

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE MARINGÁ-PR

Eric Willian Correa dos Santos¹; Lais Ferrer Amorim de Oliveira² & Cláudia Telles Benatti³

Abstract: In a global scenario with increasingly frequent extreme events, understanding the characteristics of the rainfall regime in urban environments in order to be able to make more accurate forecasts and design drainage systems in an integrated, sustainable and efficient way is an indispensable aspect of building resilient cities. In this context, this paper aimed to statistically study the rainfall regime in the municipality of Maringá-PR-BR, characterizing its spatial distribution, seasonal variation, average annual accumulated and most frequent, data normally required in drainage project sizing. These results were compared with the results of previous studies, in order to verify the existence of climate change impacts on the data series. By surveying the existing rainfall stations, it was possible to draw the areas of influence and calculate the annual accumulations, covering the periods from 1961 to 2025, showing low spatial variability. Next, the station with the longest time series of data was selected to study seasonal variation and characterize the rainfall regime, the conventional station at UEM. The calculations showed an average daily rainfall of 14.02 mm, with the most frequent accumulated daily value of 7.60 mm and a maximum value of 151.50 mm, with maximums outliers varying between 151.50 mm and 46.00 mm. A cumulative frequency distribution analysis also showed that only 5% of rainfall events exceeded 50 mm. Finally, the monthly analysis showed the seasonal variability typical of the region, with wetter summers and drier winters.

Resumo: Em um cenário global com eventos extremos cada vez mais frequentes, entender as características do regime pluvial de ambientes urbanos para ser capaz de realizar previsões mais acuradas e projetar sistemas de drenagens de forma integrada, sustentável e eficiente é quesito indispensável na construção de cidades resilientes. Neste contexto, o presente trabalho objetivou estudar estatisticamente o regime pluviométrico do município de Maringá-PR-BR, caracterizando sua distribuição espacial, variação sazonal, acumulados anuais médios e mais frequentes, dados normalmente exigidos em dimensionamento projetos de drenagem. Esses resultados foram comparados com resultados de estudos anteriores, visando verificar a existência de impactos das mudanças climáticas nas séries de dados. Com o levantamento das estações pluviométricas existentes, pôde-se desenhar as áreas de influência e calcular os acumulados anuais, abrangendo os períodos de 1964 a 2024, demonstrando baixa variabilidade espacial. Na sequência, foi selecionada a estação com a série temporal mais longa de dados para estudo da variação sazonal e caracterização do regime pluviométrico, a estação convencional da UEM. Os cálculos mostraram uma precipitação média diária de 14,02 mm, com valor acumulado diário mais frequente de 7,60 mm e valor máximo de 151,50 mm, sendo que os máximos atípicos variaram entre 151,50 mm e 46,00 mm. Também, a análise da distribuição de frequência acumulada mostrou que apenas 5% dos eventos pluviométricos ultrapassaram 50 mm. Por fim, a análise mensal evidenciou a variabilidade sazonal típica da região, com verões mais úmidos e invernos mais secos.

1) UEM – Universidade Estadual de Maringá e PEU – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

2) USP – Universidade de São Paulo

3) UEM – Universidade Estadual de Maringá e PEU – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Palavras-Chave – precipitação; série temporal; análise estatística.

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por precipitação toda água da atmosfera que atinge a superfície terrestre, podendo ser na forma de chuva, neve, granizo ou neblina, o que os diferencia é o estado que a água se encontra. Para a hidrologia, a forma de precipitação mais relevante é a chuva, pela sua capacidade de gerar escoamento, uma vez que se trata da água na forma líquida na atmosfera. A chuva geralmente é medida por pluviômetros, em forma de milímetros de chuva precipitada. Estes pluviômetros podem ser manuais (também chamados convencionais) ou automáticos. Dentre as variáveis de uma chuva estão a duração, sendo o período de duração do evento em horas ou minutos, a altura, dada pela espessura lâmina d'água (em milímetros) que cobriria uma região plana e impermeável, a intensidade, sendo a altura dividida pela duração, e a frequência, dada pela quantidade de eventos que se igualam ou superam determinada chuva [Collischonn e Dornelles (2013); Tucci (1993); Chow *et al.* (1988)].

As chuvas podem sofrer variações dependendo do local ou da estação do ano. A variabilidade espacial trata-se da variação de precipitação dependendo da localização no espaço, ou seja, dois pluviômetros localizados em pontos diferentes podem registrar uma altura diferente para um mesmo evento. Já a variabilidade sazonal trata-se da variação das chuvas dependendo da época do ano, sendo que algumas regiões podem possuir maior variabilidade, com estações muito úmidas e estações muito secas. Em geral o verão apresenta maiores chuvas [Collischonn e Dornelles (2013)].

O conceito de drenagem urbana teve por muito tempo o objetivo principal de remover as águas pluviais em excesso, o escoamento superficial, da maneira mais eficiente possível. As melhores e mais eficientes soluções de drenagem são feitas quando há uma compreensão ampla do ambiente urbano e das relações entre seus sistemas. Sendo assim, um estudo da bacia hidrográfica local é de grande importância para o projeto de drenagem, o que inclui a caracterização do escoamento superficial e, consequentemente, das chuvas [Tucci (1993)].

Uma das maneiras de tratar dados brutos é por meio de métodos estatísticos. De maneira geral, existem três métodos mais utilizados: moda, mediana e média. A moda trata-se do conjunto de dados mais frequentes na série, ou seja, os valores que mais se repetem. A mediana é o valor que ocupa a posição central de uma série observada, quando os valores são organizados de forma crescente ou decrescente. Por fim, a média ou média aritmética é a soma dos valores da série dividida pela quantidade de valores na série [Bussab e Morettin (2009)].

Para a elaboração de um projeto de drenagem urbana eficiente é necessário entender as características das chuvas da região. Sendo assim, este estudo visa caracterizar as chuvas da cidade de Maringá, no estado do Paraná, Brasil, por meio de métodos estatísticos. A caracterização das chuvas da região possibilitará o dimensionamento de uma rede de drenagem mais eficiente no futuro.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Maringá está localizada ao noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil, nas coordenadas 23° 25' 30" S, 51° 56' 20" O. De acordo com as imagens de satélite do Google e CBERS-4A, a cidade está localizada entre os trópicos, portanto apresenta clima subtropical úmido. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ela possui uma área de 487,026 km² e uma população de 409.657 habitantes no ano de 2022, estimada para 425.983 para o ano de 2024, sendo assim considerada uma cidade de médio porte. Ela está a uma altitude média entre 500 a 600 metros acima do nível do mar, segundo os dados altimétricos disponibilizados pela prefeitura e calculados utilizando-se do software QGIS.

2.2. Métodos

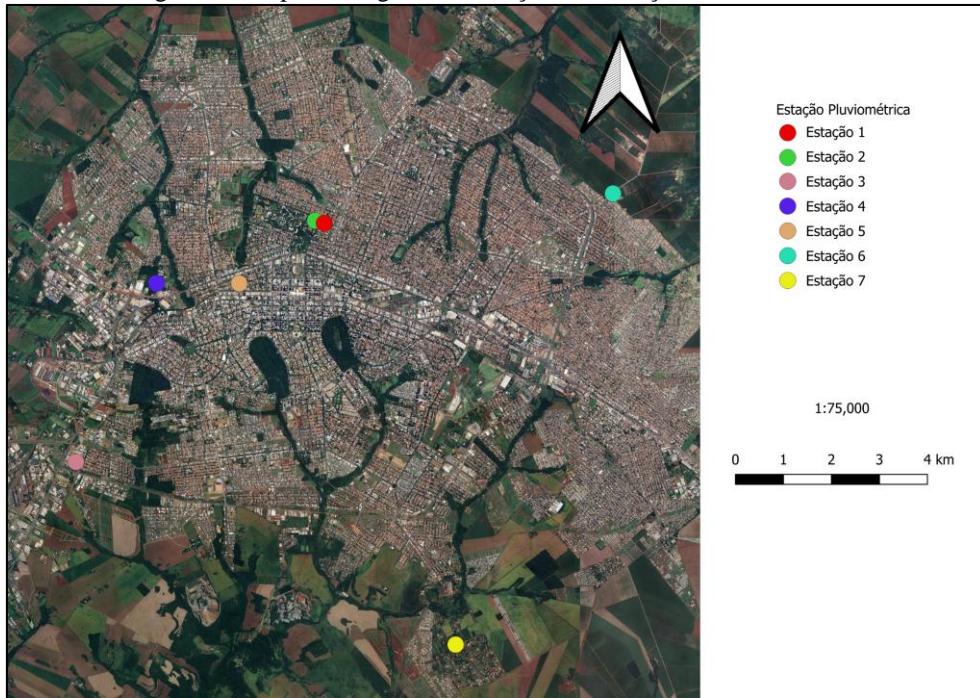
Os dados de precipitação foram obtidos por meio dos websites do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e Hidroweb, da ANA (Agência Nacional de Águas). Os dados estão disponíveis em formato .csv, sendo necessário o *software* Microsoft Excel para visualizá-los e para fazer o tratamento destes dados.

Para esta análise foram considerados os dados das sete estações pluviométricas disponíveis na cidade de Maringá, conforme apresentado no Quadro 1. A distribuição das estações pluviométricas na cidade de Maringá está apresentada na Figura 1 a seguir.

Quadro 1 - Estações Pluviométricas Disponíveis em Maringá

#	Estação	Código	Localização	Início das medições	Fim das medições	Fonte dos dados
1	UEM (automática)	A835	23° 24' 19" S 51° 55' 58" W	20/11/2006	Em operação	INMET
2	UEM (convencional)	83767	23° 24' 19" S 51° 55' 58" W	31/01/1961	Em operação	INMET
3	MARINGA-SE	2351067	23° 27' 0" S 51° 58' 58.8" W	31/01/1987	31/05/2000	Hidroweb
4	MARINGA (CTNP)	2351014	23° 25' 1.2" S 51° 58' 1.2" W	31/12/1947	10/31/1960	Hidroweb
5	MARINGÁ	2351013	23° 25' 1.2" S 51° 57' 0" W	31/10/1961	01/05/2023	Hidroweb
6	VALE AZUL	2351044	23° 29' 2.4" S 51° 54' 21.6" W	01/12/1975	01/12/2024	Hidroweb
7	GUAIAPÓ	2351045	23° 24' 0" S 51° 52' 26.4" W	01/12/1975	01/11/2024	Hidroweb

Figura 1 - Mapa Maringá - Localização das Estações Pluviométricas



Primeiramente, foram utilizados os dados mensais de cada estação pluviométrica para o cálculo das precipitações médias e totais anuais. Como alguns anos apresentavam falhas nos registros, optou-se por considerar apenas os anos com dados completos, ou seja, aqueles que possuíam medições disponíveis para todos os 12 meses. Por fim, as precipitações totais anuais foram somadas, obtendo-se a precipitação total de toda a série de dados. Esse valor foi então dividido pelo número de anos válidos, obtendo-se a média anual de precipitação para a respectiva estação pluviométrica. Para fins de comparação, também foi realizado o mesmo procedimento, mas analisando dados de um mesmo período.

Esse procedimento teve como objetivo verificar a existência de variabilidade espacial significativa na precipitação da cidade de Maringá. Para isso, foi elaborado um mapa temático da cidade que representa de forma visual essa variabilidade, utilizando simbologia proporcional ao valor médio de precipitação de cada pluviômetro, no intervalo de 1.000 mm a 2.000 mm. A elaboração do mapa foi realizada no software QGIS, versão 3.38.3.

Em seguida, foi necessário analisar qual estação pluviométrica melhor representava a região de Maringá. Os critérios utilizados foram a extensão da série histórica, ou seja, quando estação pluviométrica entrou em operação, a disponibilidade de dados não apenas mensais, mas também diários, e se a estação pluviométrica ainda está em operação, ou seja, apresenta dados até o presente dia do estudo.

Com a estação escolhida, foi calculada a média, mediana e moda para os dias chuvosos. Para isso, foram utilizados os dados diários disponíveis no INMET. Primeiramente, foram excluídos os dias que não apresentavam dados, apenas indicados por *null*. Em seguida, foram excluídos também os dias que não apresentavam precipitação, deixando apenas os dias chuvosos.

Com os dados dos dias chuvosos, foram utilizadas as funções do Microsoft Excel para calcular a média, mediana e moda, além das funções para organizar os dados de forma crescente e decrescente para realizar a análise das precipitações máximas e mínimas. Foi então elaborado um gráfico de distribuição de frequência acumulada.

Para a análise de sazonalidade da cidade, foram somadas as precipitações de todos os meses da série histórica considerada, para então serem divididas pelo número de anos analisados. Para a análise de precipitação total, foram utilizados apenas os anos com dados para todos os 12 meses.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Média das Precipitações Anuais

Com base nos dados de precipitação média mensal das sete estações pluviométricas selecionadas para o município de Maringá, obtidos junto ao INMET e à plataforma Hidroweb, foram calculadas as médias anuais de precipitação, conforme apresentado na Tabela 1. A tabela inclui a identificação das estações, as médias anuais de precipitação e o número de anos considerados em cada série, sendo incluídos apenas os anos com registros completos para todos os meses.

Tabela 1 – Médias Anuais para Cada Estação Pluviométrica

#	Estação	Precipitação média anual (mm)	Quantidade de anos analisados	Desvio padrão (mm)
1	UEM (automática)	1599,96	10	308,27
2	UEM (convencional)	1649,84	47	308,18
3	MARINGA-SE	1583,39	12	208,66
4	MARINGA (CTNP)	1525,98	12	256,26
5	MARINGÁ	1644,88	47	296,72
6	VALE AZUL	1569,95	47	281,12
7	GUAIAPÓ	1585,39	48	297,96

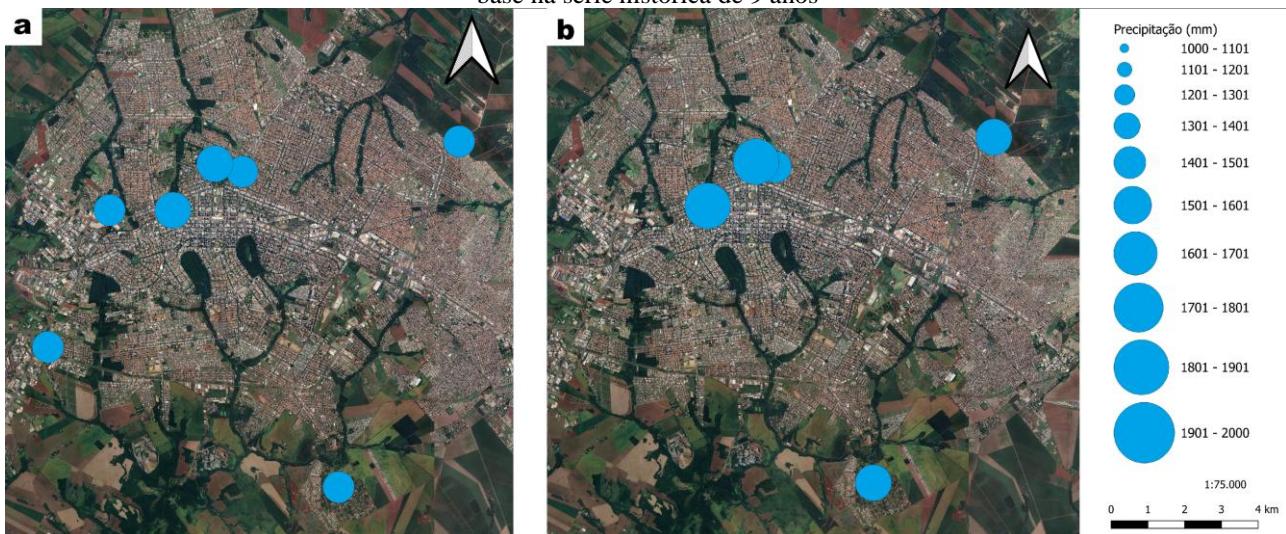
Esses resultados estão de acordo com os resultados encontrados por Minaki (2024), que analisou o período de 1980 a 2020. No estudo de Minaki (2024), as médias anuais variaram entre 1300 mm e 2700 mm, com a maioria dos valores aproximando-se de 1500 mm a 1600 mm, assim como os resultados encontrados na Tabela 1, o que indica que mesmo com uma série de dados menor, os valores de precipitação média anual da cidade de Maringá convergem para um mesmo resultado, não havendo grandes variações desde que iniciou-se as medições.

Com os resultados disponíveis, elaborado um mapa com as precipitações médias anuais registradas em cada estação pluviométrica (Figura 2a). Para permitir uma análise comparativa consistente entre as estações, foram considerados ainda apenas os dados correspondentes ao mesmo período de monitoramento. Nesse processo, as estações 3 e 4 foram excluídas por não apresentarem dados atualizados, e passaram a ser considerados registros apenas a partir de 2006, ano em que estação 1 entrou em operação. Além disso, apenas foram considerados anos que apresentaram dados em todos os 12 meses, conforme critério adotado anteriormente. Com base nesses critérios, os anos incluídos na análise foram: 2007, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2021, totalizando uma série histórica de nove anos. Os resultados estão apresentados na Tabela 2. A partir desses resultados foi elaborado um mapa de variabilidade espacial, apresentado na Figura 2b.

Tabela 2 – Médias Anuais para Cada Estação Pluviométrica

#	Estação	Precipitação média anual (mm)	Desvio padrão (mm)
1	UEM (automática)	1594,22	326,40
2	UEM (convencional)	1826,08	429,98
5	MARINGÁ	1819,80	427,96
6	VALE AZUL	1660,11	374,36
7	GUAIAPÓ	1669,69	397,96

Figura 2 – Médias Anuais de Precipitação em Maringá: (a) dados completos por estação; (b) distribuição espacial com base na série histórica de 9 anos



Nota-se que não há grande variabilidade entre os dados de precipitação registrados pelas diferentes estações. Quando considerados todos os dados disponíveis, como na Figura 2a, a diferença entre o maior valor calculado (1649,84 mm) e o menor valor calculado (1525,98) para a média anual foi de 123,86 mm ao ano ou 8,12%. Enquanto para a análise comparativa entre os mesmos anos, como na Figura 2b, a diferença entre o maior valor (1826,08) e o menor valor (1594,22) foi de 231,86 mm ao ano ou 14,55%. Isso indica que a cidade de Maringá não sofre um efeito considerável da variação espacial. Isso pode ser explicado pela área reduzida do município e pelo relevo com poucas elevações, sendo em sua grande maioria plano ou com baixas inclinações. No entanto, vale ressaltar que as médias para as duas estações localizadas no mesmo local (estações 1 e 2) apresentaram a maior diferença para o período estudado.

3.2. Escolha da Estação Pluviométrica Utilizada para Análise

Os dados disponíveis pelo Hidroweb apresentam apenas dados de precipitação mensais, enquanto os dados disponibilizados pelo INMET apresentam dados de precipitação mensais, diários e horários.

Sendo assim, as estações pluviométricas 1 e 2 são as mais recomendadas para realizar o estudo estatístico da precipitação. Além disso, apesar da grande disponibilidade de dados históricos, as estações pluviométricas 3 e 4 não estão mais em operação. Também, tem-se que as estações pluviométricas 5, 6 e 7 não possuem dados atualizados para o ano de 2025.

Por fim, dentre as duas estações pluviométricas recomendadas, a estação 2 foi selecionada para a análise, por apresentar a série histórica mais longa em comparação à estação 1, que iniciou suas operações em 2006. No entanto, considerando a baixa variabilidade espacial dos dados de precipitação, é possível utilizar dados de precipitação de outras estações pluviométricas para preencher falhas se necessário.

3.3. Análise das Chuvas

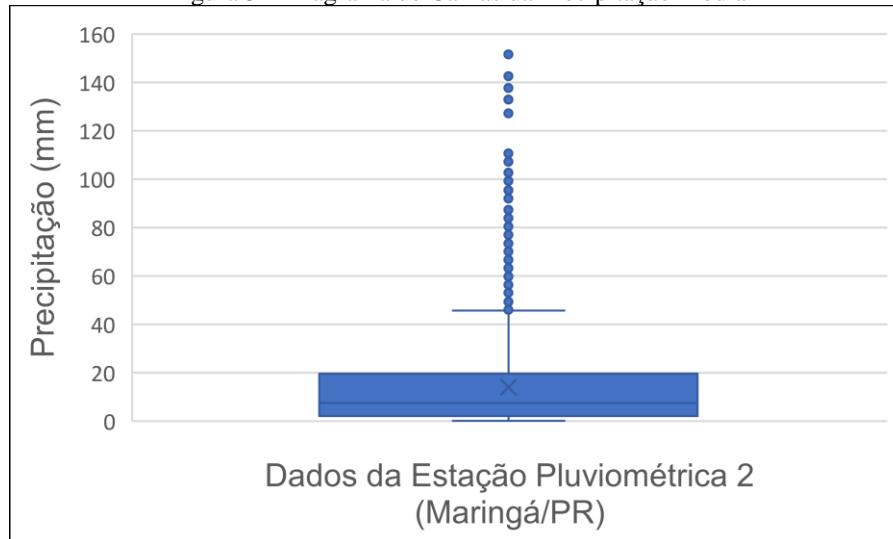
Utilizando os dados da estação pluviométrica 2, foram calculadas a média, mediana e moda dos dados de precipitação diárias, abrangendo dados entre os anos de 1961 a 2024. Primeiramente, foram excluídos os dias que não apresentavam dados (representados pelo valor *null*). Desta forma, dos 23.528 dias presentes na série histórica desde janeiro de 1961, restaram 19.864 dias com dados de precipitação, ou seja, foram excluídos 3.664 dias sem dados. Além disso, como o objetivo foi analisar os dados de chuva, foram excluídos os dados de dias com 0 mm de precipitação, ou seja, dias que não choveram. Logo, restaram 6.437 dias chuvosos (32,4% de todos os dias com dados disponíveis) a serem analisados. Os resultados encontrados estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Média, mediana e moda

Média	14,02 mm
Desvio Padrão	17,19 mm
Mediana	7,60 mm
Moda	1,00 mm

Tem-se então que a precipitação média da região foi de 14,02 mm, o que indica que os episódios pluviométricos em Maringá são, em média, de intensidade moderada. Nota-se também que a mediana foi de 7,6 mm de chuva, logo é possível dizer que 50% das precipitações do município de Maringá são maiores ou iguais a 7,6 mm de chuva e 50% são menores. No entanto, é possível perceber que a média está acima da mediana. Além disso, a moda mostra que a precipitação que ocorre com maior frequência da região apresenta 1,0 mm de precipitação. Essa chuva se repetiu 178 vezes em toda a série histórica, ou 2,77% da série. A Figura 3 representa um diagrama de caixas que demonstra esses resultados.

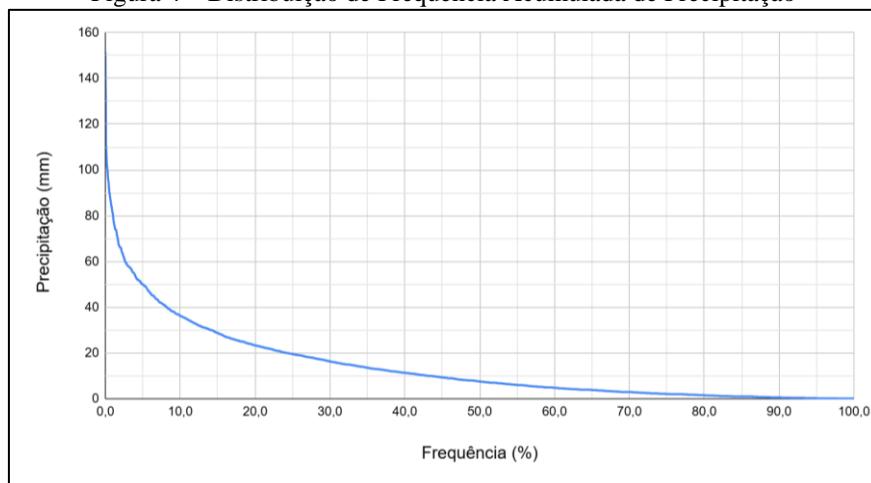
Figura 3 – Diagrama de Caixas da Precipitação Média



Da Figura 3, tem-se que as precipitações da região em sua grande maioria variam entre 2,1 mm e 20 mm, ou seja, as chuvas frequentemente tem uma altura baixa. Também é possível notar que os valores superiores, variando entre 19,60 mm e 45,7 mm, possuem uma amplitude muito maior que os valores inferiores, que variam apenas entre 0,1 mm e 2,1 mm. Os dados não possuem valores atípicos mínimos, apenas máximos, sendo esses representados por qualquer chuva acima de 46 mm, com a maior chuva possuindo altura de 151,50 mm.

Utilizando-se dos resultados obtidos por meio do tratamento dos dados de precipitação, foi ainda possível elaborar um gráfico de distribuição de frequência acumulada, apresentado na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Distribuição de Frequência Acumulada de Precipitação



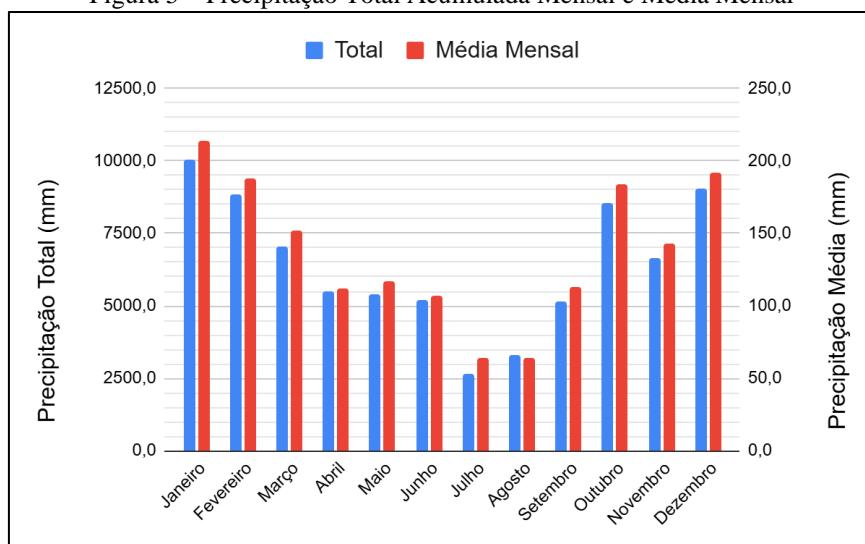
Como visto anteriormente para a mediana, é possível notar que 50% das precipitações estão acima de 7,6 mm, enquanto os outros 50% estão abaixo desse valor. Também, nota-se que

aproximadamente 5% de todas as chuvas da região foram acima de 50 mm. Além disso, menos de 1% das chuvas foram superiores a 100 mm de precipitação.

Analizando os dados, obteve-se que a maior chuva registrada na região foi de 151,5 mm como visto anteriormente, em 5 de junho de 1997, sendo que tal chuva ocorreu apenas uma única vez. A menor chuva registrada foi de 0,1 mm, sendo que essa se repetiu um total de 148 vezes em toda a série.

Também foram analisados os dados mensais para a análise da sazonalidade. Os resultados obtidos da precipitação acumulada mensalmente nos anos estudados estão apresentados na Figura 5, na escala a direita do gráfico. A Figura 5 também apresenta a média dessas precipitações, considerando os 47 anos analisados, na escala a esquerda do gráfico.

Figura 5 – Precipitação Total Acumulada Mensal e Média Mensal



O efeito da sazonalidade pode ser observado na Figura 5. Nos meses de dezembro a fevereiro, durante o verão, é onde ocorre a maior parte das chuvas. Existe então um decréscimo significativo entre os meses de julho a agosto, quando ocorre o pico do inverno. Após setembro, as precipitações aumentam novamente até o mês de dezembro.

É possível também notar que há uma tendência de queda do volume de precipitações entre os meses de janeiro e julho, e uma tendência de aumento do volume entre os meses de julho e dezembro, com exceção do mês de outubro, que apresenta uma precipitação maior que o mês seguinte, novembro.

Esses resultados aproximam-se dos resultados encontrados por Anjos *et al.* (2002), que analisou dados do período de 1980 a 1999, o que mostra que não houveram grandes mudanças nas características da cidade de Maringá mesmo quando considerados anos anteriores e anos mais recentes. Minaki e Montanher (2019) também obtiveram resultados similares de sazonalidade, analisando o período de 1980 a 2016.

4. CONCLUSÃO

Os resultados encontrados a partir da análise dos dados das sete estações pluviométricas consideradas na análise mostram que Maringá não sofre grande influência da variabilidade espacial, uma vez que a diferença entre a maior e a menor média anual de precipitação encontrada foi de apenas 8,12%. Isso indica que é possível utilizar dados das outras estações pluviométricas para o preenchimento de falhas.

De todos as estações pluviométricas disponíveis em Maringá, aquela que se mostrou mais recomendada para realizar a análise estatística foi a estação pluviométrica convencional da UEM. Essa não apenas possui uma série histórica mensal de quase 50 anos, mas também possui dados diários e horários de precipitação, sendo assim possui o banco de dados mais completo. Além disso, ela ainda se encontra em operação com dados registrados até 2025, diferente das demais encontradas pelo website Hidroweb. No entanto, ela ainda possui uma quantidade considerável de falhas, que podem ser preenchidas utilizando dados das demais estações pluviométricas da região para dados mensais, ou utilizando dados da estação pluviométrica automática da UEM para dados diários e horários.

A partir da análise dos dados da estação pluviométrica convencional da UEM, conclui-se que cidade de Maringá não apresentou chuvas intensas ao longo de sua série histórica, tendo uma média total de 14,02 mm mesmo com 32,4% de dias chuvosos. Apenas 5% das chuvas da região apresentaram uma precipitação maior ou igual a 50 mm. Além disso, a chuva mais frequente foi de 1 mm de altura apenas. Além disso, a partir da análise da sazonalidade pode-se concluir que os verões apresentam as maiores chuvas e os invernos são mais secos. Sendo assim, o projeto de drenagem do município deve levar em conta as chuvas mais frequentes, porém não se deve negligenciar a ocorrência de chuvas mais intensas, uma vez que a região já registrou chuvas acima de 100 mm, mesmo que em menos de 1% da série histórica. Comparando com resultados obtidos por trabalhos anteriores, não houve grande variação no cenário pluvial de Maringá, sendo que os resultados obtidos em trabalhos passados se aproximam dos resultados obtidos nesse trabalho.

Para trabalhos futuros é possível realizar um estudo de caso de uma bacia hidrográfica específica e analisar como as chuvas mais frequentes e as chuvas mais intensas da região afetam o escoamento superficial, com o intuito de também auxiliar no projeto de drenagem.

REFEÊNCIAS

- ANJOS, I. B.; NERYS, J. T.; MARTINS, M. (2002). “*Análise da precipitação pluviométrica e balanço hídrico em Maringá-PR. 2002.*” In Anais do Congresso de Meteorologia de Ourinhos, Ourinhos, 2002, 313, pp. 829-836
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. (2009). *Estatística Básica*. Saraiva/São Paulo- SP, 35 p.
- CHOW, V. T. et al. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, Inc./Nova Iorque- NY, 64 p.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. (2013). *Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais*. ABRH/Porto Alegre- RS, 55 p.
- MINAKI, C.; MONTANHER, O. C. (2019). “*Influência do El Niño-Oscilação Sul na Precipitação em Maringá-PR, no Período de 1980 a 2016*”. Caminhos de Geografia, v. 20, pp. 266-281.
- MINAKI, C. (2024). “*Análise de tendência de elementos climáticos de Maringá-PR*”. Caminhos de Geografia, v. 25, pp. 1-16.
- TUCCI, C. E. M. (1993). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. UFRGS/Porto Alegre- RS, 177 p.