Fundo I e Vicente Pires, por enquanto foram as áreas mais afetadas. Moradores do Riacho Fundo I registraram imagens de uma forte enxurrada na QN 07. Mas, de acordo com o Corpo de Bombeiros, nenhuma ocorrência foi registrada no local.

Continue depois de publicá-lo

**Descoberta na hipertensão**  
Veja porque os médicos podem parar de prescrever tratamentos para pressão sanguínea

Doctur Nature

Leia mais notícias em Cidades

Moradores da região reclamam da falta de um sistema de captação de águas pluviais. Em Vicente Pires, uma equipe do Corpo de Bombeiros se deslocou para a chácara 126 B. Segundo a comunicação da corporação, uma idosa está ilhada no local, por conta da enxurrada.



VITAMINAS E AMINOÁCIDOS QUE AUXILIAM NO DESENVOLVIMENTO DO CABELO, DA ESTRUTURA DA PELE E DA FORMAÇÃO DAS UNHAS

OFICIAL PILL FOOD TURBINADO

PREÇO ORIGINAL R\$ 49,90

PREÇO COM DESCONTO R\$ 34,60

**COMPRE AGORA COM 30% DE DESCONTO**

## MAIS LIDAS

- 18:38 - 07/04/2020 - Compartilhar   
Casos de coronavírus passam de 590 no DF, uma das últimas tinha 49 anos
- 21:24 - 07/04/2020 - Compartilhar   
Homem com suspeita de coronavírus fepe da UPA e é encontrado em terminal
- 14:34 - 07/04/2020 - Compartilhar   
CDF autoriza, em novo decreto, funcionamento de gelinhas bancárias
- 08:59 - 07/04/2020 - Compartilhar   
Covid-19: encerramento de casos no DF está abaixo do previsto pelo governo
- 13:43 - 07/04/2020 - Compartilhar   
Coronavírus: número de mortos chega a 12 e casos confirmados, a 492

## BLOGS



**CB Poder**

Distribuidor aprovam passagem gratuita para profissionais da Saúde



**Blog do Vicente**

Bares, hotéis e restaurantes conseguem limitar contra-protocolos em cartórios



**Papo de Concurseiro**

Covid-19: Dorci autoriza provimento de 1.185 cargos para a Secretaria de Saúde do DF

**TruCar** Encontre seu carro

	Fiat Fiesta S 1.0 8v Flex 5p
	R\$ 21.790,00
	Hyundai HB20s Comfort Style 1.0 To Flex 12v Mec.
	R\$ 44.990,00

Imagens meramente ilustrativas



As chuvas chegaram com tudo em alguns pontos de Brasília. Park Way, Águas Claras, Guará, Riacho Fundo I e Vicente Pires, por enquanto foram as áreas mais afetadas. Moradores do Riacho Fundo I registraram imagens de uma forte enxurrada na QN 07.



A chuva causou alagamento em diversas partes do Distrito Federal. Vicente Pires e Riacho Fundo I registraram fortes enxurradas (foto: CBMDF/Divulgação)

[https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/11/24/interna\\_cidadesdf.558544/forte-chuva-deixa-moradores-ilhados-em-varias-regioes-do-df.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/11/24/interna_cidadesdf.558544/forte-chuva-deixa-moradores-ilhados-em-varias-regioes-do-df.shtml)

24/11/2016 16h19 - Atualizado em 24/11/2016 18h34

## Chuva forte causa alagamentos em áreas do Distrito Federal nesta quinta

Temporal atingiu região oeste do DF à tarde; não há registro de feridos. Previsão do Inmet é de chuva forte até o fim da semana por todo o DF.

Do G1 DF



Chuva alaga rua de Vicente Pires, no Distrito Federal (Foto: Corpo de Bombeiros do DF/Divulgação)

Chuvas fortes causaram alagamentos em regiões como Park Way, Riacho Fundo, Águas Claras e Vicente Pires, no Distrito Federal, no início da tarde desta quinta-feira (24). Até as 16h, o Corpo de Bombeiros tinha recebido pedidos de ajuda de pessoas ilhadas em casas e carros, mas não havia registro de feridos ou desaparecidos.

saiba mais

**Chuvas e tempo fechado continuam até o fim de semana no DF, diz Inmet**

**Reservatório atinge 19,99%, e DF está autorizado a fazer racionamento**

Em Vicente Pires, uma mulher teve uma crise nervosa ao ficar presa dentro do veículo. Imagens feitas pelos bombeiros na região mostram que a água chegou a cobrir os pneus dos carros estacionados nas vias. Segundo a corporação, a mulher foi socorrida por

<http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/11/chuva-forte-causa-alagamentos-em-areas-do-distrito-federal-nesta-quinta.html>

**7.2 Relatório da Secretaria de Segurança Pública do Distrito Federal referente às ocorrências relacionadas a episódios de chuva do DF no período de 2015 a 2017.**

 <b>Secretaria de Segurança Pública do Distrito Federal - Subsecretaria de Modernização Tecnológica - Coordenação de Desenvolvimento de Sistemas - Gerência de Administração de Dados</b>			
<b>QUANT</b>	<b>NATUREZA</b>	<b>DATA DO CADASTRO</b>	<b>REGIÃO ADMINISTRATIVA</b>
1	ACIDENTES DIVERSOS	03/01/2015	BRASÍLIA
1	COLISÃO DE VEICULO SEM VÍTIMA	03/01/2015	BRASÍLIA
1	DESTELHAMENTO	03/01/2015	LAGO SUL
1	VERIFICAÇÃO DE CORTE DE ÁRVORE	04/01/2015	LAGO NORTE
1	CORTE DE ÁRVORES	16/01/2015	GUARÁ
1	CORTE DE ÁRVORES	22/01/2015	VICENTE PIRES
1	DESOBSTRUÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA DE GARAGEM	22/01/2015	LAGO SUL
1	ESGOTAMENTOS	22/01/2015	BRASÍLIA
1	DESABAMENTO DE CONSTRUÇÃO	23/01/2015	ÁGUAS CLARAS
1	CORTE DE ÁRVORES	25/01/2015	PARANOÁ
1	CORTE DE ÁRVORES	27/01/2015	LAGO SUL
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	27/01/2015	BRASÍLIA
1	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	05/02/2015	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	05/02/2015	GUARÁ

1	SALVAMENTOS DIVERSOS	17/02/2015	LAGO NORTE
1	CORTE DE ÁRVORES	07/03/2015	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	09/03/2015	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	10/03/2015	LAGO SUL
1	CORTE DE ÁRVORES	10/03/2015	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	10/03/2015	SUDOESTE OCTOGONAL
1	CORTE DE ÁRVORES	11/03/2015	BRASÍLIA
1	SALVAMENTO SUBTERRÂNEO	11/03/2015	LAGO SUL
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	11/03/2015	BRASÍLIA
1	ESGOTAMENTOS	11/03/2015	LAGO SUL
1	INUNDAÇÃO	21/03/2015	BRASÍLIA
1	ATROPELAMENTO	27/03/2015	BRASÍLIA
1	DESABAMENTO DE CONSTRUÇÃO	28/03/2015	RIACHO FUNDO
1	PERIGO DE DESABAMENTO	28/03/2015	ÁGUAS CLARAS
1	CORTE DE ÁRVORES	02/04/2015	PARK WAY
1	INUNDAÇÃO	05/04/2015	VARJÃO
1	INUNDAÇÃO	09/04/2015	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	DESABAMENTO DE CONSTRUÇÃO	09/04/2015	VICENTE PIRES
1	CORTE DE ÁRVORES	09/04/2015	LAGO SUL
1	DIREÇÃO PERIGOSA DE VEÍCULO NA VIA PÚBLICA	14/04/2015	LAGO SUL
1	INUNDAÇÃO	19/04/2015	VICENTE PIRES
1	CORTE DE ÁRVORES	24/04/2015	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	30/04/2015	LAGO SUL
1	DESABAMENTO DE CONSTRUÇÃO	19/05/2015	GUARÁ

1	PREVENÇÃO DE DESABAMENTO	14/08/2015	BRASÍLIA
1	SALVAMENTO DE ANIMAIS	28/09/2015	RECANTO DAS EMAS
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	06/10/2015	PARANOÁ
1	CORTE DE ÁRVORES	06/10/2015	GUARÁ
1	ESGOTAMENTOS	14/11/2015	RECANTO DAS EMAS
1	CORTE DE ÁRVORES	15/11/2015	GUARÁ
1	DESABAMENTO DE CONSTRUÇÃO	17/11/2015	GUARÁ
2	CORTE DE ÁRVORES	17/11/2015	GUARÁ
1	CORTE DE ÁRVORES	17/11/2015	SIA (SETOR DE INDÚSTRIA E ABASTECIMENTO)
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	17/11/2015	GUARÁ
1	SALVAMENTO DE ANIMAIS	22/11/2015	GUARÁ
1	CORTE DE ÁRVORES	23/11/2015	BRASÍLIA
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	24/11/2015	GUARÁ
1	CORTE DE ÁRVORES	27/11/2015	BRASÍLIA
1	DESMORONAMENTO	28/11/2015	BRASÍLIA
1	ESGOTAMENTOS	29/11/2015	RECANTO DAS EMAS
1	CORTE DE ÁRVORES	04/12/2015	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	04/12/2015	LAGO SUL
1	CORTE DE ÁRVORES	06/12/2015	BRASÍLIA
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	21/12/2015	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	27/12/2015	ÁGUAS CLARAS
1	EM APURAÇÃO	20/01/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	ESGOTAMENTOS	20/01/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	PESSOA PRESA EM IMÓVEL	20/01/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE

1	INUNDAÇÃO	21/01/2016	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	21/01/2016	ÁGUAS CLARAS
1	ACIDENTE COM MOTOCICLETA COM VITIMA	02/02/2016	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	08/02/2016	VICENTE PIRES
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	04/03/2016	ÁGUAS CLARAS
1	PREVENÇÃO	07/03/2016	BRASÍLIA
2	SALVAMENTOS DIVERSOS	07/03/2016	BRASÍLIA
1	ACIDENTE COM MOTOCICLETA SEM VITIMA	07/03/2016	BRASÍLIA
1	AVERIGUAÇÃO DE INUNDAÇÃO	08/03/2016	SIA (SETOR DE INDUSTRIA E ABASTECIMENTO)
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	08/03/2016	PARK WAY
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	08/03/2016	VICENTE PIRES
2	ESGOTAMENTOS	08/03/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	INUNDAÇÃO	08/03/2016	LAGO SUL
1	DESABAMENTO OU DESMORONAMENTO	08/03/2016	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	11/03/2016	LAGO SUL
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	12/03/2016	LAGO SUL
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	13/03/2016	ÁGUAS CLARAS
1	DESMORONAMENTO	13/03/2016	ÁGUAS CLARAS
1	SALVAMENTO DE ANIMAIS	23/03/2016	RIACHO FUNDO
1	CORTE DE ÁRVORES	28/03/2016	LAGO SUL
1	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	05/10/2016	BRASÍLIA
1	EM APURAÇÃO	05/10/2016	LAGO SUL

2	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	05/10/2016	LAGO SUL
1	APOIOS DIVERSOS	06/10/2016	BRASÍLIA
1	PERIGO DE DESABAMENTO	22/10/2016	GUARÁ
1	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	25/10/2016	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	31/10/2016	VICENTE PIRES
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	31/10/2016	VICENTE PIRES
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	01/11/2016	SCIA E ESTRUTURAL
1	PREVENÇÃO EM VIA PÚBLICA	06/11/2016	CANDANGOLÂNDIA
1	EM APURAÇÃO	14/11/2016	ÁGUAS CLARAS
1	INUNDAÇÃO	19/11/2016	BRASÍLIA
1	EMBARCAÇÃO A DERIVA	19/11/2016	GUARÁ
1	EXTERMÍNIO DE INSETOS	20/11/2016	PARK WAY
1	CAPTURA DE ANIMAIS	22/11/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	24/11/2016	GUARÁ
1	SALVAMENTOS DIVERSOS	24/11/2016	VICENTE PIRES
1	SALVAMENTO DE ANIMAIS	29/11/2016	RECANTO DAS EMAS
1	ACIDENTE COM MOTOCICLETA COM VITIMA	01/12/2016	PARK WAY
1	ACIDENTE COM MOTOCICLETA COM VITIMA	01/12/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	DESMORONAMENTO	02/12/2016	VICENTE PIRES
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	04/12/2016	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	CORTE DE ÁRVORES	06/12/2016	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	06/12/2016	LAGO NORTE
1	DESMORONAMENTO	08/12/2016	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	28/12/2016	BRASÍLIA
1	EM APURAÇÃO	03/01/2017	BRASÍLIA

1	SALVAMENTO DE ANIMAIS	08/01/2017	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	ESGOTAMENTOS	12/01/2017	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	14/01/2017	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	19/01/2017	BRASÍLIA
1	OCORRÊNCIAS DE SOCORRO, BUSCA E SALVAMENTO	24/01/2017	BRASÍLIA
1	SALVAMENTO DE ANIMAIS	27/01/2017	RECANTO DAS EMAS
1	ESGOTAMENTOS	02/02/2017	VARJÃO
1	PREVENÇÃO	03/02/2017	SIA (SETOR DE INDUSTRIA E ABASTECIMENTO)
1	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	06/02/2017	BRASÍLIA
1	CAPTURA DE ANIMAIS	06/02/2017	GUARÁ
1	DESOBSTRUÇÃO DE VIA PÚBLICA	06/02/2017	BRASÍLIA
1	CAPTURA DE ANIMAIS	06/02/2017	GUARÁ
1	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	06/02/2017	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORES	07/02/2017	BRASÍLIA
1	OCORRÊNCIAS DE SOCORRO, BUSCA E SALVAMENTO	11/02/2017	LAGO SUL
1	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	24/02/2017	BRASÍLIA
1	DESABAMENTO OU DESMORONAMENTO	27/02/2017	RECANTO DAS EMAS
1	CAPTURA DE ANIMAIS	15/03/2017	GUARÁ

1	PESSOA ARRASTADA POR ENXURRADA	28/03/2017	BRASÍLIA
1	ESGOTAMENTOS	17/05/2017	LAGO SUL
1	CORTE DE ÁRVORES	20/05/2017	BRASÍLIA
2	EM APURAÇÃO	01/10/2017	BRASÍLIA
1	CAPTURA DE INSETOS	30/10/2017	SUDOESTE
1	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	04/11/2017	RIACHO FUNDO
1	ESGOTAMENTOS	07/11/2017	LAGO SUL
1	EM APURAÇÃO	08/11/2017	BRASÍLIA
1	CAPTURA DE ANIMAIS	08/11/2017	BRASÍLIA
3	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	09/11/2017	BRASÍLIA
1	CAPTURA DE INSETOS	09/11/2017	LAGO NORTE
1	EM APURAÇÃO	10/11/2017	VICENTE PIRES
1	CAPTURA DE ANIMAIS	10/11/2017	BRASÍLIA
1	EM APURAÇÃO	10/11/2017	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	12/11/2017	BRASÍLIA
1	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	14/11/2017	LAGO NORTE
1	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	17/11/2017	NÚCLEO BANDEIRANTE
1	CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	20/11/2017	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	21/11/2017	VICENTE PIRES
1	APOIOS DIVERSOS	21/11/2017	VICENTE PIRES
1	EM APURAÇÃO	21/11/2017	RIACHO FUNDO II

1	CORTE DE ÁRVORES	24/11/2017	PARANOÁ
1	EM APURAÇÃO	26/11/2017	BRASÍLIA
1	APOIOS DIVERSOS	26/11/2017	BRASÍLIA
1	APOIOS DIVERSOS	26/11/2017	PARK WAY
1	EM APURAÇÃO	28/11/2017	BRASÍLIA
1	SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	30/11/2017	PARANOÁ
1	ACIDENTE DE TRANSITO SEM VITIMA	30/11/2017	BRASÍLIA
1	AVERIGUAÇÃO PARA CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	05/12/2017	RIACHO FUNDO
1	APOIOS DIVERSOS	07/12/2017	BRASÍLIA
1	COLISÃO DE VEICULO COM VITIMA	10/12/2017	BRASÍLIA
1	RISCO DE DESABAMENTO	10/12/2017	VICENTE PIRES
1	APOIOS DIVERSOS	11/12/2017	VICENTE PIRES
1	DESABAMENTO OU DESMORONAMENTO	13/12/2017	LAGO SUL
1	AMEAÇA	16/12/2017	BRASÍLIA
1	ATIVIDADE PREVENTIVA	22/12/2017	BRASÍLIA
1	QUEDA OU AMEAÇA DE QUEDA DE ÁRVORE	24/12/2017	BRASÍLIA
1	CORTE DE ÁRVORE EMERGENCIAL	25/12/2017	VICENTE PIRES

Fonte: Secretaria de Segurança Pública do Distrito Federal. Compilado pela autora, 2020.