

DINÂMICA PLUVIAL E RECORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÕES EXTREMAS EM ITUIUTABA (MG)

Rogério Gerolineto Fonseca

Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Professor na Secretaria Municipal de Educação de Campinas, São Paulo, Brasil¹
rogerio.fonseca@educa.campinas.sp.gov.br

RESUMO: Este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade pluvial e a ocorrência das precipitações extremas na cidade de Ituiutaba (MG). O recorte temporal compreendeu um período de trinta anos (1987-2016) e foram realizadas análises estatísticas a partir dos registros de precipitação das estações meteorológicas da ANA e do INMET, localizadas próximas à área de estudo. A dinâmica pluvial observada nesse tempo revelou uma tendência à diminuição dos volumes anuais de precipitação, além de constatar que a ocorrência das precipitações extremas está atrelada a volumes totais anuais de precipitação também elevados. Os resultados demonstraram ainda que a cidade de Ituiutaba recebe, anualmente, uma média de treze episódios de chuvas com potencial para causar transtornos à rotina urbana.

Palavras-chave: Clima urbano; Tendência da precipitação; Impacto pluvial; Recorrência.

RAINFALL DYNAMICS AND RECURRENCE OF EXTREME PRECIPITATION IN ITUIUTABA (MG)

ABSTRACT: The aim of this study was to assess rainfall variability and the occurrence of extreme precipitation in the city of Ituiutaba (MG). The time frame covered a period of thirty years (1987-2016) and statistical analyses were carried out using rainfall records from ANA and INMET weather stations located close to the study area. The rainfall dynamics observed over this period revealed a downward trend in annual rainfall volumes, as well as the fact that the occurrence of extreme rainfall is linked to high total annual rainfall volumes. The results also showed that the city of Ituiutaba receives an average of thirteen episodes of rain each year that have the potential to cause disruption to the urban routine.

Keywords: Urban climate; Rainfall trends; Rainfall impact; Recurrence.

DINÁMICA PLUVIOMÉTRICA Y RECURRENCIA DE PRECIPITACIONES EXTREMAS EN ITUIUTABA (MG)

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue evaluar la variabilidad de las precipitaciones y la ocurrencia de precipitaciones extremas en la ciudad de Ituiutaba (MG). El marco temporal abarcó un período de treinta años (1987-2016) y los análisis estadísticos se realizaron a partir de los registros pluviométricos de las estaciones meteorológicas de la ANA y del INMET ubicadas cerca del área de estudio. La dinámica pluviométrica observada durante este período reveló una tendencia decreciente en los volúmenes anuales de precipitación, así como el hecho de que la ocurrencia de precipitaciones extremas está vinculada a altos volúmenes totales anuales de precipitación. Los resultados también mostraron que la ciudad de Ituiutaba recibe una media de trece episodios de lluvia al año que tienen el potencial de causar trastornos en la rutina urbana.

Palabras clave: Clima urbano; Tendencias de las precipitaciones; Impacto de las precipitaciones; Recurrencia.

Introdução

Nas últimas décadas, boa parte das pesquisas sobre eventos climáticos extremos buscou compreender a gênese e a frequência de fenômenos como secas, tempestades, furacões e ondas de calor. Em várias partes da Terra, tais acontecimentos têm se mostrado cada vez mais

¹ Endereço para correspondência: Benedito Cândido Ramos, 10, Parque Valença I, CEP: 13058-515, Campinas, São Paulo, Brasil.

intensos, implicando desafios às formas de organização da sociedade, tanto em ambientes urbanos quanto rurais.

As tempestades de grande magnitude constituem uma das várias manifestações dos eventos climáticos extremos. São denominadas, dessa forma, precipitações extremas – eventos chuvosos com elevados volumes pluviais em relação ao tempo de sua duração. Quando desencadeadas, podem colocar em risco a vida de pessoas e causar perdas e danos materiais.

Apesar do avanço científico e tecnológico voltado ao monitoramento dos fenômenos da natureza, bem como da prevenção contra seus impactos, os eventos naturais extremos ainda constituem uma grave ameaça às populações.

“No Brasil, os de maior repercussão nas atividades humanas são de natureza climática: fenômenos relacionados às variações bruscas de temperatura, como as geadas que ocorrem nas regiões Sul e Sudeste trazem efeitos altamente negativos para a economia agrícola, enquanto que aqueles ligados às oscilações hídricas, ou seja, a episódios pluviais extremos negativos e positivos (secas e enchentes) são os mais significativos e constituem insumos, por excelência, de calamidades que causam verdadeiro impacto no meio ambiente bem como na vida social e econômica do país.” (Gonçalves, 2015, p.69).

As precipitações extremas são fenômenos associados ao registro de volumes muito elevados de chuva. Elas constituem uma categoria dentre as manifestações meteóricas de impacto que divergem dos padrões habituais do comportamento atmosférico.

Pela sua natureza, são eventos que refletem variações extremas e formas violentas do ritmo, afastamentos ou desvios dos padrões habituais, desritmias, A [sic] variedade tipológica desses meteoros é acompanhada por irregularidades de frequência. Conforme os mecanismos de circulação regional em que se inserem, podem ser raros e até mesmo excepcionais. (Monteiro, 1976, p.136).

Por este viés, este artigo aborda a variabilidade pluvial e as precipitações extremas na cidade de Ituiutaba (MG), buscando avaliar a tendência ao aumento ou diminuição dos volumes anuais de precipitação e a probabilidade de ocorrência das precipitações extremas. Segundo a classificação de Köppen, Ituiutaba se enquadra no clima Tropical Típico, ou tropical semiúmido, caracterizado pela existência de duas estações bem demarcadas: uma seca, entre abril e setembro, e outra úmida, entre outubro e março.

Segundo dados do último Censo Demográfico (IBGE, 2022), Ituiutaba reúne 102.217 habitantes, com taxa de urbanização de 96%. A cidade se encontra localizada na parte oeste do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 18°56' e 19°01' de latitude Sul, e, 49°25' e 49°30' de longitude Oeste. A cada ano, durante a estação chuvosa, são registrados episódios de precipitações extremas que acarretam alagamentos em diversos locais da cidade, causando bloqueios ao tráfego, danos à infraestrutura urbana e colocando em risco a vida dos habitantes.

Este artigo é parte dos resultados obtidos em pesquisa de mestrado que abordou o risco hidrológico à cidade de Ituiutaba (Fonseca, 2017). Foi realizada uma abordagem sistêmica baseada no sistema Clima Urbano, mais especificamente no Subsistema Hidromecânico, cujos preceitos teóricos foram organizados Monteiro (1976).

Material e método

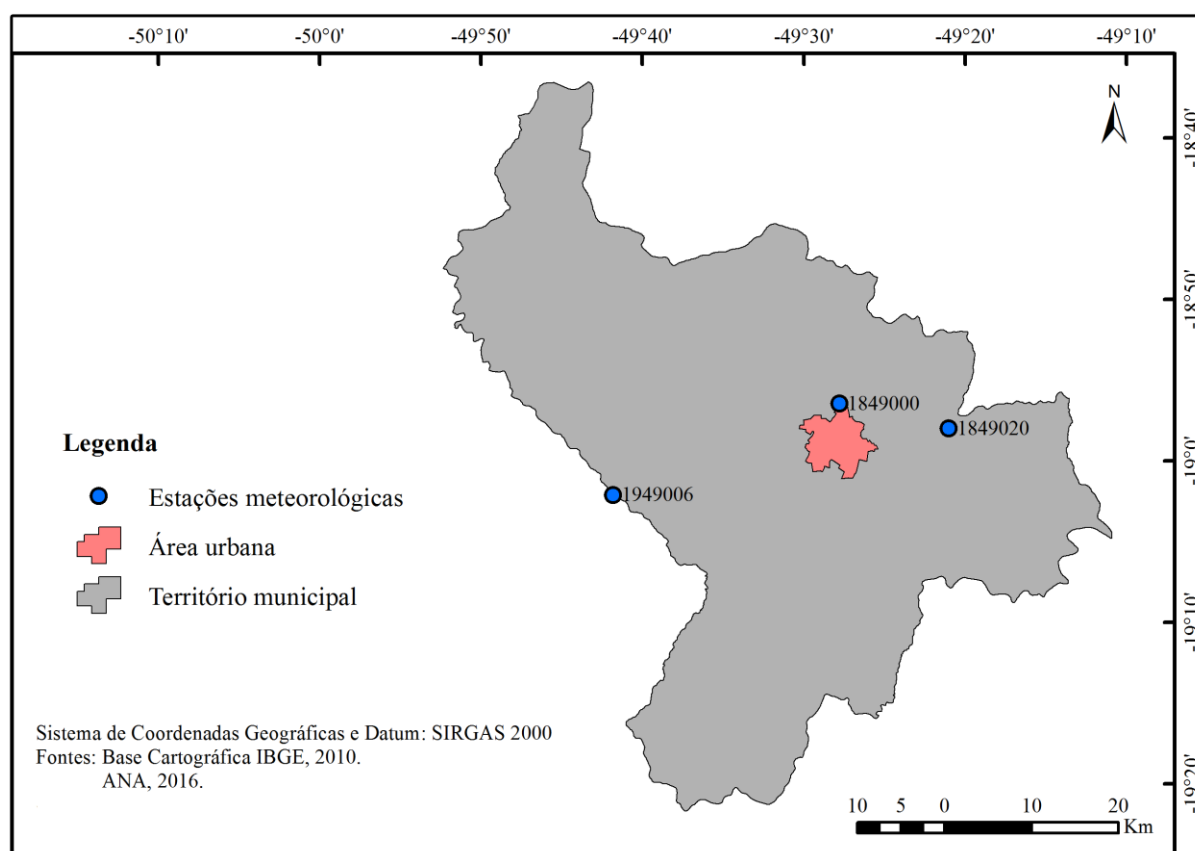
Para a realização deste estudo, foram utilizados os registros de precipitação da estação de nome Ituiutaba, código 1849000, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM – antiga Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais). Decidiu-se pelos dados dessa estação por ser a mais próxima da área

urbana, visto que a pesquisa da qual se originou este artigo centrou-se na variabilidade pluvial e nos impactos hidrometeorológicos que se sucedem sobre a cidade.

Porém, a escala temporal que compreendeu o período entre janeiro de 1987 e dezembro de 2016 continha ausência de dados para determinados dias. Para preencher os períodos sem registros e, enfim, proceder à análise da variabilidade da precipitação em Ituiutaba, foi realizado o procedimento de importação de dados das estações mais próximas: 1849020 (sob responsabilidade de operação do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET) e 1949006 (sob responsabilidade da ANA e operada pela CPRM), ambas localizadas no município de Ituiutaba.

Os dados das três estações meteorológicas (figura 1) foram obtidos a partir do sítio na Internet da ANA, pela plataforma Hidroweb; tendo sido considerados e analisados os registros diários de precipitação de um período de trinta anos, que se estendeu desde 1º de janeiro de 1987 até 31 de dezembro de 2016.

Figura 1: Localização das estações meteorológicas fornecedoras de dados para a pesquisa



Elaboração: O autor.

A técnica de importação dos registros da estação mais próxima é abordada por Zavatinni e Boin (2013) como uma das alternativas utilizadas por pesquisadores quando não se tem todos os dados climáticos do período considerado em um estudo. Apesar dos autores salientarem que o ideal é se utilizar estações sem falhas nos registros, em virtude da ausência dos dados para determinados dias, foi necessário recorrer aos bancos de dados das estações vizinhas. Ao serem observadas lacunas nos registros, recorreu-se, primeiramente, à importação dos dados da estação 1849020, distante 12,2 quilômetros da estação adotada como referência na pesquisa. E, quando nem essa possuía registros, recorreu-se à estação 1949006, localizada a 26,7 quilômetros. O quadro 1 apresenta maiores detalhes das estações meteorológicas utilizadas nesta pesquisa e a contribuição de cada uma para a formação do banco de dados pluviométricos.

Quadro 1: Inventário das estações meteorológicas utilizadas na pesquisa

	1849000	1849020	1949006
Nome	Ituiutaba	Ituiutaba	Ponte do Prata
Município	Ituiutaba	Ituiutaba	Ituiutaba
Entidade responsável	ANA	INMET	ANA
Entidade operadora	CPRM	INMET	CPRM
Modo de coleta	Convencional	Convencional	Convencional
Latitude	-18,9411	-18,9667	-19,0353
Longitude	-49,4631	-49,35	-49,6967
Distância da área urbana (km)	0,225	8,022	21,271
Quantidade de registros utilizados	10.303	240	415
Porcentagem de registros utilizados	94,02	2,19	3,79

Fonte: ANA (2017). Org.: O autor.

A escala temporal de trinta anos (1987 a 2016) selecionada nesta pesquisa abrangeu um total de 10.958 dias. Ao se ter dado prioridade à estação 1849000, por ser a mais próxima da área urbana, foram utilizados todos os registros diários de chuva encontrados, correspondendo a um total de 10.303 registros (94,02% do total). A estação 1849020 contribuiu com 240 registros (2,19%) e a estação 1949006 com 415 registros (3,79%). As três estações estão localizadas no município de Ituiutaba.

A partir dos dados obtidos, procedeu-se à realização de análises estatísticas da ocorrência das precipitações no decorrer do período considerado. A partir dos dados diários, obtiveram-se os volumes mensais e anuais das precipitações, possibilitando, assim, compreender como se deu a sua variabilidade ao longo do tempo.

Nesta pesquisa, foram consideradas como precipitações extremas aquelas que registraram volumes a partir de 30mm no prazo de 24 horas. Este valor foi adotado com base em pesquisas que apontam o índice de 30mm como suficiente para causar um grande impacto na rotina de uma cidade, a depender da interação entre o escoamento pluvial e os demais elementos que compõem o espaço urbano. Os trabalhos de Barreto (2008), Silva (2013) e Santos (2015) são exemplos de investigações sob o viés da climatologia geográfica que utilizaram este índice pluviométrico em pesquisas sobre eventos chuvosos extremos.

A recorrência dessas precipitações foi obtida com base na frequência com que cada volume diário de chuva se repetiu no decorrer dos trinta anos. Carvalho e Silva (2006) detalham que para se obter a frequência dos volumes máximos de precipitação, os dados devem ser organizados em rol, do maior para o menor, de modo que o maior índice de chuva seja correspondente ao número 1 na lista ordinal (m), o segundo maior ao número 2 e assim por diante. Para o cálculo da frequência das precipitações a partir de 30mm/24h, utilizou-se a equação do Método da Califórnia:

$$F [X \geq x_t] = \frac{m}{n}$$

F : frequência

$X \geq x_t$: dado para o qual se deseja saber a probabilidade de ser repetido ou superado

m : número de ordem do dado

n : número de dias em observação (10958: quantidade de dias ao longo dos trinta anos)

O resultado da frequência é expresso em porcentagem e indica a probabilidade de, em um dia, ocorrer uma precipitação com volume igual ou superior à quantidade de milímetros em questão.

O tempo de retorno foi obtido aplicando-se outra fórmula:

$$T_r = \frac{1}{F}$$

T_r : tempo de retorno

1: constante da equação que ajusta o resultado da frequência (antes em %) em dias

F : frequência

O resultado do tempo de retorno indicou a quantidade de dias que cada índice pluviométrico levou, em média, para se repetir ou ser superado.

A variabilidade pluvial entre 1987 e 2016

A precipitação não é regular e homogênea no decorrer do tempo. Ela apresenta variações ao longo dos dias, dos meses, dos anos. As variações da frequência e intensidade das chuvas são registradas pelas estações meteorológicas e possibilitam conhecer melhor o regime das precipitações em um determinado local (ou região). Essa variação é um comportamento natural da atmosfera e é essencial para o entendimento do clima (Zavatinni; Boin, 2013).

Para a cidade de Ituiutaba, os dados dos volumes de chuva para o período de trinta anos considerados (1987 a 2016) refletem a naturalidade dessa variação, sendo observados índices de precipitação mensais e anuais muito distintos ao longo da série histórica (tabela 1).

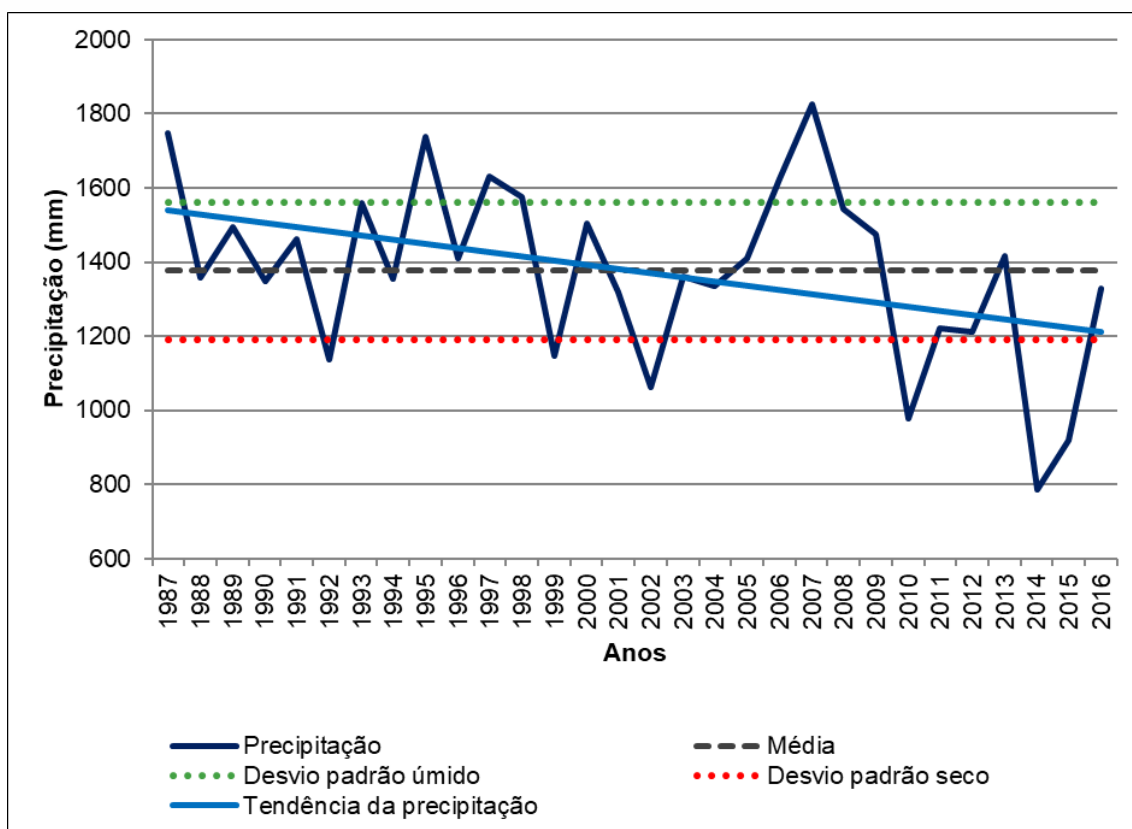
Tabela 1 – Chuvas mensais e anuais em milímetros (mm) em Ituiutaba

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1987	271,6	138,5	329,3	82,7	43,8	35,0	3,0	2,2	42,0	123,9	241,4	435,7	1749,1
1988	125,3	213,8	243,3	116,6	14,3	0	0	0	0	309,6	81,8	253,8	1358,5
1989	97,0	236,9	120,6	122,1	19,8	12,2	27	22,2	21,0	71,4	234,9	509,4	1494,5
1990	361,6	142,9	127,2	81,4	56,6	25,2	13,6	23,0	88,9	144,8	181,6	101,6	1348,4
1991	361,8	307,7	398,4	77,1	4,3	0	0	0	56,0	36,8	93,2	127,4	1462,7
1992	268,6	160,6	99,9	110,7	35,6	0	0	1,8	72,5	149,9	53,3	184,7	1137,6
1993	86,2	385,8	146,4	54,6	51,6	31,4	0	90,6	168,1	118,8	208,9	217,2	1559,6
1994	219,2	108,5	209,5	108,6	21,4	8,6	26,0	0	0	84,8	198,2	369,5	1354,3
1995	352,9	517,2	170,6	94,6	168,3	29,1	0	0	10,6	70,8	143,6	180,1	1737,8
1996	354,8	169,7	184,7	41,2	91,2	27,8	2,2	7,8	85,9	93,0	255	95,5	1408,8
1997	382,4	64,6	128,6	65,8	51,6	142,6	0	0	124,9	119,8	247,8	302,2	1630,3
1998	197,8	262,4	248,8	96,2	47,4	1,4	0	94,2	13,8	290,0	124,2	199,4	1575,6
1999	321,0	212,8	173,1	45,8	5,2	13,2	0,2	0	96,4	16,2	122,6	140,6	1147,1
2000	247,4	378,6	104,9	68,4	1,9	0	9,4	7,6	61,2	38,8	342,6	245,0	1505,8
2001	188,4	69,2	173,5	133,2	121,6	3,2	0	9,1	38,6	154,9	179,8	248,3	1319,8
2002	139,3	317,9	145,4	22,4	16,8	0	3,7	20	56,5	97,3	97,6	146,8	1063,7
2003	309,7	161,1	187,4	63,8	16,5	32,6	2,0	26,1	19,9	53,9	250,8	237,2	1361,0
2004	160,6	136,1	87,5	201,5	2,5	6,7	34,6	0	0	103,7	184,3	418,5	1336,0
2005	233,0	68,9	147,9	33,1	28,9	25,2	0,2	0,2	55,9	162,2	310,6	343,5	1409,6
2006	296,5	260,4	307,5	60,5	2,8	6,7	0	12,7	79,0	274,7	120,9	201,8	1623,5
2007	426,2	205,6	98,2	47,9	12,1	8,6	58,0	0	11,2	176,3	442,5	340,5	1827,1
2008	518,6	211,4	91,7	86,2	1,1	0,3	0	0,4	6,4	189,2	138,9	300,4	1544,6
2009	352,0	219,7	221,0	45,4	7,8	6,0	2,3	2,0	15,7	91,0	146,1	366,2	1475,2
2010	212,5	110,3	152,5	17,3	4,3	6,1	5,0	0,2	19,2	75,3	173,6	200,1	976,4
2011	225,0	86,9	295,6	46,5	0	2,0	0	0	6,4	121,4	187,7	248,9	1220,4
2012	311,4	277,8	123,0	46,7	26,8	12,0	4,8	0	39,3	39,0	79,2	252,0	1212,0
2013	160,5	186,8	249,0	158,4	6,7	11,0	3,0	0	36,5	75,4	203,2	327,2	1417,7
2014	209,8	130,3	124,1	85,5	0,3	1,2	57,6	0	42,9	13,2	81,1	41,5	787,5
2015	39,3	163,0	86,1	73,6	201,5	0	8,0	0	34,9	36,5	119,5	157,7	920,1
2016	248,2	170,5	83,1	0	24,0	31,2	0	33,5	0	88,2	315,4	334,5	1328,6
Média	256,0	202,5	175,3	76,3	36,2	16,0	8,7	11,8	43,5	114,0	185,3	250,9	1376,4

Fonte: ANA (2017). Org.; O autor.

A cidade de Ituiutaba, mediante os dados demonstrados na tabela, obteve como média anual de precipitação o volume de 1.376,4mm. Porém, houve grande variabilidade dos valores em relação à média. O maior volume de chuva foi registrado no ano de 2007 com 1.827,1mm e o ano mais seco foi observado em 2014, com 787,5mm, resultando em uma amplitude de 1.039,6mm. A variabilidade da precipitação pode ser analisada na figura 2.

Figura 2: Precipitação anual e tendência da precipitação – Ituiutaba/MG (1987 - 2016)



Fonte: ANA (2017). Org.: O autor.

Para classificar cada ano quanto ao volume da precipitação, ou seja, chuvoso, habitual e seco, procedeu-se ao cálculo do desvio padrão médio, chegando-se ao valor de 185,0mm. A soma da média (1.376,4mm) e do desvio padrão determinou o limite máximo da precipitação habitual (1.561,4mm.), e, a subtração do desvio padrão em relação à média definiu o seu patamar mínimo (1.191,4mm). Portanto, os anos classificados como chuvosos foram aqueles que registraram volumes excedentes a 1.561,4mm e os anos considerados secos os que apresentaram totais pluviais abaixo de 1.191,4mm.

No período de análise, obtiveram-se seis anos chuvosos e seis anos secos, sendo o ano de 2007 o mais chuvoso, com um total de 1.827,1 mm, seguido pelos anos de 1987 (1.749,1mm), 1995 (1.737,8mm), 1997 (1.630,3mm), 2006 (1.623,5mm) e 1998 (1.575,6mm). O ano mais seco foi 2014, com modestos 761,5mm; outros anos também considerados secos foram 2015 (920,1mm), 2010 (976,4mm), 2002 (1.063,7mm), 1992 (1.137,6mm) e 1999 (1.147,1mm). Para os demais anos, equivalentes a 60% do período, a precipitação variou dentro da faixa habitual.

No gráfico é demonstrada uma oscilação do volume da precipitação ao longo de todo o período, com alguns anos registrando-se excedentes pluviais, em outros ocorrendo escassez de chuva e ainda anos em que a precipitação variou dentro de uma faixa habitual. Esse comportamento, em princípio, deve ser encarado como uma característica natural do clima em Ituiutaba. “As alterações no comportamento atmosférico de um ano para outro não significam, necessariamente, variação de clima. É imprescindível que se produzam em uma sequência considerável de anos para definir uma tendência estatística indicadora de alteração.” (Conti, 2000, p.19).

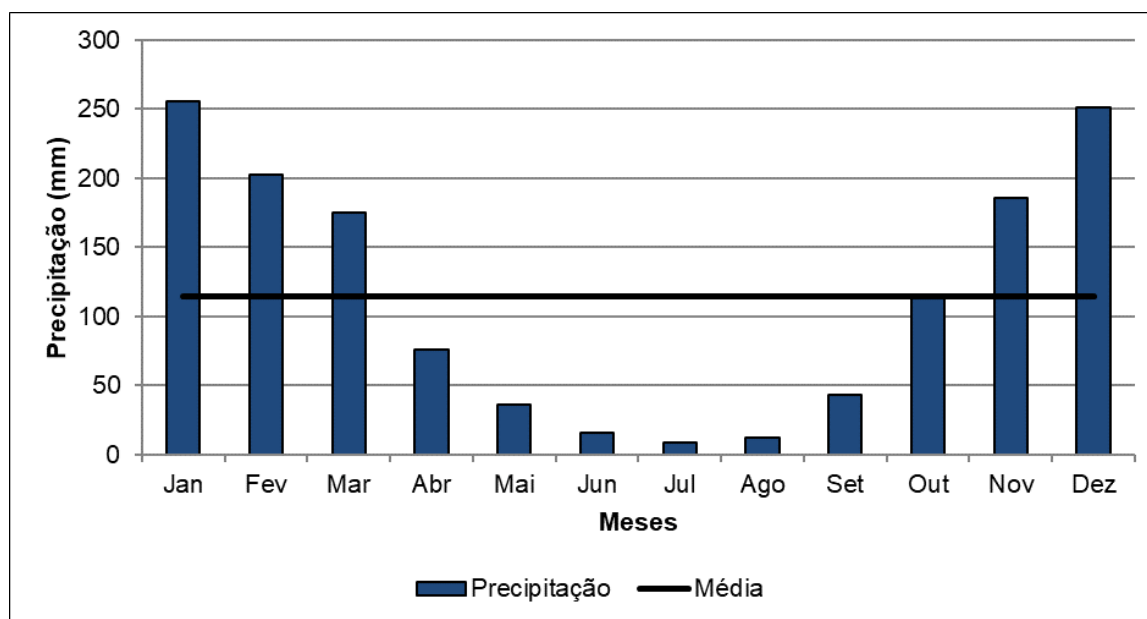
A reta de tendência linear destacada no gráfico demonstra que durante o período em análise, com a variação, os volumes anuais de precipitação apresentaram uma tendência de diminuição. Assinala-se que a média decenal também indica uma queda dos totais anuais de

chuva. A média da pluviosidade para o período entre 1987 e 1996 foi de 1.461,1mm, entre 1997 e 2006 foi de 1.397,2mm e entre 2007 e 2016 foi de 1.271mm.

Caso o monitoramento das precipitações registre a repetição de baixos volumes nos próximos anos, e a tendência de diminuição das chuvas se confirme, novas pesquisas poderão confirmar ou refutar a ideia de alterações no padrão das chuvas. No presente momento, ainda é prematuro determinar se o clima em Ituiutaba caminha para alguma mudança, pois, a ocorrência de volumes mais elevados de precipitação nos próximos anos poderá indicar que a variação das médias, por intervalos maiores de anos (como os decenais), seja também uma característica natural.

Em Ituiutaba, os meses chuvosos coincidem com as estações de primavera e verão, estendendo-se de outubro a março, enquanto o período de estiagem ocorre entre abril e setembro, durante o outono e o inverno (figura 3).

Figura 3: Média mensal de precipitação – Ituiutaba (1987 – 2016)

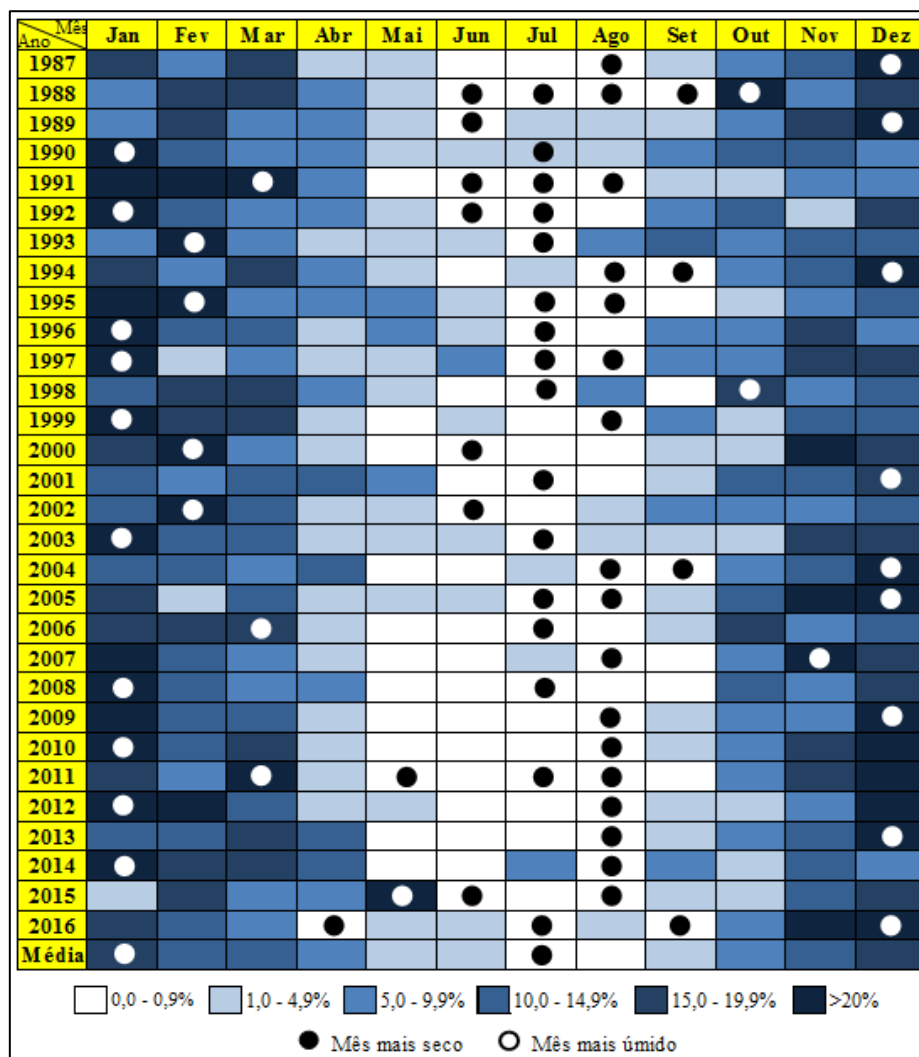


Fonte: ANA (2017). Org.: O autor.

A apreciação dos dados apontou para Ituiutaba uma precipitação média mensal de 114mm. Com isso, os meses com precipitações médias a partir desse valor foram considerados chuvosos e os inferiores considerados secos. Dessa forma, os meses úmidos foram janeiro (256mm), dezembro (251mm), fevereiro (202mm), novembro (185mm), março (175mm) e outubro (114mm). Já os meses secos são julho (9mm), agosto (12mm), junho (16mm), maio (36mm), setembro (43mm) e abril (66mm).

Apesar da maior frequência de chuvas nos meses de primavera e verão e estiagem durante o outono e o inverno, ocorreram variações significativas também nos índices pluviométricos de determinados meses. O mês de janeiro, apontado como o mais chuvoso (média 256mm), no ano de 2015 registrou apenas 39mm; ou seja, apenas 15,2% do volume habitual. Da mesma forma, houve uma excepcionalidade no mês de agosto em 1998; com média de 11,8mm, naquele ano foram registrados 94,2mm, um valor 798,3% maior do que o habitual. Esta variabilidade pode ser observada no pluviograma (figura 4) a seguir.

Figura 4: Pluviograma da cidade de Ituiutaba – 1987 a 2016



Fonte: ANA, 2017. Adaptado de Schröder (1956). Org.: O autor.

O pluviograma proposto por Schröder (1956) foi adaptado para representar a distribuição mensal das chuvas em Ituiutaba ao longo dos trinta anos. Para tanto, foram criadas seis categorias representativas da proporção da precipitação ocorrida em cada mês em relação ao total observado durante cada ano. Os meses mais secos foram representados pelas quadrículas em tons mais claros e os mais úmidos em tons de azul mais escuro. Nota-se, pelas quadrículas na cor branca, uma grande quantidade de meses em que foram registrados menos de 1% do volume total de chuva dos seus respectivos anos. Os círculos preenchidos na cor preta indicam o mês mais seco observado a cada ano; bem como os círculos preenchidos na cor branca apontam o mês mais chuvoso. A construção do pluviograma é uma representação complementar dos dados contidos na tabela 1 e permite a visualização do ritmo e da variabilidade das chuvas na escala temporal mensal, incluindo as excepcionalidades.

De acordo com o pluviograma, janeiro foi o mês que mais vezes se destacou como o mais chuvoso, 11 marcações, seguido por dezembro com 9 e fevereiro com 4. O mês de agosto foi destacado como o mais seco por 17 vezes, julho 16 e junho 7. Em alguns anos, mais de um mês foi assinalado como o mais seco, ocasiões em que o menor volume de chuva se repetiu. Nesses episódios, aconteceu de mais de um mês não ter registrado chuvas, observando-se a repetição do valor omm. Como exemplo, tem-se o ano de 1988, quando os meses de junho, julho, agosto e setembro não registraram chuvas.

A má distribuição da precipitação também está evidente nos anos de 2008 e 2013, quando durante 5 meses em sequência a precipitação foi inferior a 1% do total anual; e nos anos 1991, 2000, 2006, 2009, 2010 e 2011, quando o período de forte estiagem prevaleceu por 4 meses seguidos. Já o ano de 1990 apresentou uma melhor distribuição de chuva, pois a precipitação não deixou de ser registrada em nenhum mês. Os anos de 1993 e 2003 também não passaram por períodos prolongados de estiagem severa.

O mês de abril, apesar de apresentar um baixo valor médio de precipitação, habitualmente registra volumes de chuva muito superiores aos meses de junho, julho e agosto. Porém, no ano de 2016, juntamente com julho e setembro, não registrou a ocorrência de chuvas. Já o mês de maio, considerado de baixa pluviosidade, no ano de 2015 foi o que registrou o maior volume de chuva. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de meses como janeiro e fevereiro, que são mais chuvosos, estarem sob o efeito da escassez de chuvas que se estabeleceu em boa parte do país no ano de 2014 e início de 2015.

Após a análise da variabilidade pluvial centrada nas escalas temporais anuais e mensais, na sequência serão apresentadas as características rítmicas das precipitações extremas em escala diária.

As precipitações extremas

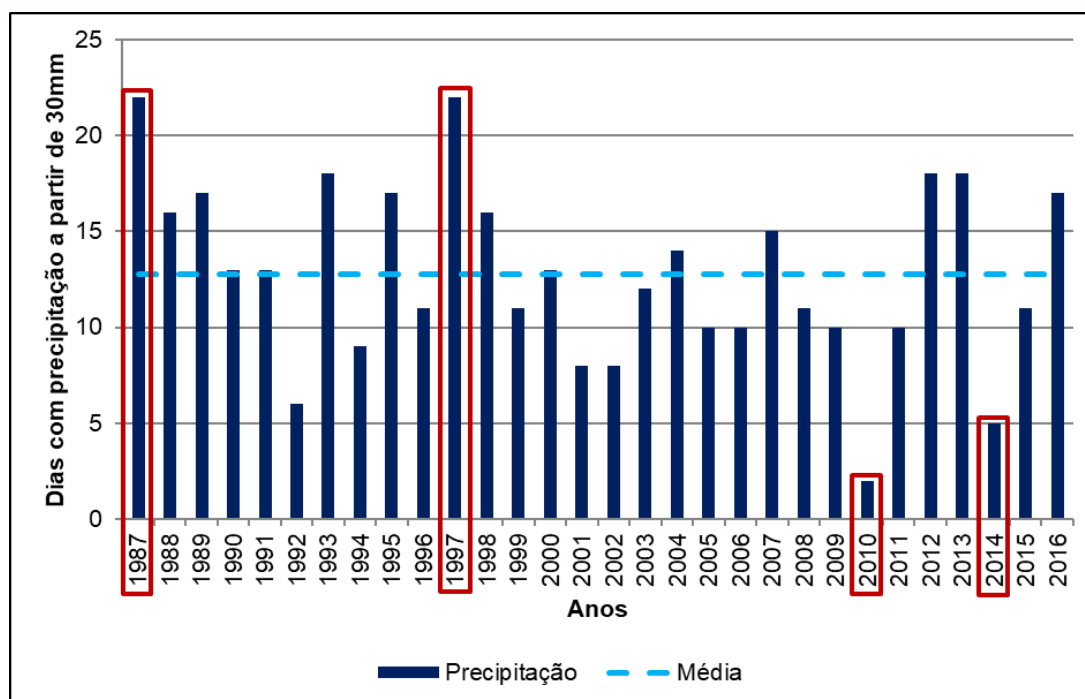
Ao abordar a literatura que tem como foco as precipitações extremas nos ambientes urbanos, constata-se que grande parte das produções consideram que chuvas a partir de 30mm registrados em um intervalo de 24 horas já podem causar impactos significativos na rotina de uma cidade.

Paz (2004) destaca que o cálculo da frequência é uma forma simples e rápida de se conhecer quantas vezes, ao longo do tempo, um dado volume de precipitação foi igualado ou superado. Porém, o autor ressalta que este procedimento é realizado com base em um banco de dados disponível, e que a sua estimativa é apenas um indício da probabilidade da ocorrência de uma precipitação, visto ser impossível estabelecer uma previsão exata de quando determinado volume de chuva ocorrerá novamente.

Ao analisar a frequência de chuvas a partir de 30mm em Ituiutaba, foram encontrados um total 383 registros para o período entre 1987 e 2016. A ocorrência de dias com tal volume de precipitação também apresentou marcante variação anual e mensal ao longo do período entre 1987 e 2016 (figura 5).

A figura 5 demonstra ter havido anos com grande quantidade de chuvas intensas e anos com escassez desses eventos. A média de precipitações a partir de 30mm/24h é de 12,8 ocorrências por ano. Porém, o registro anual de chuvas com tal intensidade teve forte variação durante o período analisado. Os anos de 1987 e 1997 foram os que apresentaram a maior quantidade de dias com chuvas intensas, ambos com 22 ocorrências. Já os anos com menos registros de chuvas intensas foram 2010 e 2014, com apenas 2 e 5 ocorrências, respectivamente.

Figura 5: Quantidade de dias/ano com chuvas a partir de 30mm – Ituiutaba (1987 a 2016)

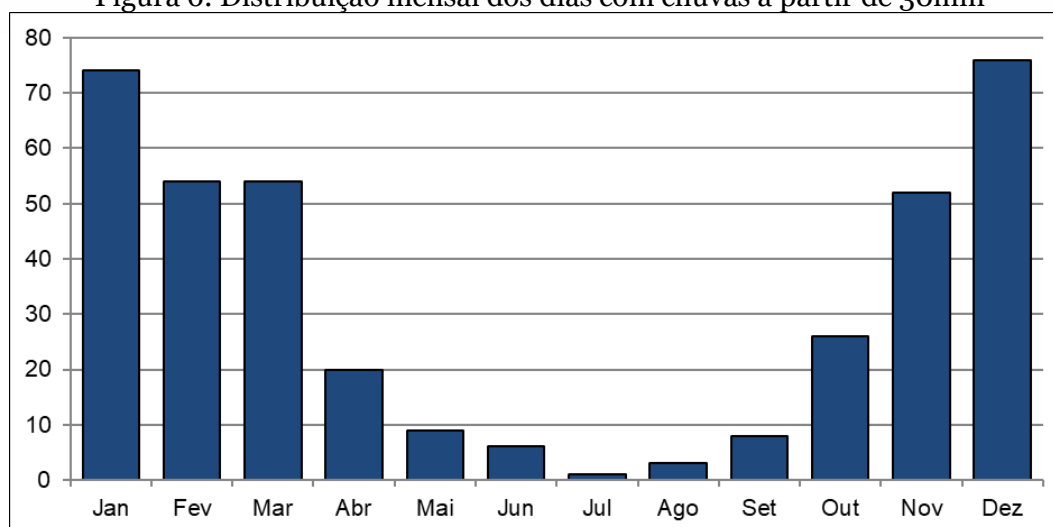


Fonte: ANA, 2017. Org.: O autor.

No gráfico dos totais anuais de precipitação (figura 2) verifica-se que os anos de 1987 e 1997 foram considerados chuvosos, por terem registrado totais de precipitação bem superiores à média anual, e, os anos de 2010 e 2014 foram considerados secos, com precipitações muito abaixo da média. Nesses anos, o volume anual de precipitação e a quantidade de ocorrências de chuvas intensas deram indícios da seguinte relação: anos úmidos registraram mais dias com chuvas intensas, ao passo que anos secos contaram com poucas ocorrências de precipitações concentradas.

A quantidade de dias por mês com chuvas a partir de 30mm ao longo do período analisado também demonstra grande oscilação no decorrer do ano (figura 6). Os meses que concentraram a maior quantidade de dias com chuvas intensas foram dezembro com 76 ocorrências (19,84% do total) e janeiro com 74 (19,32%). Os meses que obtiveram os menores índices foram julho com 1 ocorrência (0,26%) e agosto com 3 (0,78%).

Figura 6: Distribuição mensal dos dias com chuvas a partir de 30mm



Fonte: ANA, 2017. Org.: O autor.

Comparando-se o gráfico da distribuição mensal das precipitações intensas (figura 6) com o das médias mensais da precipitação (figura 3), percebe-se uma grande semelhança entre suas variações. A estação mais úmida (de outubro a março) concentrou a maior parte das ocorrências de dias com chuvas a partir de 30mm, o equivalente a 87,7% das 383 ocorrências. Já o período tipicamente seco (abril a setembro) contou com apenas 12,3% do total de dias com chuvas a partir de 30mm. A tabela 2 indica a tendência de serem mais frequentes as precipitações menos intensas, diminuindo a sua ocorrência à medida que se eleva a faixa de precipitação.

Tabela 2 – Frequência de dias com precipitação a partir de 30mm – 1987 a 2016

Faixa de precipitação	Ocorrências	Porcentagem
Acima de 100mm	4	1,04
90 a 99,9mm	9	2,35
80 a 89,9mm	6	1,57
70 a 79,9mm	19	4,96
60 a 69,9mm	29	7,57
50 a 59,9mm	50	13,05
40 a 49,9mm	89	23,24
30 a 39,9mm	177	46,21
Total	383	100

Fonte: ANA, 2017. Org.: O autor.

Dentre as precipitações extremas, a faixa que mais concentrou ocorrências foi a mais baixa, entre 30 e 39,9mm, com 177 registros; o que representa quase a metade (46,21%) de todas as precipitações a partir de 30mm. Na faixa mais extrema de precipitações, aquelas acima de 100mm, foram registradas apenas 4 ocorrências em trinta anos; o que equivale a 1,04% do total.

Na tabela 3 estão representados a frequência, o tempo de retorno e a recorrência de alguns índices pluviométricos diários a partir de 30mm. Para melhor entendimento da representatividade temporal apresentada na frequência e no tempo de retorno, na coluna da recorrência a quantidade de dias foi convertida em anos e meses.

Tabela 3 - Recorrência de volumes de precipitação em Ituiutaba-MG

Precipitação (mm)	Ordem	Frequência para o período (%)	Frequência em dias com chuva (%)	Tempo de retorno (dias)	Recorrência
154	1	0,0091	0,0321	10958	1 vez a cada 30 anos
109	2	0,0183	0,0643	5479	1 vez a cada 15 anos
108	3	0,0274	0,0964	3653	1 vez a cada 10 anos
102	4	0,0365	0,1285	2740	1 vez a cada 7 anos e meio
90	13	0,1186	0,4177	843	1 vez a cada 2 anos e 3 meses
80	19	0,1734	0,6105	577	1 vez a cada 1 ano e 7 meses
70	38	0,3468	1,2211	288	1,3 vezes ao ano
60	67	0,6114	2,1530	164	2,4 vezes ao ano
50	117	1,0677	3,7596	94	4 vezes ao ano
40	206	1,8799	6,6195	53	7 vezes ao ano
30	383	3,4952	12,3072	29	13 vezes ao ano

Fonte: ANA, 2017. Org.: O autor.

A partir do cálculo da frequência, foi obtida a probabilidade de ocorrerem chuvas em cada faixa de precipitação. Portanto, as chances de, em um dia qualquer, ocorrer novamente uma precipitação que iguale ou supere os 154mm é muito baixa, igual 0,0091%. À medida que se diminui o volume da precipitação, as probabilidades aumentam, sendo de 3,5% para chuvas de 30mm.

Aplicando-se a mesma equação somente para os dias em que ocorreram chuvas, as probabilidades aumentam. No decorrer dos 30 anos analisados, foram registrados 3.112 dias com chuvas. Portanto, sem considerar as condições atmosféricas e a sazonalidade da precipitação, a chance de, no próximo episódio chuvoso, o volume se igualar ou superar os 154mm é de 0,03%. Já para uma chuva que supere ou iguale 30mm a probabilidade é de 12,3%.

Quanto à recorrência das chuvas, a tabela aponta que o maior índice pluviométrico (154mm) registrado apenas uma vez ao longo da série histórica, tende a ocorrer uma vez a cada trinta anos. Precipitações iguais ou superiores a 30mm ocorreram 383 vezes; o que leva a considerar que chuvas a partir desse volume ocorrem, em média, 13 vezes ao ano.

Como se pode observar na tabela 4, os meses em que mais ocorreram precipitações foram janeiro (57,5% dos dias), dezembro (54,6%) e fevereiro (51,5%); e os meses com menos ocorrências foram julho (3,2%), agosto (5,2%) e junho (5,6%). Para o período de 30 anos, os dias com chuvas representaram 28,4% do total.

Tabela 4 – Distribuição mensal dos dias com chuvas e dos dias com chuvas a partir de 30mm

	Total de dias	Dias com chuvas	% dias c/ chuva	Dias c/ 30mm	% dias c/ 30mm em relação ao total de dias	% dias c/ 30mm em relação aos dias c/ chuva
Jan	930	534	57,4	74	8	13,9
Fev	848	437	51,5	54	6,4	12,4
Mar	930	388	41,7	54	5,8	13,9
Abr	900	193	21,4	20	2,2	10,4
Mai	930	108	11,6	9	1	8,3
Jun	900	50	5,6	6	0,7	12
Jul	930	30	3,2	1	0,1	3,3
Ago	930	48	5,2	3	0,3	6,3
Set	900	149	16,6	8	0,9	5,4
Out	930	272	29,2	26	2,8	9,6
Nov	900	395	43,9	52	5,8	13,2
Dez	930	508	54,6	76	8,2	15
Total	10958	3112	28,4	383	3,5	12,3

Fonte: ANA, 2017. Org.: O autor.

A frequência mensal das chuvas a partir de 30mm foi mais elevada nos meses em que tanto o volume da precipitação quanto a quantidade de dias com registros de chuva foram maiores. O mês que mais registrou chuvas intensas foi dezembro; as 76 ocorrências representam que em 8,2% do total de dias choveu a partir de 30mm. Outros meses em que foram frequentes as chuvas intensas foram janeiro (8%), fevereiro (6,4%), março e novembro (ambos com 5,8%). Os meses em que as chuvas intensas foram menos frequentes foram julho (0,1%), agosto (0,3%) e junho (0,7%). A ocorrência de dias com chuvas a partir de 30mm foi de 3,5% do total de dias da série histórica.

A tabela apresenta ainda a porcentagem das ocorrências de chuvas a partir de 30mm em relação aos dias em que foram registradas precipitações. A dinâmica pluvial dos 30 anos observados serviu para se conhecer a probabilidade de, em um dia com chuva, se alcançar ou superar o volume de 30mm. Percebe-se que as chances são maiores para o mês de dezembro (15%), janeiro e março (13,9% cada). Os meses em que é menos provável que os episódios chuvosos alcancem os 30mm são julho (3,3%), setembro (5,4%) e agosto (6,3%).

Considerações finais

A partir dos resultados da pesquisa, é possível estabelecer algumas relações acerca da variabilidade pluvial e da frequência das precipitações extremas na cidade de Ituiutaba. A regressão linear dos totais anuais de precipitação indicou a tendência de declínio das chuvas. Esta tendência também foi observada levando-se em consideração as médias decenais da precipitação, que apresentaram uma queda de aproximadamente 100mm de chuva a cada 10 anos.

Constatou-se que os anos mais chuvosos, pelo incremento da umidade, favorecem a ocorrência das precipitações extremas, ao passo que os anos mais secos evidenciam uma baixa frequência das chuvas mais intensas. O mesmo padrão foi observado em relação aos meses do ano; a distribuição mensal das precipitações extremas ficou muito semelhante à distribuição das chuvas ao longo do ano, sendo mais frequentes no meio da estação chuvosa, correspondendo aos meses mais úmidos: dezembro e janeiro.

Apesar dos resultados, é prematuro relacionar a tendência de diminuição da precipitação anual em Ituiutaba a um possível processo de mudança climática. Tal afirmação só poderá ser comprovada mediante a continuidade do monitoramento das chuvas e constatação de efetivas alterações nos padrões da precipitação, associados aos padrões de

outros fatores, como temperatura, umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos. No tocante às precipitações extremas, mudanças climáticas poderiam acarretar, também, alterações em sua frequência, intensidade e período de ocorrência ao longo do ano.

Por fim, salienta-se que o conhecimento da dinâmica pluvial é de suma importância para a organização do espaço urbano em Ituiutaba. Os 154mm do índice máximo de precipitação registrado, apesar de ter ocorrido apenas uma vez ao longo dos trinta anos analisados, não deve ser desprezado; pois, se já aconteceu uma vez, é possível que um evento chuvoso de mesma dimensão possa ocorrer novamente. Perante isso, cabe à administração pública conduzir o uso e ocupação do espaço de modo que a infraestrutura de drenagem urbana suporte eventos dessa magnitude, diminuindo os riscos ao qual a população está submetida.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Hidroweb**. 2016. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 25 mar. 2017.

BARRETO, R. **Identificação de áreas susceptíveis a eventos extremos de chuva no Distrito Federal**. 2008. 194 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da. Precipitação. In: _____: **Hidrologia**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. p.33 59. Apostila. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2017.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINNI, J. A. (Org.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas**. Maringá: Eduem, 2000. p. 17-28.

FONSECA, R. G. **Risco hidrológico: precipitações extremas, enchentes e alagamentos na cidade de Ituiutaba (MG)**. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2017.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos Pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima Urbano**. 2. ed, São Paulo: Contexto, 2015. p. 69-91.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**: Minas Gerais: Ituiutaba (MG) População estimada. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ituiutaba/panorama>. Acesso em: 10 fev. 2024.

MONTEIRO, C. A. F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. São Paulo: USP/IG, 1973.

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

PAZ, A. R. da. **Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004. 138 p. Apostila. Disponível em: http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf. Acesso em: 28 abr. 2017.

SANTOS, J. G. **Variabilidade pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba-MG**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

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

SILVA, E. M. **A cidade e o clima**: impactos das precipitações concentradas e as tendências climáticas em Uberlândia-MG. 2013. 346 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

ZAVATTINI, J. F.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica**: teoria e prática de pesquisa. Campinas: Editora Alínea, 2013. 150 p.

Recebido em: 17/06/2025.
Aprovado para publicação em: 14/12/2025.