Episódios e gênese dos eventos climáticos extremos em Goiânia-GO

Episodes and genesis of extreme climate events in Goiânia-GO

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Doutor em Geografia e Professor Adjunto do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG)
diego.tarley@gmail.com

Luan Victor Vieira Lima

Acadêmico do curso de Geografia da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC – Goiás)
Luan_vvl@hotmail.com

Vitor Pereira Cruz

Acadêmico do curso de Geografia da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC – Goiás)
vitorpc97@gmail.com

Resumo

Sob a abordagem da climatologia geográfica, que leva em consideração a dinâmica das massas de ar na análise do ritmo e da gênese do clima, o presente trabalho busca apresentar os episódios de eventos climáticos extremos ocorridos em Goiânia-GO e abordar os mecanismos atmosféricos responsáveis pela gênese dos mesmos. Os eventos extremos foram levantados a partir de dados diários precipitação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, registrados pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), compreendendo a série temporal de 1961 a 2018 (58 anos). A identificação dos mecanismos atmosféricos atuantes nos dias dos episódios extremos foi realizada a partir da leitura e interpretação de cartas sinóticas da Marinha do Brasil, tendo como base o recorte temporal de 2012 a 2018. Foi possível apontar a ocorrência de eventos extremos em períodos específicos do ano, como no caso de eventos de precipitação no verão, sob influência da Massa equatorial continental e da Zona de Convergência do Atlântico Sul; de temperatura máxima no final do inverno e início da primavera, quando predomina a Massa equatorial continental e a Massa tropical Atlântica; de temperatura mínima no outono e inverno, condicionados pela incursão da Massa polar; de umidade relativa do ar no inverno, ocorrendo devido a atuação dos sistemas atmosféricos que habitualmente definem a condição sinótica em Goiânia.

Palavras-chave: eventos extremos, massas de ar, fatores, mecanismos, impactos.

Abstract

Under the approach of Geographical Climatology, which takes into account the dynamics of the air masses in the analysis of the rhythm and the genesis of the climate, the present work seeks to present the episodes of extreme climatic events occurring in Goiânia-GO and to indicate the atmospheric mechanisms responsible for the genesis of this events. The extreme events were listed from daily precipitation, maximum and minimum temperature and relative humidity data, recorded by the meteorological station of the National Institute of Meteorology, comprising the time series from 1961 to 2018 (58 years). The identification of the atmospheric mechanisms acting on the days of the extreme episodes was performed from the reading and interpretation of Brazilian Navy's synoptic charts, based on the temporal cut from 2012 to 2018. It was possible to indicate the occurrence of extreme events in specific periods of the year, as in the case of summer precipitation events, under the influence of Continental equatorial mass and South Atlantic Convergence Zone; of maximum temperature in late winter and early spring, when Continental equatorial mass and Atlantic tropical mass predominate; of minimum temperature in autumn and winter, conditioned by the incursion of

Polar mass; of relative humidity of the air in the winter, occurring due to the performance of the atmospheric systems that habitually define the synoptic condition in Goiânia.

Keywords: extreme events, air masses, factors, mechanisms, impacts.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea ainda não detém os recursos técnicos e os saberes científicos para controlar o clima. Todavia, o conhecimento das suas características e das suas variabilidades (espaço-temporais) permite dele retirar o proveito necessário para as atividades antrópicas e, ainda, prever danos e perdas associados aos fenômenos e eventos extremos.

Nesse contexto, especial atenção deve ser dada à ocorrência de eventos climáticos extremos, geralmente relacionados aos valores extremos dos elementos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, velocidade do vento, etc.) ou à ocorrência de fenômenos climáticos associados (ondas de calor ou de frio, as secas, as tempestades, as nevascas, os tornados, etc.), que respondem uma gama de repercussões negativas para a sociedade.

Tais eventos se tornam mais ainda preocupantes quando passíveis de ocorrerem em locais ou em comunidade mais sensíveis a variação dos elementos climáticos, sejam em populações desprovidas de meios de se protegerem ou mesmo em locais que dependem economicamente do tempo e do clima (MARENGO et al., 2009).

Deus (2017) ressalta a possível associação da ocorrência de eventos climáticos extremos às mudanças climáticas globais, aos fenômenos regionais e aos fatores locais. A autora aponta alguns recentes episódios de extremos de precipitação no Brasil, ora associados a chuvas intensas e enchentes, como visto na Amazônia (2012 e 2014), no Nordeste (2009, 2010 e 2011), no Sudeste (2010, 2011 e 2012) e no Sul (2009), 2010 e 2011; ora relacionados a secas intensas, conforme verificado na Amazônia (2005 e 2010); no Nordeste (2012 e 2015); no Sudeste (2014 e 2015) e no Sul (2012), repercutindo perdas na agricultura e pecuária, desabastecimento de água e alimentos, impactos no transporte na mobilidade urbana, perdas materiais e até mesmo de vidas. Alves, Marengo e Cavalcanti (2013, p. 45) destacam que os “extremos climáticos de chuva, temperatura e vento podem ter um impacto importante na vida das pessoas. Excepcionalmente, os extremos podem ter resultado no desaparecimento de civilizações, a exemplo da dinastia maia, que pode ter sucumbido por uma sucessão de secas severas”.

Dentre os fatores regionais responsáveis pela ocorrência de eventos climáticos extremos, Dias (2014) enfatiza o fenômeno El Niño-Oscilação Sul. Conforme indicado pela Figura 1, no contexto brasileiro são notórios os efeitos do El Niño na escassez de chuvas no Nordeste, na elevação das temperaturas no Sudeste e no acréscimo de precipitação no Sul do país, e, quando da ocorrência

de La Niña, são verificados maior volume de chuvas no Nordeste e queda das temperaturas no Sudeste (KOUSKY; CAVALCANTI, 1984; CAVALCANTI, 1996; OLIVEIRA, 1999).

Figura 1 – Efeitos do El Niño (acima) e da La Niña (abaixo) no verão.
Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2018.

Com relação à Região Centro-Oeste do Brasil não há consenso acerca dos efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña para as temperaturas e precipitações, apesar de apontamentos preliminares feitos por Nascimento (2017; 2018) a respeito de uma tendência de diminuição das chuvas no período de estiagem quando da ocorrência dos fenômenos, que devem ser melhor investigados.

Algumas pesquisas buscaram associar os eventos climáticos extremos de diferentes localidades no Brasil aos mecanismos e fatores em escala global, regional ou local, dentre os quais destaca-se os estudos desenvolvidos por Vicente (2005), a respeito dos eventos de precipitação na

Região Metropolitana de Campinas; Berezuk e Sant’Anna Neto (2006), acerca de eventos climáticos extremos no Oeste Paulista e Norte do Paraná; Roseguini (2007), referente a eventos extremos no litoral norte paulista; Barreto (2008), a respeito dos impactos dos extremos de precipitação durante o verão, no Distrito Federal; Nóbrega et al. (2014), ao avaliar a relação dos eventos extremos de precipitação na Paraíba com a temperatura superficial marítima dos oceanos tropicais; Correia Filho, Lucio e Spyrides (2016), abordando os eventos extremos de precipitação diária em oito localidades do Nordeste; Carvalho e colaboradores (2016), tendo avaliado os eventos de precipitação no período de 1986 a 2015 em Aracajú-SE; e Goudard e Mendonça (2017), dirigido aos eventos pluviais em Curitiba – PR.

Voltado aos eventos climáticos extremos registrados no estado de Goiás, se encontra o estudo desenvolvido por Marcuzzo e Romero (2013), além dos trabalhos elaborados por Santos et al. (2006) e por Deus e Nascimento (2017), focados para o sudeste goiano e para a cidade de Iporá-GO, respectivamente.

Entretanto, grande parte desses (e dos demais) trabalhos não consideraram a influência da dinâmica das massas de ar na gênese e no ritmo dos eventos extremos do clima. Buscando converter esse cenário e se apoiando na abordagem da climatologia geográfica, o presente trabalho visa apresentar o panorama dos eventos climáticos extremos ocorridos na cidade de Goiânia-GO e abordar os mecanismos responsáveis pela gênese dos mesmos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização e breve caracterização da área em estudo

A área em estudo se refere ao município de Goiânia, situado entre as coordenadas 16° 27’ 30” e 16° 50’ de latitude Sul e 49° 4’ 30” e 49° 26’ 14” de longitude Oeste, na porção central do estado de Goiás, que se encontra na Região Centro-Oeste do Brasil – Figura 2. Goiânia é a capital do estado de Goiás e se caracteriza como uma metrópole regional (IBGE, 2007), com destaque no comércio, na oferta de ensino superior e na prestação de serviços públicos (especialmente os de saúde).

Fundada em 24 de outubro de 1933, Goiânia é uma das capitais mais jovens do país. Entretanto, tendo como base os 1.495.705 habitantes estimados para o ano de 2018 (IBGE, 2018), lista como a décima capital brasileira mais populosa. De acordo com o gráfico da Figura 3, entre 1940 e 1970 sua população triplicou, dobrando na década seguinte (1980) e, já em 2007, ultrapassando o contingente de mais de um milhão de habitantes – quando então passa a apresentar crescimento populacional mais ameno.

Figura 2 – Localização do município de Goiânia, com destaque para a estação meteorológica do INMET.

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

Figura 3 – Gráfico do Crescimento Populacional de Goiânia-GO entre 1940 e 2018.

Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base nos Censos Demográficos e na Estimativa da População do IBGE.

Além do aumento populacional, Nascimento e Oliveira (2015) sublinham o crescimento de 92,8% da área urbana de Goiânia entre os anos de 1986 e 2010, e a consequente redução de 52,7% de sua cobertura vegetal natural (Figura 4), que tem desencadeado em diversos problemas ambientais, como a deflagração de processos erosivos (NASCIMENTO, 1994), a recorrência de fenômenos de enchentes e inundações (REGO, 2012), a intensificação do fenômeno de ilhas de calor (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2011) e modificações do clima da cidade (LUIZ, 2012).

Figura 4 - Mapas de cobertura do solo de Goiânia em 1986 e 2010.

Fonte: Nascimento e Oliveira (2015)

Goiânia está inserida nos extensos chapadões tabulares do planalto brasileiro, com altitude média de 785m, variando entre 661 e 1.037m, com presença de vegetação arbórea de Floresta Estacional Semidecídua e Decídua, na porção setentrional, e vegetação típica de Cerrado, na parte meridional, além de alguns enclaves de Floresta Estacional (LOPES; ROMÃO, 2006).

Para Nimer (1979), o município está localizado na região que apresenta a tipologia climática Tropical Brasil Central, quente e semiúmido, com média maior que 18°C em todos os meses e ocorrência de 4 a 5 meses secos. Segundo os dados registrados pela estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) situada em Goiânia (Figura 5), a média do total anual de precipitação é de 1.596,60mm, com período chuvoso compreendido entre outubro e abril (primavera e verão) e seco entre maio e setembro (outono e inverno).

Figura 5 – Climograma das médias de temperatura máxima e mínima do ar e precipitação de 1961/2018 para Goiânia.

Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base em dados do INMET.

Luiz (2012), Nascimento (2016) e Neves (2018) apontam que o clima da região é definido pelas características fisiográficas e, principalmente, pela atuação de sistemas atmosféricos de origem equatorial e tropical, com incursões de sistemas de origem polar, que repercutem dois períodos bem definidos: um chuvoso e outro seco. O período chuvoso é atribuído pela atuação da massa equatorial continental (mEc) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Por sua vez, o período de estiagem é justificado pelo predomínio da massa tropical continental (mTa), contando com incursões da massa polar (mP), que repercute em quedas das temperaturas.

2.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos consistiram inicialmente na coleta de dados diários de precipitação pluvial (mm), temperaturas máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%) registrados pela estação meteorológica convencional situada na porção central de Goiânia (Figura 1), a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), compreendendo a série temporal de 1961 a 2018 (58 anos).

Para a identificação dos eventos extremos foram adaptados alguns dos 27 índices de extremos climáticos desenvolvidos pelo *Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices* (ETCCDMI), vinculado à Organização Mundial de Meteorologia (OMM) (KARL; NICHOLLS; GHAZI, 1999). Dentre os 27 índices desenvolvidos por esse grupo, foram empregados o **RX1day** (maior acumulado diário de precipitação), o **TXx** (maior valor de temperatura máxima) e o **TNn** (menor valor de temperatura mínima), originalmente calculados mensalmente, mas que no presente trabalho foram computados para cada um dos anos da série temporal utilizada. Como o ETCCDMI não apresenta nenhum índice relacionado à umidade relativa do ar, foi considerado o menor valor de umidade registrada às 15 h ao longo de cada ano.

Com vistas a identificar os mecanismos responsáveis pela gênese dos eventos extremos, foram averiguados os sistemas atmosféricos atuantes na data de ocorrência dos mesmos – conforme os preceitos estabelecidos pela abordagem da climatologia dinâmica, ao pontuar a relevância de se recorrer à dinâmica atmosférica, traduzida pela atuação das massas de ar. Dessa forma, os sistemas atmosféricos foram identificados a partir da leitura e interpretação de cartas sinóticas obtida pela homepage da Marinha do Brasil – no horário de 12 UTC, ou seja, referente às 9h do Horário Oficial de Brasília. Conforme sugerido por Zavattini (1990; 2014), como suporte à identificação dos sistemas atmosféricos foram utilizadas, paralelamente, imagens do satélite meteorológico GOES (referente às 9h do Horário Oficial de Brasília) e edições mensais do Boletim Climanálise, ambos disponibilizados pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Devido a disponibilidade das

cartas sinóticas pela *homepage* da Marinha do Brasil, foram averiguados os sistemas atmosféricos atuantes nos dias dos episódios extremos dos últimos 7 anos – isto é, entre 2012 e 2018.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Os eventos climáticos extremos em Goiânia-GO verificados entre 1961 e 2018

Os eventos climáticos extremos ocorridos no período de 1961 a 2018 e referentes aos elementos precipitação diária (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%) são elencados pelo Quadro 1, a seguir. Os eventos extremos de precipitação partem do registro de 36,6 mm (23/12/1966) e chegam aos 136,6 mm (09/12/2005), ocorrendo principalmente nos meses de fevereiro e dezembro (17,5% dos episódios em cada um desses meses), mas também sendo verificados nos meses que marcam o início (outubro e novembro) e o término (março e abril) do período chuvoso para a região.

Os eventos extremos de temperatura máxima variam entre 33,8°C (26/12/1981) e 40°C (15/10/2015), registrados principalmente nos meses de setembro (52,6% dos episódios) e outubro (35,1%). Já os eventos extremos de temperatura mínima divergem entre 16,6°C (22/11/1981) e 2,6°C (10/07/1994), verificados principalmente nos meses de julho (47,4%), junho (26,3%) e agosto (14%) – meses característicos do inverno.

No caso dos eventos extremos de umidade relativa do ar, os registros variam de 37% (20/12/1981) a 11% (22/09/2007), concentrados principalmente em agosto (45,6%) ou setembro (29,8%), meses que marcam o final do inverno, período mais frio e seco para a região.

Vale apontar que, com exceção do ano de 1981 (33,8°C), todos os registros de temperatura máxima se encontram acima de 34°C, indicando condição de sensação térmica muito quente, com estresse fisiológico de falha na termorregulação (MASTER/IAG/USP, 2017). No caso das temperaturas mínimas, dentre os 57 anos de dados analisados, apenas 6 (1962, 1964, 1975, 1985, 1994, 2000) apresentaram valores abaixo de 5°C, que representa a condição de sensação térmica muito fria, com extremo estresse fisiológico ao frio. Portanto, os eventos extremos de temperatura estão mais propensos ao desconforto de sensação térmica muito quente.

Quadro 1 – Eventos climáticos extremos de precipitação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar em Goiânia-GO (1961/2017).

	Precipitação Diária (mm)		Temp. Máxima (°C)		Temp. Mínima (°C)		Umidade Rel. do Ar	
	Data	Valor	Data	Valor	Data	Valor	Data	Valor (%)
1961	12/11	57,4	20/09	37,2	16/07	8,3	06/09	17
1962	20/10	60,5	12/09	35,6	28/07	4,7	28/08	18
1963	15/02	57,8	15/09	36,8	22/06	5,8	31/08	16
1964	27/09	72,0	10/09	34,4	29/07	4,4	11/09	19
1965	27/10	107,4	22/09	36,0	22/08	7,6	22/08	21
1966	23/12	36,6	11/09	35,4	03/06	8,7	23/08	18
1967	08/03	57,5	17/10	35,3	22/07	8,6	15/08	16
1968	22/02	73,8	08/11	36,2	30/06	6,5	12/08	20
1969	19/01	124,7	13/09	36,0	10/07	6,8	13/09	13
1970	19/10	64,9	25/12	34,6	22/07	11,2	27/08	22
1971	28/10	91,4	21/09	34,6	24/07	9,8	06/08	19
1972	22/12	134,0	26/10	36,0	20/06	8,3	10/08	24
1973	11/11	67,4	20/09	36,2	20/06	6,4	12/08	14
1974	29/03	63,2	13/09	35,0	04/07	7,8	06/09	15
1975	05/04	67,0	02/10	34,6	18/07	2,8	29/08	13
1976	04/05	70,0	14/01	34,0	07/07	9,2	08/07	23
1977	17/05	68,7	16/09	34,8	18/05	5,7	29/07	25
1978	23/02	102,4	07/10	35,6	15/08	6,8	16/08	23
1979	30/05	79,1	27/10	35,2	10/05	10,1	25/10	27
1980	17/01	86,4	27/10	36,8	15/06	8,9	31/08	18
1981	08/11	58,2	26/12	33,8	22/11	16,6	20/12	37
1982	14/12	94,0	25/11	35,4	10/07	11,9	10/09	21
1983	11/02	80,2	04/09	34,8	04/08	9,3	09/08	24
1984	01/04	81,6	12/10	36,8	27/08	10,5	13/08	16
1985	31/03	76,1	18/09	36,4	10/06	3,5	15/06	19
1986	25/12	69,6	06/10	35,4	28/07	9,3	27/07	19
1987	15/12	61,2	17/09	38,4	01/08	7,7	27/08	14
1988	24/10	53,8	28/09	37,2	26/07	9,7	08/09	16
1989	08/12	60,7	10/10	36,0	17/07	6,9	26/07	15
1990	12/11	93,2	20/08	35,5	19/05	6,8	16/09	18
1991	06/10	53,5	13/09	36,2	24/07	8,9	11/08	16
1992	26/12	82,2	27/08	34,7	18/06	9,1	28/08	21
1993	01/02	62,9	18/09	36,0	01/08	6,1	02/07	17
1994	06/03	87,3	05/10	37,8	10/07	2,6	20/06	15
1995	30/03	99,1	03/10	37,8	04/07	7,7	02/09	17
1996	28/10	127,8	21/07	35,5	30/06	6,8	27/07	18
1997	08/03	99,9	13/10	37,6	09/06	8,2	01/09	14
1998	25/01	72,1	16/09	38,5	17/07	11,0	15/09	17
1999	27/10	92,7	05/09	37,4	22/05	8,2	31/08	18
2000	28/02	81,8	20/10	37,9	18/07	4,3	13/10	21
2001	16/09	68,2	11/09	37,3	28/06	11,1	21/08	21
2002	19/02	67,4	14/10	38,1	30/05	11,3	08/08	20
2003	07/02	95,2	25/09	38,3	18/08	8,3	18/08	15
2004	12/02	69,9	09/10	38,0	06/06	9,9	26/09	12
2005	09/12	136,6	17/09	37,8	10/07	11,8	09/08	18
2006	27/09	75,3	18/09	37,5	24/07	13,0	23/07	17
2007	05/11	51,3	17/10	39,4	25/05	10,5	22/09	11
2008	07/03	89,0	09/09	38,9	10/07	11,3	11/09	11
2009	07/12	107,6	17/09	36,6	03/06	9,8	31/07	17
2010	04/04	94,2	16/09	38,2	18/06	12,0	10/08	13
2011	09/10	82,3	25/09	37,8	28/06	10,0	05/09	11
2012	13/02	83,6	29/10	38,8	20/07	11,6	01/09	14
2013	17/12	92,7	27/09	38,1	25/07	10,3	28/08	15
2014	11/04	116,8	15/10	39,6	09/08	11,9	17/10	14
2015	27/11	70,2	15/10	40,0	28/06	13,1	20/09	12
2016	20/01	99,1	17/09	39,0	18/07	12,0	12/09	15
2017	21/04	78,2	15/10	39,6	19/07	10,6	28/08	14
2018	06/04	80,2	23/09	38,5	21/05	9,1	11/09	13

Fonte: próprios autores (2019), com base no INMET.

Com relação à umidade relativa do ar, apenas o evento registrado no ano de 1981 (31%) se encontra na faixa que a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) considera como ideal para o conforto humano, que é de 30 a 70%. Todos os demais eventos apresentam registros abaixo dos 30%, que a OMM estabelece como sendo a Fase de Atenção para o conforto humano (Fase I), quando recomenda-se consumir mais água e evitar atividades físicas ao ar livre entre as 11 e 15h. Ressalta-se que em 41 anos (72% da série temporal) os eventos extremos de umidade se encontram na Fase II de alerta, com umidade varia entre 20 e 12%, e 3 anos (2007, 2008 e 2011) os eventos representam a Fase III, considerada como de emergência, em que o índice de umidade relativa do ar se encontra abaixo de 12%.

3.2.Os cinco mais intensos eventos climáticos extremos de precipitação, temperatura (máxima e mínima e umidade em Goiânia-GO

Os cinco mais intensos eventos extremos de precipitação, conforme indicados no Quadro 2, ocorreram nos anos de 2005 (136,6mm), 1972 (134mm), 1996 (127,8mm), 1969 (124,7mm) e 2014 (116,8mm), nos meses de dezembro, outubro, janeiro e abril, os primeiros representativos da primavera/verão – que marcam o período chuvoso. Tendo como base as médias de precipitação de 1961/2018 para Goiânia (Figura 5), os eventos de 2005, 1972 e 1969 demonstram acumulados diários que se referem à quase metade da precipitação esperada para todo o mês. Já os eventos de 1996 e 2014 surpreendem por representar 81,2% e 91% da precipitação esperada para os respectivos meses.

Quadro 2 – Os cinco mais intensos eventos climáticos extremos anuais de precipitação diária em Goiânia-GO.

Data	Precipitação (mm)
09/12/2005	136,6
22/12/1972	134,0
28/10/1996	127,8
19/01/1969	124,7
11/04/2014	116,8

Fonte: próprios autores (2019), com base no INMET.

Tendo praticamente representado a chuva esperada em todo o mês, o episódio extremo de precipitação verificado no dia 11/04/2014 foi relatado por um dos jornais de grande veiculação em Goiás, que apontou como transtornos: problemas de apagões, pontos de alagamentos, arrastamento de veículos, congestionamento, destruição patrimonial e elevação de cerca de 50 cm dos cursos de água (Figura 6).

Figura 6: Transtorno decorrente de evento extremo de precipitação ocorrido em 11 de abril de 2014.

Fonte: O Popular (2014).

Os cinco mais elevados registros de eventos extremos de temperatura máxima, conforme indicados pelo Quadro 3, ocorreram nos anos de 2015 (40°C), 2017 (39,6°C), 2014 (39,6°C), 2007 (39,4°C) e 2016 (39°C), nos meses característicos da primavera: outubro e setembro. Importante destacar que os cinco mais elevados registros de temperatura máxima foram registrados a partir do ano 2007, evidenciando que os eventos extremos de temperatura máxima em Goiânia concentraram-se nos últimos dez anos.

Quadro 3 – Os cinco mais intensos eventos climáticos extremos anuais de temperatura máxima (°C) em Goiânia-GO.

Data	Temp. Máxima (°C)
15/10/2015	40,0
15/10/2017	39,6
15/10/2014	39,6
17/10/2007	39,4
17/09/2016	39,0

Fonte: próprios autores (2019), com base no INMET.

O mais intenso evento extremo de temperatura máxima, registrado em 15/10/2015, também foi retratado pelos veículos de informação, como no caso do Jornal O Popular, que fez menção ao recorde de temperatura e apontou que essa tem sido a rotina dos goianienses, vivendo diariamente com temperaturas elevadas, além dos baixos índices de umidade relativa do ar, chegando à marca de 11% na data supracitada (O POPULAR, 2015).

Os cinco eventos extremos mais intensos de temperatura mínima, conforme descritos no Quadro 4, ocorreram nos anos 1994 (2,6°C), 1975 (2,8°C), 1985 (3,5°C), 2000 (4,3°C) e 1964 (4,4°C), centrados nos meses do inverno: julho e junho.

Quadro 4 – Os cinco mais intensos eventos climáticos extremos anuais de temperatura mínima (°C) em Goiânia-GO.

Ano	Temp. Mínima (°C)
10/07/1994	2,6
18/07/1975	2,8
10/06/1985	3,5
18/07/2000	4,3
29/07/1964	4,4

Fonte: próprios autores (2019), com base no INMET.

Por sua vez, os cinco mais intensos eventos extremos de umidade relativa do ar, conforme descritos no Quadro 5, ocorreram em 2007 (11%), 2008 (11%), 2011 (11%), 2004 (12%) e 2015 (12%), todos verificados no mês de setembro – que marca o término do período de estiagem para a região, transição entre as estações outono e primavera. Da mesma forma que no caso do elemento temperatura máxima, percebe-se que os cinco maiores eventos extremos de umidade relativa do ar foram registrados a partir de 2004, sugerindo uma tendência de intensificação desses eventos nos anos mais recentes.

Quadro 5 – Os cinco mais intensos eventos climáticos extremos anuais de umidade relativa do ar (%) em Goiânia-GO.

Ano	Umidade Mínima (%)
22/09/2007	11
11/09/2008	11
05/09/2011	11
26/09/2004	12
20/09/2015	12

Fonte: próprios autores (2019), com base no INMET.

A baixa umidade relativa do ar registrada em 05 de setembro de 2011 também teve destaque em jornal de grande circulação em Goiânia, veiculando a informação de que o índice é o mais baixo já registrado e é considerado preocupante pela Organização Mundial de Saúde (OMS), sobretudo para crianças e idosos, mais propensos à agravos cardiovasculares e respiratórios (O POPULAR, 2011). Apesar de não se associar exatamente aos eventos extremos de baixa umidade relativa do ar, o longo período sem chuvas entre maio e setembro muda drasticamente a paisagem de Goiânia, deixando-a bastante semelhante a de desertos (Figura 7).

Figura 7: Baixo índice de umidade registrado em 05 de setembro de 2011 verificado no período em que a paisagem de Goiânia se assemelha à de regiões desérticas.

Fonte: O Popular (2011).

De forma geral, pode-se afirmar que os mais intensos eventos extremos climáticos em Goiânia se associam à ocorrência do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), com relação tanto às anomalias positivas quanto negativas das temperaturas da superfície marítima do Oceano Pacífico. Isso porque, no que diz respeito aos extremos de precipitação, os eventos de 1972, 1969 e 2014 condizem com atuação do *El Niño* e o de 2005 com *La Niña*; para os eventos extremos de temperatura máxima, 2015 e 2014 se associam à ocorrência de *El Niño* e os anos de 2007 e 2016 com *La Niña*; no caso dos eventos de temperatura mínima, em 1994 é verificado evento de *El Niño* e nos anos de 1975, 2000 e 1964 o fenômeno de *La Niña* e; para os eventos de baixa umidade relativa do ar, aqueles registrados em de 2004 e 2015 coincidem com atuação do *El Niño* e os de 2007, 2008 e 2011 com *La Niña*.

3.3.Os sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese dos eventos extremos climáticos

Nas datas com ocorrência de extremos de precipitação houve atuação alternada entre a mEc e a ZCAS (Figura 8), a primeiro responsável pelos eventos em 2012, 2014, 2015 e 2017 e a segunda atuado nos eventos de 2013, 2016 e 2018. Importante frisar que o extremo de precipitação registrado em 11 de abril de 2014 (116,8mm) foi o 5º mais intenso em Goiânia ao longo do período analisado, com a atuação da mEc.

Segundo Nascimento (2016), o período chuvoso na região na qual se localiza Goiânia é condicionado pela atuação da mEc e da ZCAS, com o primeiro sistema respondendo por 49% e o segundo por 35% do quadro sinótico nesse período. O mesmo autor destaca que esses sistemas tem origem na Região Norte e são responsáveis pelo transporte de umidade para a Região Centro-Oeste e Sudeste.

Figura 8: Cartas sinóticas das datas com eventos extremos de precipitação em Goiânia em 13/02/2012 (mEc), 17/12/2013 (ZCAS), 11/04/2014 (mEc), 27/11/2015 (mEc), 20/01/2016 (ZCAS), 21/04/2017 (mEc) e 06/04/2018 (ZCAS). Fonte: Marinha do Brasil (2018).

Os eventos extremos de temperatura máxima em Goiânia condizem com a atuação da mEc (2012, 2013, 2014, 2015 e 2016) e da mTa (2017 e 2018) – Figura 9, com maior predomínio da primeira, inclusive, responsável por três dos cinco eventos mais intensos de temperatura máxima, quando foram registrados valores de 39°C (17/09/2016), 39,6°C (15/10/2014) e 40°C (15/10/2015).

Figura 9: Cartas sinóticas das datas com eventos extremos de temperatura máxima em Goiânia em 29/10/2012 (mEc), 27/09/2013 (mEc), 15/10/2014 (mEc), 15/10/2015 (mEc), 17/09/2016 (mEc), 15/10/2017 (mTa) e 23/09/2018 (mTa).
Fonte: Marinha do Brasil (2018).

Todos os eventos extremos de temperatura mínima estiveram associados à atuação da mP (Figura 10), sistema atmosférico que responde pela queda das temperaturas em Goiânia, especialmente nos meses de junho a agosto. Atenta-se que nos eventos de 2016 e 2017 estiveram

600

Figura 10: Cartas sinóticas das datas com eventos extremos de temperatura mínima em Goiânia em 20/07/2012, 25/07/2013, 09/08/2014, 28/06/2015, 18/07/2016, 19/07/2017 e 21/05/2018 – todos com atuação da mP. Fonte: Marinha do Brasil (2018).

Os eventos extremos de baixa umidade relativa do ar estiveram atrelados a quatro dos cinco sistemas atmosféricos que comumente atuam em Goiânia (Figura 11), com atuação da mTa (2012, 2017 e 2018), da mEc (2014 e 2016), da mP (2013) e da mTc (2015) – esse último ano referente a um dos cinco mais intensos eventos extremos de umidade relativa do ar em Goiânia, com 12%.

Figura 11: Cartas sinóticas das datas com eventos extremos de umidade relativa do ar em Goiânia em 01/09/2012 (mTa), 28/08/2013 (mP), 17/10/2014 (mTc), 20/09/2015 (mTa), 12/09/2016 (mEc), 28/08/2017 (mTa) e 11/09/2018 (mTa). Fonte: Marinha do Brasil (2018).

A mTa se forma a partir do Anticiclone do Atlântico Sul, recebendo muito calor e umidade da superfície oceânica. Entretanto, por possuir movimento de subsidência, essa umidade se retém a camada inferior, por isso, ao transpor a barreira topográfica da Serra do Mar e se deslocar sobre o

continente, a mTa perde umidade e alcança o município de Goiânia bastante seca, sob uma condição “continentalizada”, ocasionando o período de estiagem na região, com predomínio de tempo estável, quente e seco. De mesma forma, apesar da mP possuir umidade e baixa temperatura em sua origem, ao se deslocar sobre o continente sul-americano, há elevação da temperatura e perda de umidade, alcançando Goiânia com características de uma massa polar “continentalizada”, “envelhecida” ou “tropicalizada” (NASCIMENTO, 2016; NEVES, 2018).

Também merece destaque a atuação da mTc no evento extremo de umidade relativa do ar de 2014, sistema esse que tem origem numa zona baixa, quente e árida a leste dos Andes, e que responde pela interrupção das chuvas durante quatro dias a algumas semanas durante o período chuvoso da região, condicionando o fenômeno denominado como “veranico” (ASSAD et al., 1993).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados diários de precipitação, temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar evidenciou a ocorrência de eventos extremos climáticos em Goiânia durante períodos específicos do ano, como no caso de eventos de precipitação concentrados no verão, alcançando os 136,6mm (09/01/2005); de temperatura máxima no final do inverno e início da primavera, atingindo 40°C (15/10/2015); de temperatura mínima no outono e inverno, chegando aos 2,6°C (10/07/1994) e; de umidade relativa do ar no inverno, perfazendo 11% (22/09/2007).

Os cinco mais intensos eventos extremos climáticos mostraram correspondência com os anos com ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), tanto na condição de anomalias positivas (El Niño) quanto negativas (La Niña) das temperaturas da superfície marítima do Oceano Pacífico.

A interpretação de cartas sinóticas apontou os sistemas atmosféricos atuantes nas datas dos eventos extremos e, portanto, responsáveis pela ocorrência dos mesmos. Tendo como base sete anos de análise (2012 a 2018), constatou-se que os eventos de precipitação se associam à atuação da mEc e da ZCAS; os de temperatura máxima à mEc e mTa; os de temperatura mínima à mP e; os de umidade à mTa, mEc, mP e mTc.

Percebe-se que, enquanto a ZCAS e a mTc condicionam eventos extremos de precipitação e de baixa umidade relativa do ar, respectivamente, os demais sistemas atmosféricos são capazes de ocasionar diferentes eventos extremos climáticos em Goiânia, como é o caso da mEc, associada à eventos de temperatura máxima, de precipitação e de umidade relativa do ar; da mTa relacionada à eventos de umidade relativa do ar e de temperatura máxima e; da mP referente à eventos de temperatura mínima e de umidade relativa do ar.

Dentre esses sistemas, convém destacar a mEc e a mTa, pelo fato de estarem associados à quatro dos mais intensos extremos de temperatura máxima (dos cinco analisados), e também por responderem a intensos eventos de precipitação e de umidade relativa do ar. Esses eventos possuem implicações diretas nas atividades humanas, com repercussões diversas também nas esferas econômica e ambiental, como desconforto humano e perdas na agricultura e na pecuária devido a eventos extremos de temperatura (máxima ou mínima); problemas de mobilidade urbana e perdas materiais na ocasião de eventos extremos de precipitação ou; intensificação de queimadas e agravos de saúde, condicionadas por eventos de baixa umidade relativa do ar.

Conforme apontado por Nascimento (2016), a mEc e a mTa respondem por 33% e 27%, respectivamente, do quadro sinótico anual da região em que se localiza o município de Goiânia-GO, com predomínio ainda mais marcante entre o período chuvoso e seco, uma vez que a mEc responde por 49% da circulação regional durante o período chuvoso (outubro a março) e a mTa representa 52% do período seco (abril a setembro). Esse fato remete a um cenário bastante propício de ocorrência dos eventos climáticos extremos associados a esses sistemas em tais períodos. Dessa forma, sugere-se a continuidade da investigação ora iniciada, com a necessidade de analisar os eventos climáticos extremos em Goiânia e a atuação dos sistemas atmosféricos numa sequência diária, conforme a proposta da análise rítmica em Climatologia, com vistas a identificar não apenas a gênese, mas também o ritmo dos eventos extremos climáticos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAVALCANTI, I. F. A. Histórico das secas. In: BORMA, L. de S.; NOBRE, C. (Org.). **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. Cap 1, p. 45-70.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R. de; SILVA, F. A. M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.
- BARRETO, R. **Identificação de áreas susceptíveis a eventos extremos de chuva no Distrito Federal**. 2008. 162 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) - Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Brasília, 2008.
- BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p. 9-22, 2006.
- CARVALHO, M. E. S.; MENDONÇA, F. de A.; PINTO, J. E. de S. S.; BRAZIL, J. L. S. Eventos extremos de precipitação e impactos socioambientais urbanos: Aracaju de 1986 e 2015. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12., 2016, Goiânia, **Anais...**, Goiânia, SBCG, 2016. p. 1430-1443.

CAVALCANTI, I. F. A. Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências no Brasil. **Climanálise** (São José dos Campos), 1996.

CORREIA FILHO, W. L. F.; LUCIO, P. S.; SPYRIDES, M. H. C. Caracterização dos extremos de precipitação diária no Nordeste do Brasil. **Boletim Goiano de Geografia** (Online). Goiânia, v. 36, n. 3, p. 539-554, set./dez. 2016.

DEUS, R. M. M. de. **Eventos climáticos extremos no estado de Goiás e Distrito Federal**. 2017. 28 f. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Geografia) - Universidade Estadual de Goiás, Iporá, 2017.

_____; NASCIMENTO, D. T. F. Como a mídia tem noticiado os eventos climáticos extremos no estado Goiás. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2016, São Luís. **Anais...**, São Luís: AGB, 2016. p. 38-48.

DIAS, M. A. F. da S. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, São Paulo, n. 103, p. 33-40, 2014.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. de A. Eventos pluviais extremos em Curitiba (Paraná): entre antigos problemas e novos desafios. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017, Campinas. **Anais...**, Campinas: Unicamp, 2017. p. 1919-1931.

INSITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Regiões de influência das cidades 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/regic.shtm>. Acesso em 21 out 2018.

_____. **População estimada**. Brasília: IBGE, 2018.

KARL, T. R.; NICHOLLS, N.; GHAZI, A. *CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: workshop summary*. **Climatic Change**, n. 42, p. 3-7, 1999.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos oscilação do sul/El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n.11, p. 1888-1899, 1984.

LOPES, L. M.; ROMÃO, P. de A. Geomorfologia urbana da região metropolitana de Goiânia. Guia de Excursões Centro-Oeste, SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Goiânia: 2006.

LUIZ, G. C. **Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados**: estudo de caso - município de Goiânia-GO. 2012. 246 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, 429-440, 2013.

MARENGO, J.A et al. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE. Centro de Ciências do Sistema Terrestre - Edição Especial. 2009.

MASTER/IAG/USP. **Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas**. Disponível em: <<http://www.masterantiga.iag.usp.br/conforto/>>. Acesso em: 30 julho. 2017.

NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no Estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. 2016. 202 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, 2016.

_____. Desvios de precipitação mensal em Goiânia-GO conforme atuação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). In: III FÓRUM REGIONAL DAS ÁGUAS, 2018, Iporá. **Anais...**, Iporá: UEG, 2018. v. 1. p. 89-99.

_____. Influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) no regime de precipitação do estado de Goiás e Distrito Federal. In: XI JORNADA DE GEOGRAFIA, 2017, Jataí. **Anais...**, Jataí: UFG, 2017. v. 1. p. 55-66.

_____.; OLIVEIRA, I. J. de. Análise da evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986-2010). **Boletim Goiano de Geografia** (Impresso), v. 31, p. 113-127, 2012.

_____.; _____. Mapeamento do processo histórico de expansão urbana do município de Goiânia-GO. **GEOgraphia** (UFF), v. 17, p. 141-167, 2015.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Erosões Urbanas em Goiânia. **Boletim Goiano de Geografia**, n. 14, p. 77-101, 1994.

NEVES, G. Z. de F. **Distribuição geográfica das chuvas no estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2018.

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

NÓBREGA, J. N. da; SANTOS, C. A. C. do; GOMES, O. M.; BEZERRA, B. G.; BRITO, J. I. B. de. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, 197 - 208, 2014.

OLIVEIRA, G. S. de. O. **El Niño e você: o fenômeno climático**. São José dos Campos: Transtec, 1999. 116 p.

O POPULAR. **Chuva arrasta carros e causa transtornos**. Vida Urbana. Goiânia, 11 abr. 2014. Disponível em: <https://www.opopular.com.br/noticias/cidades/chuva-arrasta-carros-e-causa-transtornos-1.519802>. Acesso em: 28 nov. 2018.

_____. **Temperatura bate novo recorde em Goiânia**. Vida Urbana. Goiânia, 15 out. 2015. Disponível em: <https://www.opopular.com.br/editorias/cidades/temperatura-bate-novo-recorde-em-goi%C3%A2nia-1.968475>. Acesso em: 28 nov. 2018.

_____. **Umidade relativa do ar chega a 8% em Goiânia**. Vida Urbana. Goiânia, 05 set. 2011. Disponível em: <https://www.opopular.com.br/noticias/cidades/umidade-relativa-do-ar-chega-a-8-em-goi%C3%A2nia-1.35773>. Acesso em: 28 nov. 2018.

REGO, T. L. **Alagamentos e inundações em Goiânia: uma análise a partir da imprensa local e dos registros da defesa civil**. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

ROSEGUINI, W. F. F. **Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista**. 2007. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) –

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Presidente Prudente, 2007.

SANTOS, L. A. R. dos; LUCIO, P. S.; REBELLO, E. R. G.; BALBINO, H. T.; FORTES, L. T. G.; SALES, N. D. de; DINIZ, F. de A. COSTA, M. C. G.; FERREIRA, D. B.; SALVADOR, M. A. LEANDRO, I. V.; PAULA, T. P. de. Caracterização de extremos climáticos utilizando o software Rclimindex. estudo de caso: sudeste de Goiás. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, FLORIANÓPOLIS - SC. Anais..., Florianópolis: CBM, 2006. 1-10.

ZAVATTINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul**. 1990. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

_____. O uso das cartas sinóticas nos estudos de climatologia geográfica. In: SILVA, C. A. da; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T (orgs). **Experimentos em climatologia geográfica**. Dourados, MS: UFGD, 2014. Cap. 13, p. 243-270.

Trabalho enviado em 26/02/2019

Trabalho aceito em 15/04/2019