



Variabilidade, tendências e eventos extremos de precipitação em Goiânia - GO

Variability, trends and extreme precipitation events in Goiânia - GO

Variabilidad, tendencias y eventos extremos de precipitación en Goiânia - GO

Hernane Fernandes Sousa de Oliveira

Universidade Federal de Goiás (UFG)

E-mail: hernanefernandes@discente.ufg.br

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Universidade Federal de Goiás (UFG)

E-mail: diego_nascimento@ufg.br

Resumo: Apesar de Goiânia ser uma cidade relativamente jovem e de médio porte, tem enfrentado recorrentes problemas causados tanto pelo excesso quanto pela escassez das chuvas. Diante do contexto das mudanças climáticas generalizadas, aceleradas e sem precedentes históricos, o presente trabalho analisou a variabilidade, as tendências e a ocorrência de eventos extremos de precipitação em Goiânia, no período compreendido entre 1961 e 2023. A partir de dados diários e mensais compilados da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia, averiguou-se variabilidade anual, sazonal e mensal das chuvas e avaliaram-se as tendências e ocorrência de eventos extremos com base em índices estatísticos. Os dados apontam para uma concentração habitual das chuvas em sete meses e uma variabilidade anual e sazonal inerente às chuvas, que ora ou outra é alterada no contexto de anos excepcionalmente secos ou chuvosos. Além disso, constata-se a hipótese de maior ocorrência de eventos diários extremos e de aumento do período de estiagem, condicionando recorrentes problemas para a população.

Palavras chave: Chuvas. Mudanças Climáticas. Impacto Pluviométrico.

Abstract: Although Goiânia is a relatively young and medium-sized city, it has faced recurring problems caused by both excess and scarcity of rainfall. Considering the widespread, accelerated, and historically unprecedented climate change, this study analyzed the variability, trends, and occurrence of extreme rainfall events in Goiânia between 1961 and 2023. By using daily and monthly data compiled from the National Meteorological Institute's conventional station, this study investigated the behavior of annual, seasonal, and monthly rainfall variability and evaluated trends and the occurrence of extreme events based on statistical indices. The data points to a usual concentration of rainfall in seven months and an inherent annual and seasonal variability in rainfall, which is altered from time to time in exceptionally dry or rainy years. There is also the possibility of a greater occurrence of extreme daily events and an increase in the period of drought, leading to recurring problems for the population.

Keywords: Rainfall. Climate Change. Rainfall Impact.

Resumen: Aunque Goiânia es una ciudad relativamente joven y de tamaño medio, se ha enfrentado a problemas recurrentes causados tanto por el exceso como por la escasez de precipitaciones. En el contexto de un cambio climático generalizado, acelerado e históricamente sin precedentes, este estudio analizó la variabilidad, las tendencias y la ocurrencia de eventos de precipitación extrema en Goiânia entre 1961 y 2023. Utilizando datos diarios y mensuales compilados a partir de la estación convencional del Instituto Meteorológico Nacional, se investigó el comportamiento de la variabilidad anual, estacional y mensual de las precipitaciones, y se evaluaron las tendencias y la ocurrencia de eventos extremos a partir de índices estadísticos. Los datos apuntan a una concentración habitual de las precipitaciones en siete meses y a una variabilidad anual y estacional inherente a las lluvias, que se ve alterada de vez en cuando en el contexto de años excepcionalmente secos o lluviosos. También existe la posibilidad de una mayor ocurrencia de eventos diarios extremos y un aumento del periodo de sequía, lo que conlleva problemas recurrentes para la población.

Palabras clave: Precipitaciones. Cambio climático. Impacto de las precipitaciones.

"Oh! Chuva.

Eu peço que caia devagar

Só molhe esse povo de alegria

Para nunca mais chorar"

(Compositor: Luis Carlos Xavier Ewald; música: Falamansa, 2021)

Introdução

O expressivo crescimento urbano e a intensificação das atividades antrópicas têm promovido diversas alterações no espaço urbano, com destaque para os impactos no sistema climático. Nesse contexto, a cidade configura-se como um ambiente em constante transformação e adaptação, especialmente em função das modificações no balanço de radiação (CHAVES, et al., 2022).

No ambiente urbanizado, observam-se mudanças nos parâmetros climáticos conforme a configuração, estrutura e tipo de revestimento do espaço, com reflexos significativos nas diferenças térmicas, na variação da umidade relativa do ar e na intensidade dos eventos de precipitação entre as áreas centrais (mais urbanizadas) e as regiões periféricas das cidades (SILVA et al., 2016).

Monteiro (1976) estabeleceu um arcabouço teórico e metodológico fundamental para o estudo do clima das cidades, denominado "Sistema Clima Urbano" (SCU), que descreve a organização climática específica do espaço urbano. Segundo o autor, o clima urbano é constituído por três subsistemas que se articulam e integram: o termodinâmico, relacionado ao conforto térmico; o físico-químico, vinculado à qualidade do ar; e o hidrometeorológico, que abrange os episódios extremos de precipitação e seus impactos – este último constitui o foco central do presente estudo

A seca histórica na Amazônia em 2023, bem como as chuvas extremas ocorridas no Nordeste no mesmo ano e, mais recentemente, no Rio Grande do Sul em 2024, são indicativos de um processo de mudança do clima em curso, caracterizado como inequívoco, generalizado, acelerado, irreversível e sem precedentes históricos (IPCC, 2021). As evidências dessas mudanças climáticas podem ser observadas em escala global, com impactos amplos no sistema ambiental, social, econômico e cultural.

Contudo, eventos climáticos extremos não são exclusivos dos últimos anos, conforme demonstrado por Ribeiro (2008), Marengo (2009), Aleixo et al. (2010) e Artaxo (2014). O que evidencia a gravidade da atual crise climática global é a crescente recorrência, intensidade e severidade desses eventos.

No contexto específico do Centro-Oeste brasileiro, cenários futuros apresentados no Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (2021) apontam para um clima mais quente e seco, com possíveis alterações no regime de chuvas, principalmente em relação ao aumento da extensão e intensidade do período de estiagem e à ocorrência de eventos extremos. Esse cenário é corroborado por Almeida (2021) e Santos et al. (2023), e também por Hofmann et al. (2021) e Rodrigues et al. (2020) para o bioma Cerrado, por Neves (2018) e Deus e Nascimento (2021) para o estado de Goiás e por Luiz (2012), Nascimento, Lima e Cruz (2019) e Silva e Nascimento (2021) especificamente para a cidade de Goiânia.

Embora seja uma cidade relativamente jovem e de médio porte, Goiânia tem enfrentado problemas recorrentes tanto pelo excesso quanto pela escassez de chuvas. No primeiro caso, eventos extremos de precipitação frequentemente causam transtornos à mobilidade urbana, alagamentos, inundações, prejuízos materiais e, em alguns casos, perdas de vida (REGO; BARROS, 2014; LUIZ; ROMÃO, 2019). Por outro lado, os períodos de estiagem comprometem a disponibilidade hídrica para a população. Destaca-se, assim, que a população goianiense vivencia situações de alerta, ansiedade e pânico não apenas durante a estiagem, mas também no período chuvoso, justamente em razão dos eventos extremos de precipitação.

Dessa forma, o objetivo central do presente estudo é descrever o comportamento da precipitação em Goiânia-GO no período de 1961 a 2023 (63 anos), analisando a variabilidade anual, sazonal e mensal, e identificando os eventos extremos, com o intuito de contribuir para a compreensão dos padrões e tendências de variação das chuvas e suas repercussões sociais, econômicas e ambientais.

Metodologia

Localização e breve caracterização da área em estudo

A cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, está situada nas coordenadas 16°27'1" e 16°49'55" de latitude Sul e 49°4'37" e 49°27'1" de longitude Oeste. Localizada no Centro-Oeste brasileiro, a cidade possui uma população de 1.437.366 habitantes, conforme o Censo Demográfico de 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O município de Goiânia abrange uma área territorial de 729,29 km², dos quais 309,57 km² (42%) correspondem à área urbana, conforme dados do MapBiomas (2022) – Figura 1.

De acordo com Nascimento e Oliveira (2011), entre 1986 e 2010 houve um aumento irregular e acelerado da área urbana, que passou de 144 km² para 278 km², praticamente dobrando. Pereira, Nascimento e Oliveira (2012) complementam que, nas décadas de 1960 a 1990, ocorreu um intenso processo de verticalização, especialmente na porção central e sul de Goiânia. Associado ao processo de urbanização, Streglio, Nascimento e Oliveira (2013) destacam que, entre 1980 e 1990, a cobertura vegetal foi convertida em atividades agropecuárias, sobretudo nas áreas ao norte e noroeste do município.

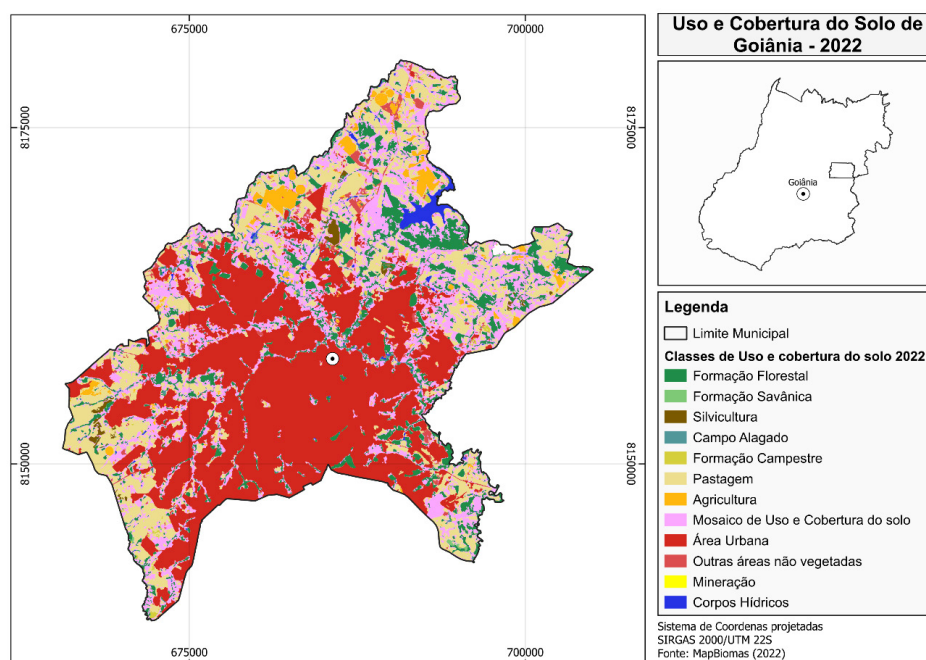


Figura 1 - Uso e Cobertura do solo de Goiânia em 2022

Fonte: MapBiomas (2022), organizado pelos autores.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o município de Goiânia apresenta um clima tropical semiúmido (tipificado como Aw), com duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro) (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS; 2014). O clima tropical é caracterizado por temperaturas elevadas durante todo o ano. Considerando as normais climatológicas para o período de 1991 a 2020, Goiânia apresenta temperatura média anual de 24,5 °C. O trimestre mais quente ocorre entre os meses de agosto, setembro e outubro, enquanto junho, julho e agosto apresentam as menores médias de temperatura – Figura 2.

A condição de regime semiúmido se traduz pela concentração das chuvas entre outubro e abril, período que concentra 94,1% da precipitação anual média de 1.610 mm, segundo as normais climatológicas de 1991 a 2020. O trimestre mais chuvoso corresponde a dezembro, janeiro e fevereiro – meses do verão, com dezembro sendo o mês com maior precipitação, com uma média mensal de 271,9 mm. O período de estiagem, de maio a setembro, apresenta os menores índices pluviométricos, sendo julho o mês mais seco, com média mensal de precipitação inferior a 10 mm.

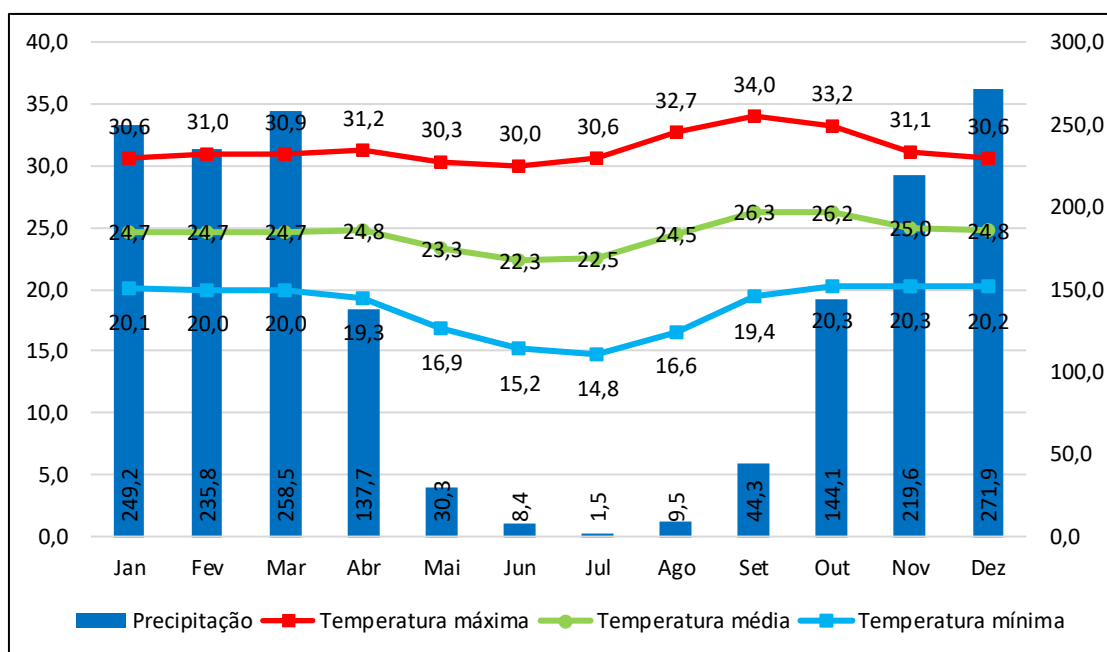


Figura 2 – Climograma com as médias mensais de precipitação e temperatura máxima, média e mínima calculadas para a estação meteorológica convencional de Goiânia (1991 a 2020).

Fonte: Normais climatológicas de 1991 a 2020 do INMET, organizado pelos autores.

Luiz (2012) e Nascimento e Oliveira (2020) explicam que o caráter térmico da área em estudo é influenciado pela sua localização latitudinal e continental. A ocorrência de chuvas concentradas em sete meses é reflexo da atuação predominante da massa equatorial continental (mEc), originada sobre a Floresta Amazônica, responsável por transportar a umidade ao restante do país, em contraste com a massa tropical continental (mTc), que prevalece no período de estiagem.

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo foram estruturados em seis etapas, conforme descritas a seguir. A etapa inicial compreendeu o levantamento e a revisão bibliográfica, abrangendo diferentes tipos de publicações (artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e livros) relacionadas a temas como clima urbano, variabilidade das chuvas, mudanças climáticas e eventos extremos.

A etapa subsequente envolveu a coleta de dados mensais e diários de precipitação registrados entre 1961 e 2023 pela estação convencional de Goiânia, administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação está localizada no Setor Central de Goiânia, nas coordenadas 16°40'22" de latitude Sul e 49°15'49" de longitude Oeste, em uma área altamente urbanizada e com intenso fluxo de pessoas e veículos. Os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas do Excel para posterior tratamento estatístico e representação gráfica.

A primeira análise consistiu na avaliação da variabilidade mensal, sazonal e anual das chuvas em Goiânia, por meio do pluviograma de Schroeder (1956), conforme orientações de Nascimento, Pessoa-de-Souza e Silva (2019). Em seguida, com base nos dados diários de precipitação, foram calculados os índices padronizados desenvolvidos pelo *Expert Team On Climate Change Detection, Monitoring and Indices* (ETCCDMI), vinculado à Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Foram empregados os sete índices listados no Quadro 1, relacionados ao parâmetro precipitação. Esses índices foram aplicados para detectar eventos extremos e tendências na série temporal. Para maiores detalhes acerca da proposição e descrição dos índices, sugere-se a leitura de Karl, Nicholls e Ghazi (1999), Peterson et al. (2001) e Peterson (2005).

Quadro 1 – Índices de eventos extremos utilizados no estudo

Sigla	Nome	Descrição	Unidade
PRCPTOT	Precipitação Total	Precipitação anual total	mm
RX1day	Quantidade máxima de precipitação em 1 dia	Volume máximo de precipitação em um dia	mm
Rx5day	Quantidade máxima de precipitação em 5 dias	Volume máximo de precipitação em cinco dias	mm
R10mm	Número de dias com precipitação	Número de dias em um ano com precipitação superior a 10 mm	Dias
R20mm	Número de dias com precipitação intensa	Número de dias em um ano com precipitação superior a 20 mm	Dias
CDD	Número de Dias Consecutivos Secos	Número máximo de dias consecutivos com precipitação inferior a 1 mm	Dias
CWD	Número de Dias Consecutivos Úmidos	Número máximo de dias consecutivos com precipitação superior a 1 mm	Dias

Fonte: organizado pelos autores

Os índices foram calculados utilizando a interface Climpack, desenvolvida pelo *Open Panel of Experts on Climate Information for Adaptation and Risk Management* (OPACE 4), também vinculado à OMM. A interface, baseada na linguagem de programação R e pacotes de terceiros, está disponível no seguinte endereço eletrônico: <https://ccrc-extremes.shinyapps.io/climpack/>.

A análise das tendências foi conduzida por meio da observação do grau de inclinação da curva da regressão linear (*sen's slope*), com ênfase na direção da tendência (positiva ou negativa). Além disso, foi verificado o grau de significância estatística da tendência, considerando-se boa significância para o *p-value* entre 0,1 e 0,05 e alta significância para o *p-value* abaixo de 0,05 – conforme sugerido por Santos e Brito (2007).

Por fim, para examinar as repercussões negativas da variabilidade e dos eventos extremos de precipitação em Goiânia nas esferas social, econômica e ambiental, foram compiladas matérias publicadas em diferentes jornais de maior circulação no estado de Goiás. Na busca das matérias, utilizou-se como palavras-chave os termos: “chuva”, “precipitação”, “tempestade”, “estiagem”, “seca” e outros correlacionados, sem recorte temporal específico. As matérias mais recorrentes ao longo dos anos foram selecionadas, com foco nas consequências sistemáticas associadas ao período de estiagem e aos eventos extremos.

Resultados e Discussões

Esse tópico apresenta os principais resultados do estudo e as discussões a eles relacionadas. Inicialmente, são abordadas a variabilidade das chuvas em Goiânia entre 1961 e 2023, seguidas pela análise das tendências e dos eventos extremos. Por fim, é realizada a contextualização das repercussões da variabilidade, tendência e extremos de precipitação em Goiânia, a com base em matérias jornalísticas.

Variabilidade anual, sazonal e mensal das chuvas em Goiânia (1961 a 2023)

A variabilidade interanual e intraanual das chuvas em Goiânia é ilustrada pelo pluviograma disposto na Figura 3, que indica os acumulados mensais e anuais de precipitação entre 1961 e 2023. Observa-se que houve falha de dados apenas nos anos de 1979 e 1981, que foram excluídos da representação. A média de precipitação anual para o referido período é de 1.600 mm, com valores que variam entre o mínimo de 1.064 mm (1963) e o máximo de 2.147 mm (2021), com amplitude de 1.083 mm.

Ano/mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
1961	363,5	257,8	173,0	31,3	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	109,1	214,8	247,5	1355,2
1962	180,2	159,7	290,1	62,3	44,6	0,2	0,0	0,2	10,3	280,7	180,4	238,9	1447,6
1963	258,9	281,5	63,5	87,7	17,1	0,0	0,0	0,0	17,0	32,2	168,1	138,3	1064,3
1964	350,7	248,1	101,0	112,8	55,7	0,0	2,3	0,0	92,3	271,6	181,9	205,1	1621,5
1965	335,6	113,6	199,1	148,2	15,8	40,6	0,2	0,5	75,0	401,6	160,3	206,9	1697,4
1966	265,5	275,9	186,6	93,8	63,6	0,0	0,0	4,8	32,2	125,1	137,7	426,0	1611,2
1967	232,5	166,7	258,5	137,6	0,0	3,0	0,0	0,0	12,8	118,0	228,1	216,3	1373,5
1968	255,1	388,9	112,0	97,9	6,2	7,5	0,0	19,0	9,9	129,1	191,7	247,4	1464,7
1969	334,9	161,3	231,8	67,5	30,0	0,0	0,0	0,0	6,9	171,3	405,0	291,1	1699,8
1970	280,6	234,9	238,9	128,2	14,4	1,8	0,0	1,8	62,3	218,0	335,6	96,9	1613,4
1971	139,5	261,2	266,5	96,6	39,3	11,2	10,6	0,0	64,3	243,8	294,2	330,7	1757,9
1972	228,7	262,3	167,0	111,8	41,2	0,0	11,0	48,1	33,0	147,7	309,7	361,2	1721,7
1973	310,0	198,0	216,6	154,9	43,6	11,3	0,0	0,0	8,4	229,7	252,1	248,5	1673,1
1974	127,5	141,0	325,8	225,8	48,2	1,2	0,0	32,7	0,5	87,3	110,2	206,4	1306,6
1975	202,9	217,3	135,6	182,8	17,7	1,3	15,3	0,0	53,3	161,6	249,2	206,3	1443,3
1976	149,0	156,5	295,2	72,4	113,3	16,0	3,2	3,5	148,3	142,5	336,7	301,5	1738,1
1977	322,4	152,0	119,8	186,3	124,9	50,8	0,0	14,7	65,3	189,0	170,0	154,4	1549,6
1978	277,3	287,1	221,7	125,8	45,1	0,2	25,5	0,0	58,2	81,8	151,6	217,9	1492,2
1980	540,8	403,9	56,4	29,0	2,8	40,3	0,0	6,6	94,8	79,6	178,5	235,0	1667,7
1982	317,7	137,5	424,0	144,5	74,6	0,0	2,2	36,7	56,4	264,2	150,2	441,4	2049,4
1983	348,2	183,6	231,9	201,1	26,0	6,4	27,2	0,0	46,8	144,9	302,9	252,2	1771,2
1984	185,8	197,0	250,2	193,7	32,9	0,0	0,0	38,2	61,0	132,7	117,3	264,9	1473,7
1985	442,3	152,7	237,3	147,7	1,3	0,0	3,7	0,0	54,5	244,2	225,1	240,9	1749,7
1986	230,9	187,7	97,0	60,6	21,5	0,0	9,2	73,9	26,8	48,5	178,2	334,7	1269,0
1987	276,7	115,2	221,5	178,9	18,6	0,1	0,0	1,2	63,6	194,5	220,9	372,7	1663,9
1988	202,6	337,5	225,1	222,0	12,8	51,6	0,0	0,0	17,7	151,6	122,2	208,0	1551,1
1989	165,8	244,8	194,0	24,4	3,2	12,6	26,9	53,6	85,9	153,0	215,7	479,7	1659,6
1990	205,7	90,1	249,9	85,7	72,4	0,4	3,8	21,5	31,9	142,1	243,0	218,0	1364,5
1991	301,2	236,6	276,7	168,7	2,9	0,0	0,0	0,0	76,7	131,2	88,5	251,5	1534,0
1992	257,0	229,3	208,3	169,4	15,8	0,0	0,0	0,3	125,5	368,9	214,1	335,7	1924,3
1993	132,4	249,7	201,2	42,8	17,0	38,0	0,0	58,9	44,2	178,1	219,6	316,2	1498,1
1994	337,7	184,9	304,3	67,7	17,7	28,7	8,6	0,0	5,1	112,0	296,7	247,0	1610,4
1995	278,0	207,6	398,9	173,8	81,6	3,6	0,0	0,0	12,4	104,1	185,3	249,0	1694,3
1996	213,6	174,4	320,4	239,1	21,0	0,5	0,1	43,5	54,5	308,8	214,8	172,4	1763,1
1997	268,5	186,9	425,2	122,9	54,8	76,4	0,0	6,6	33,1	63,6	211,6	146,5	1596,1
1998	245,9	326,3	264,2	69,6	20,5	0,4	0,0	3,6	41,3	145,6	256,0	201,0	1574,4
1999	196,5	188,2	119,2	27,6	66,7	7,0	0,0	0,0	70,9	175,0	200,8	295,6	1347,5
2000	385,7	319,8	207,4	44,6	9,4	0,0	0,6	31,5	106,0	84,3	327,8	316,4	1833,5
2001	209,0	226,9	181,6	172,0	72,1	2,0	0,0	51,5	124,5	185,0	314,7	227,6	1766,9
2002	253,7	398,0	300,3	27,5	12,0	0,0	0,2	6,3	69,5	34,4	149,7	284,8	1536,4
2003	314,9	267,5	202,3	107,9	0,2	0,0	0,0	12,9	35,3	110,5	265,2	224,3	1541,0
2004	282,3	310,2	264,2	120,3	18,0	1,0	5,8	0,0	6,2	168,1	128,6	251,2	1555,9
2005	237,5	176,4	526,0	50,4	34,2	2,6	0,0	3,2	55,8	90,9	269,7	460,2	1906,9
2006	137,9	217,4	319,1	206,2	20,1	0,0	0,0	10,6	84,1	283,4	188,2	238,1	1705,1
2007	200,1	267,4	87,3	59,6	9,2	5,1	6,0	0,0	1,8	55,9	223,1	179,7	1095,2
2008	280,8	294,4	373,8	202,2	53,2	0,0	0,0	0,0	51,8	109,4	197,5	246,2	1809,3
2009	178,6	148,2	185,6	258,0	41,2	31,3	2,0	16,8	71,0	196,4	194,9	443,9	1767,9
2010	98,3	208,0	190,4	188,4	0,0	14,3	0,0	0,0	16,9	107,9	281,9	449,8	1555,9
2011	287,8	240,4	367,1	62,3	0,0	15,3	0,0	0,0	1,2	300,3	245,4	292,8	1812,6
2012	467,4	358,0	268,0	176,2	40,0	18,3	3,0	0,0	57,3	92,8	224,5	188,6	1894,1
2013	353,5	125,1	234,9	44,3	44,1	7,3	0,0	0,7	32,9	135,2	273,6	530,5	1782,1
2014	143,6	187,8	361,1	325,2	19,7	0,0	15,7	0,0	31,3	69,2	170,5	337,9	1662,0
2015	73,6	225,2	312,3	204,2	70,7	0,0	2,7	3,6	30,4	18,2	354,8	207,7	1503,4
2016	484,8	155,1	156,2	1,3	33,2	0,0	0,0	15,7	26,5	209,2	110,4	169,6	1362,0
2017	176,1	153,2	215,5	200,1	48,2	0,0	0,0	0,0	9,5	51,2	296,1	239,1	1389,0
2018	206,6	288,7	156,7	224,5	13,1	0,0	0,0	18,7	32,0	223,6	186,0	190,1	1540,0
2019	143,2	196,1	192,1	213,1	51,7	0,0	0,2	0,0	18,6	83,2	160,6	218,5	1277,3
2020	329,2	326,6	151,6	157,2	20,7	0,0	0,0	0,0	1,6	122,0	160,7	306,6	1576,2
2021	249,9	417,6	275,6	136,9	0,0	0,0	0,0	5,3	62,0	245,5	358,4	396,2	2147,4
2022	315,4	437,8	100,9	51,1	2,2	0,1	0,0	0,0	30,6	108,5	216,2	347,7	1610,5
2023	322,1	236,5	172,4	165,4	0,0	4,9	0,0	28,0	29,4	105,8	157,4	276,5	1498,4
Máximo	540,8	437,8	526,0	325,2	124,9	76,4	27,2	73,9	148,3	401,6	405,0	530,5	2147,4
Mínimo	73,6	90,1	56,4	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	88,5	96,9	1064,3
Média	260,6	232,4	232,3	128,8	31,9	8,5	3,1	10,8	45,2	156,1	220,3	272,5	1600,4

Figura 3 – Variabilidade anual e mensal das chuvas em Goiânia (1961-2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores. Obs.: 1979 e 1981 apresentaram falha de dados.

Habitualmente, o período chuvoso em Goiânia inicia-se em outubro e se estende até abril do ano seguinte, totalizando sete meses chuvosos. O período de estiagem, por sua vez, vai de maio a setembro, conforme

apontado por Nimer (1979) e Monteiro (1951) para a região. Todavia, em alguns anos, verifica-se alterações no mês de início e/ou término, resultando em mudanças na duração dos períodos chuvosos e de estiagem. Por exemplo, nos anos de 1961, 1962, 1993, 2011, 2016 e 2022, o início do período seco foi antecipado para abril, prologando a estiagem para seis meses. Em outros anos, como 1963 e 1986, a estiagem iniciou em abril, como habitualmente, mas se estendeu até outubro. Em contrapartida, nos anos de 1966 e 1976, o período de estiagem foi reduzido para três meses, de junho a agosto, enquanto em 1977 a estiagem se restringiu a apenas dois meses (julho e agosto), devido aos acumulados mensais significativos nos meses anteriores e posteriores.

Essa variabilidade é característica das chuvas, que não se limitam apenas ao aumento ou redução dos acumulados anuais entre anos de chuvas intensas e secos, mas também se relacionam à distribuição interanual das precipitações. Luiz (2012), Nascimento (2016) e Neves (2018) observam que a variação dos totais anuais e a distribuição mensal da precipitação podem ser explicadas pela maior ou menor atuação de sistemas atmosféricos responsáveis pela formação de chuvas, como a massa equatorial continental (mEc) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), conforme demonstrado por Nascimento e Oliveira (2021). Um exemplo é o ano de 2007, quando se registrou um volume anual de apenas 1.095 mm e cinco meses de estiagem. Nesse caos, os autores indicam que correspondia a um ano-padrão seco, caracterizado pela maior atuação da massa tropical atlântica (mTa), que proporciona maior estabilidade atmosférica e menos formação de precipitação.

É importante ressaltar também a influência de fenômenos atmosféricos que afetam o regime de precipitação na região, como o Dipolo Atlântico Sul, o Modo Anular Sul (SILVA; CARPENEDO, 2021) e o El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) e a Oscilação Decanal do Pacífico (ODP) (ALVES; CABRAL; NASCIMENTO, 2022; 2023).

A Figura 3 ainda permite observar que os meses de dezembro e janeiro são os mais chuvosos, com médias de 272,5 e 260 mm, respectivamente. Ao longo da série temporal, destacam-se os recordes de precipitação de 540,8 mm de chuva em janeiro de 1980 e 530,5 mm em dezembro de 2013. Por outro lado, o trimestre consecutivo mais seco é junho a agosto, com julho sendo o mês mais seco.

Usualmente, o período de estiagem registra dois meses consecutivos sem precipitação (como ocorrido em 1966, 1967, 1973, 1988, 1992, 1995, 1999, 2003, 2006, 2010, 2011, 2016, 2018 e 2022), mas também pode se estender por três meses (1963, 1969, 1991, 2008, 2017, 2020 e 2021) ou até quatro meses (1961). Isso é característico do clima da área central do bioma Cerrado, conforme apontado por Nascimento e Novais (2020). Entretanto, ao contrário do que é veiculado pela mídia e do imaginário da população goianiense, é possível ocorrer chuva nesse período, com evidenciado pelos registros de 76,4 mm em junho de 1997, de 27,2 mm em julho de 1983 e de 73,9 mm em agosto de 1986.

Tendências e eventos extremos de precipitação em Goiânia entre 1961 e 2023

A análise das tendências das chuvas parte da avaliação do índice de precipitação total anual (PRCPTOT), que, para Goiânia, aponta tendência positiva (*sen's slope* de 1,164). No entanto, o gráfico apresentado na Figura 4 revela uma baixa significância estatística (*p-value* = 0,43). Situação semelhante foi observada para Goiânia por Silva e Nascimento (2021). Ao analisar esse mesmo índice para diferentes localidades no Centro-Oeste, Almeida (2012) também encontrou tendência positiva na maior parte das estações de Goiás, incluindo Goiânia, embora com pouca significância estatística.

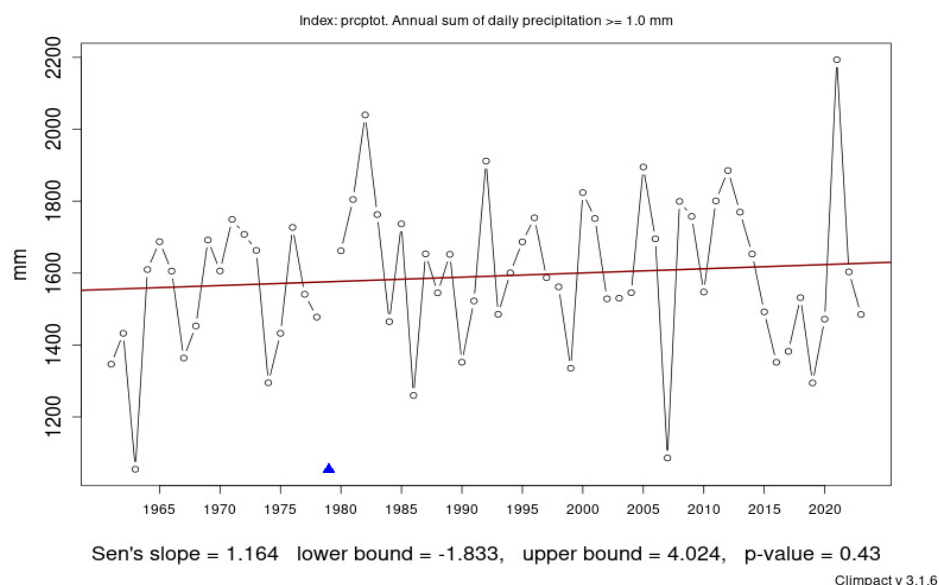


Figura 4 - PRCPTOT – Precipitação total anual (1961 - 2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores

Os índices de máximo de precipitação em um (Rx1day) e cinco dias (Rx5day) consecutivos, representados nas Figuras 5 e 6, respectivamente, também mostram tendências positivas. Entretanto, apenas o índice Rx1day apresenta alta significância estatística, com p -value de 0,032. Esses índices refletem valores extremos de precipitação, como o registro de 136 mm em um único dia em dezembro de 2005, 134 mm em dezembro de 1972 e 127,8 mm em outubro de 1996. Nascimento, Lima e Cruz (2019) explicam que os episódios extremos de precipitação em Goiânia estão associados à atuação alternada entre a mEc e a ZCAS.

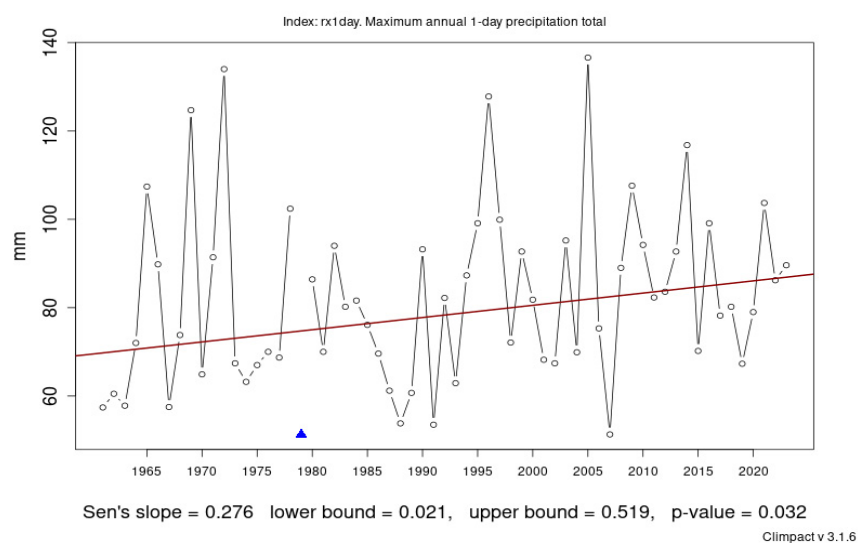


Figura 5 - RX1day – Máximo de precipitação em um dia (1961 - 2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores

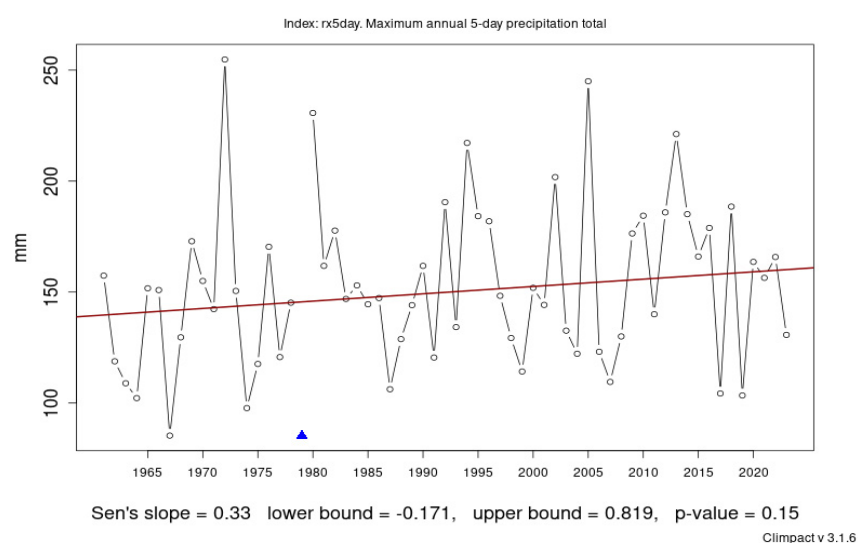


Figura 6 - RX5day – Máximo de precipitação em cinco dias consecutivos (1961 - 2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores

Em relação ao Rx5day, os eventos extremos registrados incluem 254,8 mm em dezembro de 1972, 245 mm em dezembro de 2005 e de 230,7 mm em janeiro de 1980. Esses episódios estão frequentemente associados à persistência da ZCAS, que atua com maior intensidade entre novembro e fevereiro e pode permanecer por períodos de quatro a dez dias (NASCIMENTO; NEVES, 2021).

Estes dois últimos índices apresentaram um cenário preocupante para Goiânia, pois os extremos de precipitação em dias consecutivos causam uma série de problemas, como a saturação do solo, aumento do escoamento superficial, deflagração de processos erosivos e assoreamento de corpos hídricos. Além disso, há o risco de enchentes, inundações e alagamentos, como observam Luiz (2012), Rego e Barros (2014), Evangelista et al. (2016) e Luiz e Romão (2019) para a referida cidade.

Na Figura 7, observa-se que o índice do número de dias com precipitação acima de 10 mm (R10mm) não apresenta tendência significativa ao longo do período analisado, o que reforça a variabilidade das chuvas. Entre os registros extremos, o destacam-se 69 dias com volumes de precipitação acima de 10mm em 1982, 64 dias em 1992 e 2011 e 63 em 2021.

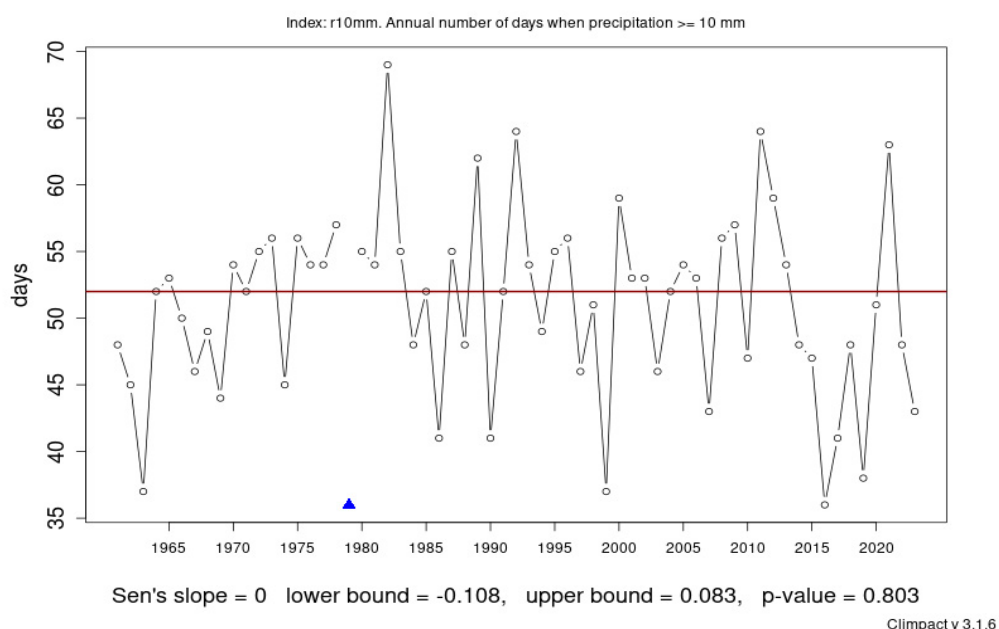


Figura 7 - R10mm – Número de dias com precipitação acima de 10 mm (1961 – 2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores

Diferentemente do R10mm, o índice do número de dias com precipitação acima de 20 mm (R20mm) apresenta uma leve tendência positiva, porém sem significância estatística (Figura 8). Mesmo sem tendência estatisticamente significativa, alguns anos registraram extremos de até 38 dias com precipitação superior a 20 mm em 2021, 35 dias em 1981 e 1982, e 33 dias nos anos de 1980, 1985, 1992 e 1996. Tais eventos de precipitação têm um alto potencial de causar danos, pois, para a realidade de Goiânia, volumes superiores a 10 mm já são suficientes para causar transtornos, como enfatiza Luiz (2012).

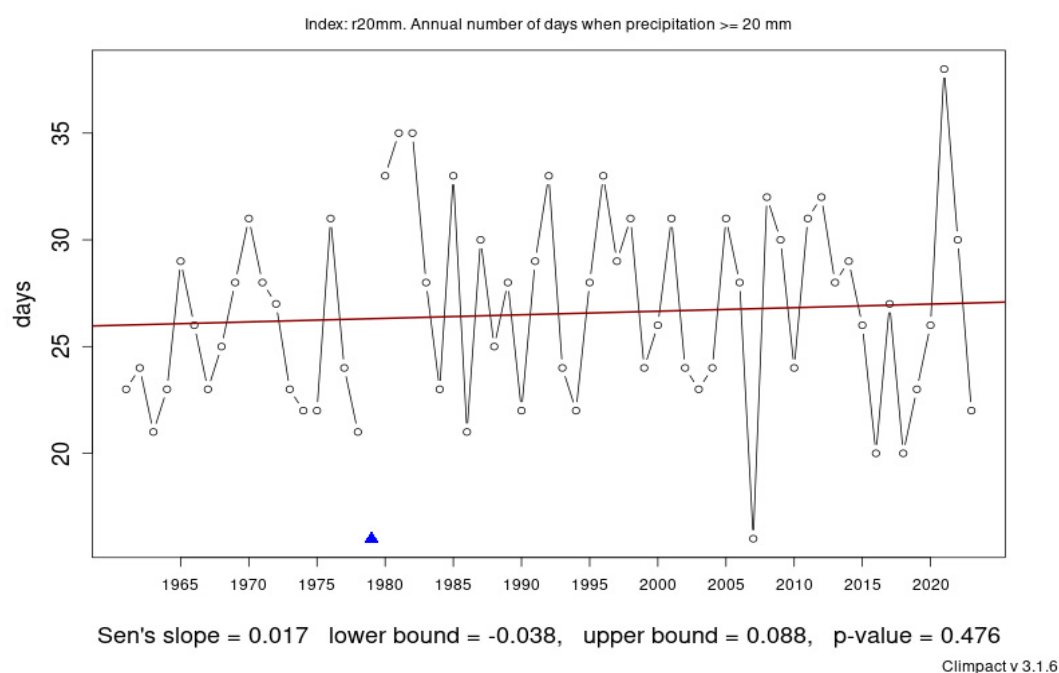


Figura 8 – R20mm – Número de dias com precipitação acima de 20mm (1961 – 2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores

Com relação ao número de dias consecutivos secos no ano (CDD), representado na Figura 9, verifica-se uma tendência positiva, com boa significância estatística (p -value de 0,08). Ou seja, constata-se um aumento nos períodos consecutivos sem registro de chuva em Goiânia ao longo do período analisado.

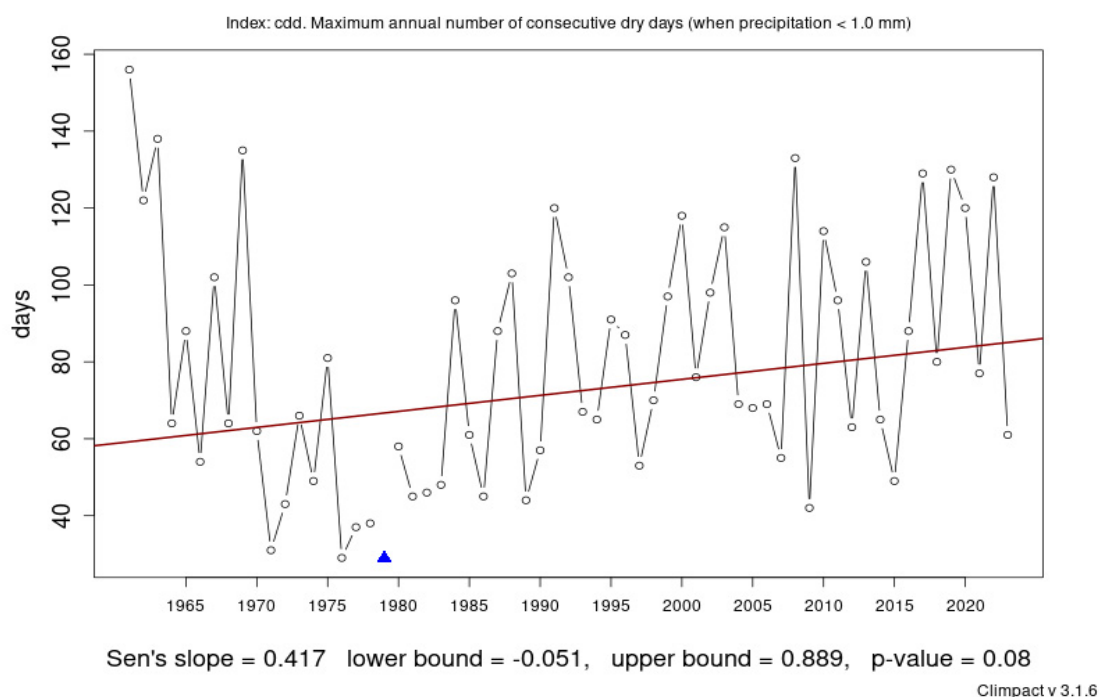


Figura 9 - CDD - Dias consecutivos secos (1961 – 2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores

Nas duas primeiras décadas, há uma tendência negativa, apesar de ser o período em que se registram os mais elevados valores, alcançando até de 156 dias consecutivos sem chuva em 1961, 138 dias em 1963 e 135 dias em 1969. Após a década de 1980, a tendência para esse índice é positiva, com registros extremos de 133 dias consecutivos secos em 2008. Em contrapartida, convém mencionar os registros extremos de menores quantidades de dias consecutivos sem chuva no ano, com apenas 29 e 31 dias, em 1976 e 1971, respectivamente – expressando anos com uma distribuição mais regular das chuvas.

Amparados na literatura, Nascimento e Novais (2020) explicam que o período de estiagem na região é uma resposta da atuação predominante da mTa, que assegura estabilidade atmosférica, céu claro e ausência de eventos de precipitação.

No que diz respeito ao índice de dias consecutivos úmidos (CWD), é possível notar uma tendência positiva, embora sem significância estatística (Figura 10). Em relação aos maiores valores de dias consecutivos com registro de precipitação, destacam-se os anos de 1982, com 18 dias, 1987 e 2016, com 17 dias, e 1988, 2020 e 2021, com 16 dias.

Apesar de não atingirem a mesma quantidade de dias consecutivos secos, os dias consecutivos com chuvas são também preocupantes, especialmente por contribuírem para a saturação do solo e a intensificação do escoamento superficial, com repercussões negativas em relação ao transporte de sedimentos e à ocorrência de inundações.

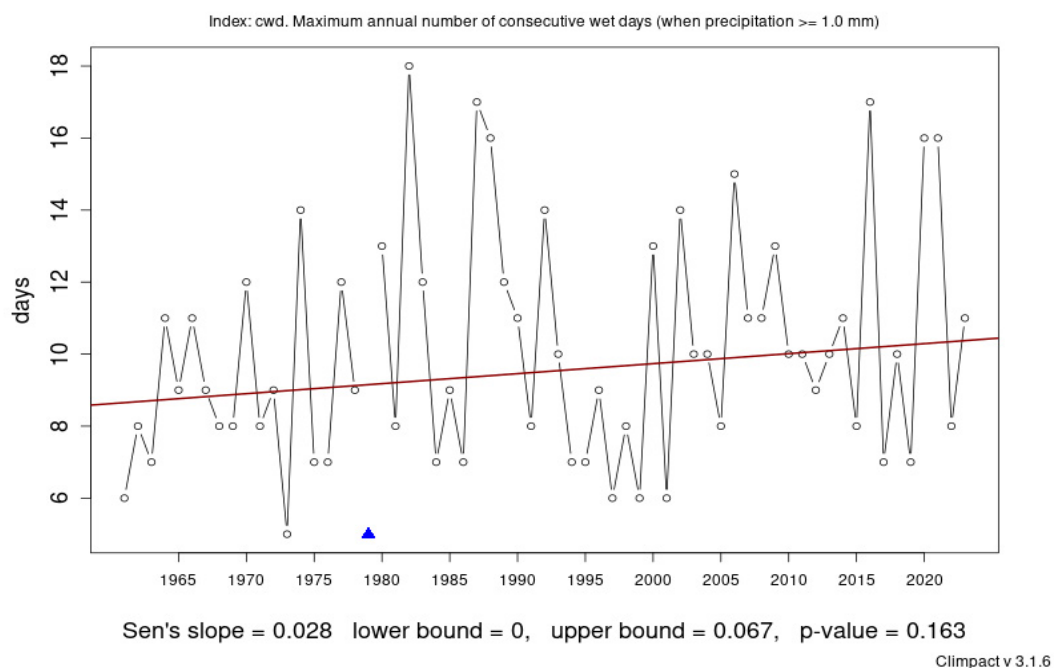


Figura 10 - CWD – Dias consecutivos úmidos (1961 – 2023)

Fonte: INMET, organizado pelos autores

As informações descritas nesta seção, sintetizadas no Quadro 2, indicam tendências positivas de alteração das chuvas em Goiânia em quase todos os índices analisados, exceto no número de dias no ano com precipitação igual ou superior a 10 mm (R10mm). No entanto, apenas os índices de quantidade máxima de precipitação em um dia (Rx1day) e de número de dias consecutivos secos (CDD) apresentam significância estatística. Assim, o aumento dos eventos extremos de chuva e do período de estiagem é evidenciado, corroborando o cenário de alteração do regime de chuvas descrito pelo IPCC (2021) e por estudos de Hoffmann et al. (2021), Almeida (2021), Luiz (2021), Neves (2018), entre outros, para a área em estudo ou para a região em que ela se insere.

Quadro 2 - Síntese da tendência de mudanças climáticas e ocorrência de eventos extremos de precipitação em Goiânia (1961 a 2023)

Índice	Tendência	Significância	Eventos Extremos/Ano
PRCPTOT	1,164 (positiva)	0,43	2.147,4 mm (2021)
RX1day	0,276 (positiva)	0,032 (alta)	136 mm (2005)
Rx5day	0,330 (positiva)	0,15	254,8 mm (1972)
R10mm	0 (não há)	0,803	69 Dias (1982)
R20mm	0,017 (positiva)	0,476	38 Dias (2021)
CDD	0,417 (positiva)	0,08 (boa)	156 Dias (1961)
CWD	0,028 (positiva)	0,163	18 Dias (1981)

Fonte: próprio autor

Esse cenário de chuvas mais concentradas e intensas, em um período de tempo menor, é extremamente preocupante, pois reflete em uma série de repercussões indesejáveis nas esferas sociais, econômicas ou ambientais, como abordado no tópico a seguir.

As repercussões das chuvas em Goiânia ilustradas por matérias jornalísticas

A população goianiense frequentemente enfrenta problemas tanto pela falta quanto pelo excesso de chuvas. Enquanto a estiagem causa insegurança hídrica, alimentar e energética, afetando o setor econômico e produtivo, os principais impactos dos eventos extremos de precipitação são enchentes, inundações e alagamentos, problemas de mobilidade interna, danos materiais e de infraestrutura, e perdas de vida.

A falta de chuvas durante o período de estiagem em Goiânia compromete a disponibilidade hídrica, a produção de alimentos e a geração de energia elétrica, resultando em insegurança hídrica, alimentar e energética. Um problema recorrente para a população goianiense é a interrupção do abastecimento de água durante a estiagem, como demonstrado na Figura 11.

Moradores de Goiânia e região pedem socorro por causa da falta d'água

Saneago informou que pode faltar água em mais de 200 bairros da Grande Goiânia neste fim de semana e que problema é causado pela baixa vazão do Rio Meia Ponte



Frank Martins
28 de outubro de 2017 às 15:00
Modificado em 29/08/2023, 08:23



Falta de água atinge até mesmo unidades de saúde como a Maternidade Marlene Teixeira, em Aparecida (Marcelo Dantas)

Figura 11 – Relato da interrupção de abastecimento residencial de água em Goiânia em 2017

Fonte: O Popular

Apesar de Goiânia ter, habitualmente, um período de cinco meses de estiagem, faltam políticas públicas de adaptação e planos de ação para enfrentar os efeitos recorrentes da estiagem, especialmente em anos excepcionalmente secos, quando o período de estiagem pode ser antecipado, postergado ou estendido (conforme evidenciado pelo pluviograma da Figura 3). O ciclo “hidro-ilógico”, sugerido por Wilhite (2011), ilustra que a condição de alerta, ansiedade e pânico da população e dos gestores públicos durante a estiagem frequentemente é substituída por apatia e tranquilidade com o retorno das chuvas (Figura 12), sem a implementação de políticas públicas efetivas.

No setor agrícola, a irregularidade das chuvas é preocupante, prejudicando o calendário agrícola e causando perdas e prejuízos na produção. O índice CDD (Figura 9) aponta um aumento do período de estiagem, o que pode afetar ainda mais esse setor. Além das perdas econômicas para os produtores agrícolas em todo o estado de Goiás, evidenciadas na Figura 13, a população goianiense corriqueiramente enfrenta insegurança alimentar, especialmente devido à alta do preço dos alimentos em períodos de falta de chuvas.

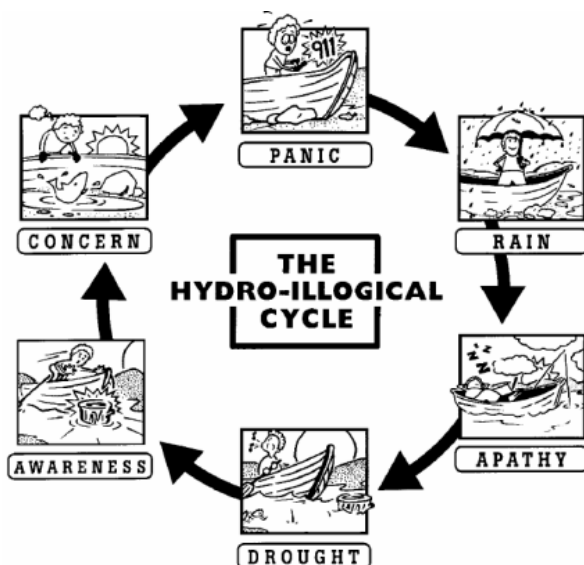


Figura 12 – O ciclo “hidro-ilógico”

Fonte: adaptado de Wilhite (2011)

Forte estiagem causa prejuízo total de R\$ 2 bilhões na agricultura goiana

Marcelo Gouveia | 14 fevereiro 2015 às 10h05

A falta de chuva condenou cerca de 20% da produção deste ano. As regiões Sul e Sudoeste do Estado foram as mais afetadas e cerca de dez municípios decretaram situação de emergência



A forte estiagem que abateu Goiás impactou a produção agrícola, causando prejuízo de mais de R\$ 2 bi Foto: Fernando Leite/Jornal Opção

Figura 13 – Impacto na agricultura diante da estiagem de 2015

Fonte: Jornal Opção

Em Goiânia, é notável a influência das chuvas na ocorrência de enchentes, inundações, alagamentos e nos problemas associados causados pela enxurrada. A Figura 14 ilustra os transtornos dos eventos extremos de precipitação na mobilidade urbana em Goiânia.



Figuras 14: (A) Alagamento da Marginal Botafogo em 26/11/2015 e (B) Alagamento da GO-060, próximo à Trindade, em 04/04/2024

Fonte: (A) O Popular (B) O Popular

A Figura 14-A mostra um dos pontos mais suscetíveis a inundações na capital goiana: A Marginal Botafogo, que regularmente alaga devido à canalização do canal e ao grande fluxo de escoamento superficial das áreas adjacentes. A Figura 14-B, por sua vez, ilustra problemas de alagamentos (e mobilidade) decorrentes da impermeabilização do solo, que dificulta e impede a infiltração da água.

Luiz e Romão (2019) explicam que episódios de precipitação intensa no início e no auge da estação chuvosa são mais preocupantes devido ao comportamento de solos tropicais não saturados. Rego e Barros (2014) fornecem um histórico da ocorrência desses eventos em Goiânia entre 1996 e 2010, com base em registros da defesa civil e matérias jornalísticas. Essas autoras apontam os anos de 2009 e 2005 como os com maior ocorrência de alagamentos e inundações em Goiânia, destacando como mais afetados os bairros: Setor Bueno, Jardim Guanabara II e Jardim América.

Além de afetar a mobilidade, os eventos extremos também causam uma série de danos materiais, especialmente em relação à “invasão” da água das chuvas ou proveniente dos corpos hídricos nas residências e à queda de árvores. A figura 15-A ilustra prejuízos materiais e a Figura 15-B demonstra danos estrutural à rede elétrica pela queda de árvores, que afetam e colocam em risco a vida da população.



Figura 15 – (A) estragos causados em bens materiais e (B) impactos na rede elétrica por conta da queda de árvores em Goiânia

Fonte: (A) O Popular (B) O Popular

Um dos efeitos mais graves dos extremos de precipitação em Goiânia tem sido a perda de vidas. Nesse sentido, as Figuras 16-A e 16-B relatam matérias jornalísticas a respeito da morte de motociclistas devido a enxurradas em fortes chuvas em janeiro de 2018 e de 2023, respectivamente. A Figura 16-C relata um evento de intensa precipitação de 100 mm em seis horas em Goiânia, que causou o desmoronamento de uma residência improvisada na área de preservação permanente do córrego Cascavel e resultou na morte de uma pessoa.

Dessa forma, é essencial enfatizar que os eventos extremos de precipitação não se limitam a causar danos à infraestrutura urbana, mas também comprometem o bem-estar social, especialmente no que se refere ao direito de ir e vir (mobilidade). Dessa forma, ações são necessárias para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e os danos causados por eventos climáticos extremos, muitos dos quais podem ser previstos, reduzidos e até mesmo evitados. É essencial que diferentes esferas do governo desenvolvam e implementem políticas públicas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, promovendo resiliência urbana e melhor qualidade de vida para a população, visto que eventos de maior intensidade causam vítimas fatais e numerosas perdas.



Figura 16 – Morte causada por enxurrada em 2018 (A) e 2023 (B) e por movimento de massa em 2023 (C)

Fonte: (A) Jornal Opção (B) G1 (C) O Popular

Todavia, no caso de Goiânia, Souza e Nascimento (2018) destacam que a principal medida de adaptação é a implantação de placas de alerta em áreas propensas a alagamentos, visando evitar o trânsito nessas áreas durante chuvas intensas.

Como exposto na última matéria da Figura 16-C, é também importante observar que a crise climática não afeta igualmente todos os territórios e populações. A população goianiense que reside nas áreas periféricas sofre maior impacto dos eventos intensos de precipitação, devido à maior suscetibilidade, falta de infraestrutura e menor assistên-

cia por parte do poder público. Portanto, políticas públicas relacionadas à adaptação climática devem considerar a justiça social e a inclusão, atendendo especialmente aos grupos mais vulneráveis.

Considerações Finais

Goiânia é uma cidade com clima tropical semiúmido, caracterizado por um período chuvoso de sete meses (de outubro a abril) e uma estiagem de cinco meses (de maio a setembro), com uma média anual de precipitação de cerca de 1.600 mm. No entanto, entre 1961 e 2023, observou-se uma considerável variabilidade na precipitação, com acumulados anuais variando entre 1.064 e 2.147 mm, e flutuações no período e na duração da estiagem.

A análise dos índices climáticos de precipitação pluvial revela tendências positivas, porém com significância estatística variável. Em especial, observa-se uma tendência com significância estatística de aumento nos eventos extremos de precipitação, representados pelo índice Rx1day, o que aponta para um cenário preocupante em relação aos impactos urbanos em Goiânia, como enchentes, inundações e erosões. De mesma forma, constata-se uma tendência de aumento dos períodos consecutivos secos (CDD), que sugere um agravamento das condições de estiagem ao longo dos anos, o que requer atenção para o manejo dos recursos hídricos e estratégias de adaptação às mudanças climáticas na região.

Os problemas associados aos eventos extremos de precipitação em Goiânia são amplamente reconhecidos pela população e frequentemente relatados na mídia. Estes incluem insegurança hídrica e alimentar durante as estiagens, bem como enchentes, alagamentos, inundações, problemas de mobilidade urbana, danos materiais e perda de vidas causados pelos eventos extremos de precipitação pluvial.

Neste contexto, a crise climática destaca a necessidade de uma governança climática eficaz, que envolva a definição e implementação de políticas públicas para mitigação e adaptação climática (focada em melhor gerenciamento hídrico, aprimoramento do sistema de drenagem urbana e reforço das medidas de proteção a inundações). Embora existam políticas climáticas nas esferas nacional e estadual, o nível municipal ainda carece de planos de ação e contingenciamento adequados. A

resposta a essas crises muitas vezes ocorre apenas após a ocorrência de eventos extremos, sem a adoção de estratégias fixas e definitivas que promovam uma maior resiliência tanto para o território quanto para a sociedade, frente aos desafios impostos pela mudança climática.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa produtividade em pesquisa ao segundo autor (processo 305318/2022-5) e pelo apoio financeiro no âmbito do edital de Apoio a Projetos Intencionais de Pesquisa Científica, Tecnológica e de Inovação (processo 443297/2023-1).

Referências

- ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L. M. K.; VIVEIROS GRELLE, C. E.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças Climáticas e a Biodiversidade dos Biomas Brasileiros: Passado, Presente e Futuro. *Natureza & Conservação*, v. 8, n. 2, p. 194-196, 2010.
- ALVES, W. S.; CABRAL, J. B. P.; NASCIMENTO, D. T. F. Influências do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e da Oscilação Decenal do Pacífico (ODP) na variabilidade dos totais anuais de chuva em Goiás e no Distrito Federal. *Caminhos de Geografia*, v. 24, p. 321-338, 2023.
- ALVES, W. S.; CABRAL, J. B. P.; NASCIMENTO, D. T. F. A participação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e da Oscilação Decenal do Pacífico (ODP) nas chuvas em Goiás e no Distrito Federal. *Revista Ra'e Ga : Espaço Geográfico em Análise*, v. 55, p. 176-200, 2022.
- ARTAXO, P. Mudanças climáticas e o Brasil. *Revista USP*, [S. l.], n. 103, p. 8-12, 2014.
- ALMEIDA, J. M. V. de. *Índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas na região Centro-Oeste do Brasil*. 2012. 178f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2012.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geográfica*, v. 8, p. 40-55, 2014.

CHAVES, J. V. B. *et al.* Rede de Sensores para avaliação de variáveis meteorológicas em áreas verdes urbanas: desenvolvimento e aplicações. *Sociedade & Natureza*, v 34, e64675, 2022.

DEUS, R. M. M.; NASCIMENTO, D. T. F. Eventos climáticos extremos no estado de Goiás e Distrito Federal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2021, João Pessoa. Anais do XIV SBCG. João Pessoa: UFPE, 2021. v. 1. p. 2938-2954.

EVANGELISTA, A. W. P.; CORRECHEL, V.; ARANTES, N. R. de M.; ALVES JUNIOR, J.; CASAROLI, D. Padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas em Goiânia-GO. *Gl. Sci Technol*, Rio Verde, v.09, n.02, p.1 – 12, mai/ago. 2016.

HOFMANN, G. S.; CARDOSO, M. F.; ALVES, R. J. V.; WEBER, E. J.; BARBOSA, A. A.; TOLEDO, P. M.; PONTUAL, F. B.; SALLES, L. O.; HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; AQUINO, F. E.; OLIVEIRA, L. F. B. *The brazilian Cerrado is becoming hotter and drier*. *Global Change Biology*, p. 1-14, 2021.

IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.). Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2021.

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

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.

LUIZ, G. C.; ROMÃO, P. de A. Interação Solo-Atmosfera e Processos de Inundação e Alagamento na Cidade de Goiânia-GO. *Revista Brasileira De Geografia Física*, v. 12, p. 1891-1903, 2019.

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.

MONTEIRO, C. A. de F. *Teoria e Clima urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias, 25).

MONTEIRO, C. A. de F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia*. v. 13, n. 1, p. 3-46, jan-mar 1951.

NASCIMENTO, D. T. F. *Chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica*. 2016. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; COSTA, Q. S. Permanência do regime de precipitação entre diversos anos-padrão habituais, secos e chuvosos: estudo de caso para Goiânia-GO. *Geoambiente on-line*, p. 1-14, 2020.

NASCIMENTO, D. T. F.; LIMA, L. V.; CRUZ, V. Episódios e gênese dos eventos climáticos extremos em Goiânia-GO. *Caderno de Geografia*, v. 29 n. 57, p. 583-608, 2019.

NASCIMENTO, D. T. F.; NEVES, G. Z. de F. Dinâmica atmosférica na área core do bioma Cerrado. IN: NASCIMENTO, D. T. F.; MARTINS, A. P.; LUIZ, G. C.; LOPES, R. M. *Climatologia do Cerrado: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro*. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2021. Cap. 9, p. 232-262.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. Os sistemas atmosféricos atuantes e responsáveis pela gênese das chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, p. 747-71, 2021.

NEVES, G. Z. F. *Distribuição geográfica das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos*. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

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

PEREIRA, P. R. C.; NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. de. Emprego do geoprocessamento na delimitação e análise das áreas verticalizadas em Goiânia (GO) e sua relação com o padrão espacial das temperaturas superficiais terrestres. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2011, Dourados. Anais do XIV SBGFA, 2011.

PETERSON, T. C.; FOLLAND, C.; GRUZA, G.; HOGG, W.; MOKSSIT, A.; PLUMMER, N. *Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001*. Rep. WCDMP-47, WMO-TD 10712001. Geneve: WMO, 143p.

PETERSON, T. C. Climate Change Indices. *WMO Bulletin*, v. 54, n. 2, p. 83-86, 2005.

RIBEIRO, W. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 27, p. 297-321, 2008.

REGO, T. L.; BARROS, J. R. Alagamentos e inundações em Goiânia: uma análise a partir da imprensa local e dos registros da defesa civil. *Revista Formação (online)*, v. 1, p. 170-185, 2014.

RODRIGUES, A. A.; MACEDO, M. N.; SILVÉRIO, D. V.; MARACAHIPES, L.; COE, M. T.; BRANDO, P. M.; SHIMBO, J. Z.; RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B.; BUSTAMANTE, M. C. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology*, 2022. Doi:

SANTOS, C. A. C. dos; BRITO, J. I. B. de; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SANTOS, L. O. F.; et al. Trends in Precipitation and Air Temperature Extremes and Their Relationship with Sea Surface Temperature in the Brazilian Midwest. *Atmosphere*, 14, 426, 2023.

SCHRODER, Rudolf. Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 15, n. 18, p. 193-250, 1956.

SILVA, C. B.; CARPENEDO, C. B. Teleconexões no Cerrado brasileiro. IN: NASCIMENTO, D. T. F.; MARTINS, A. P.; LUIZ, G. C.; LOPES, R. M. *Climatologia do Cerrado: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro*. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2021. Cap. 9, p. 232-262.

SILVA, G. C.; NASCIMENTO, D. T. F. Variabilidade e tendência climática em Goiânia-GO: avaliação a partir de índices de extremos climáticos calculados em RCLimindex. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2021, João Pessoa. Anais do XIV SBCG. João Pessoa: UFPE, 2021. v. 1. p. 2922-2937.

SILVA, K. V.; LUIZ, G. C.; OLIVIERA, LUCIANO H. de A. A importância das áreas verdes para minimizar o efeito das ilhas de calor na cidade de Goiânia-GO: estudo de caso Parque Areião e o centro da cidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12., 2016, Goiânia: UFG, 2016. p. 841-852.

SOUZA, A. C. M.; NASCIMENTO, D. T. F. Os fenômenos de enchente, inundação e alagamento: uma proposta para o processo de ensinoaprendizagem de Geografia. In: Diego Tarley Ferreira Nascimento; Ricardo Junior de Assis Fernandes Gonçalves. (Org.). *Águas do cerrado: gestão, usos e conflitos*. 1ed.Goiânia: Editora Kelps, 2018, v. 1, p. 177-188.

STREGLIO, C. F. da C.; NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. O processo de expansão urbana e seus reflexos na redução da cobertura vegetal no município de Goiânia-GO. *Ra'e ga: o espaço geográfico em análise*, n. 28, p.181-197. 2013.

WILHITE, D. A. Breaking the Hydro-Illogical cycle: progress or status quo for drought management in the United States. *European Water*, n. 34, p. 5-18, 2011.

Hernane Fernandes Sousa de Oliveira

Bacharel e Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). É pesquisador na área de geoprocessamento e climatologia, vinculado ao Centro Integrado de Pesquisa em Planejamento Geográfico – CIPGeo.

Diego Tarley Ferreira Nascimento

Possui Graduação (2009), Mestrado (2011) e Doutorado (2016) em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. É Professor Adjunto na Universidade Federal de Goiás, atuando na área de Geografia Física e Geomática, com ênfase em Cartografia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Climatologia. Também é professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás (Mestrado e Doutorado) e colaborador dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG) e em Geografia da Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Cora Coralina (PPGEO/UEG). É bolsista produtividade em pesquisa pelo CNPQ (PQ-2). É integrante do Fórum Goiano de Mudanças Climáticas, da Rede de Estudos Ibéricos e Ibero-americanos (REIA), do *Grupo de Investigación on Climate Change and Landscape Ecology* da *Universidad de Barcelona* (CCLE/UB) e da *International Association for Urban Climate* (IAUC).

Recebido para publicação em julho de 2024.

Aprovado para publicação em abril de 2025.