

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MATTHIAS SCHMIDT

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE CHUVAS
INTENSAS NA CIDADE DE MACEIÓ**

MACEIÓ – AL
2024

MATTHIAS SCHMIDT

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE CHUVAS INTENSAS NA CIDADE DE MACEIÓ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves

MACEIÓ – AL
2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S349a Schmidt, Matthias.
Análise da distribuição temporal de chuvas intensas na cidade de Maceió /
Matthias Schmidt. - 2024.
56 f. : il.

Orientador: Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 49-50.
Apêndices: f. 51-56.

1. Distribuição temporal. 2. Chuva de projeto. 3. Hidrologia urbana - Maceió
(AL). 4. Precipitação atmosférica. I. Título.

CDU: 551.577(813.5)

FOLHA DE APROVAÇÃO

MATTHIAS SCHMIDT

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE CHUVAS INTENSAS NA CIDADE DE MACEIÓ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Alagoas,
como requisito para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 26, de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARLLUS GUSTAVO FERREIRA PASSOS DAS NE**
Data: 27/03/2024 17:28:01-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves
Universidade Federal de Alagoas – UFAL.
Campus A. C. Simões – Centro de Tecnologia

VLADIMIR CARAMORI BORGES DE SOUZA:02902933673
Assinado digitalmente por VLADIMIR CARAMORI BORGES DE SOUZA:02902933673
ND: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=presencial, OU=00489828000317, OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=ARMPDG, OU=RFB e-CPF A3, CN=VLADIMIR CARAMORI BORGES DE SOUZA:02902933673
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização:
Data: 2024.03.27 18:43:42-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 2024.1.0

Prof. Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza
Universidade Federal de Alagoas – UFAL.
Campus A. C. Simões – Centro de Tecnologia

Documento assinado digitalmente
 **DAYSY LIRA OLIVEIRA CAVALCANTI**
Data: 27/03/2024 18:15:42-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Daysy Lira Oliveira Cavalcanti
Universidade Federal de Alagoas – UFAL.
Campus A. C. Simões – Centro de Tecnologia

MACEIÓ – AL
2024

AGRADECIMENTOS

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso, bem como toda a minha trajetória acadêmica no curso de Engenharia Civil, a pessoas e instituições que desempenharam papéis fundamentais em minha jornada.

Expresso meu sincero agradecimento aos meus pais, em especial à minha mãe, pelo apoio constante e inspiração. Dedico este trabalho ao meu falecido pai, cujo legado continua a motivar-me, e à minha irmã.

Agradeço aos professores, por compartilharem não apenas conhecimento, mas por tornarem o aprendizado uma jornada enriquecedora. Agradeço a dedicação em transmitir não apenas conteúdo, mas valores que moldaram meu pensamento crítico.

Ao meu orientador Marllus, agradeço pela orientação sólida, pelo encorajamento e pela assistência durante todo o processo. Sua liderança e suporte foram cruciais para o este trabalho.

Aos meus colegas de curso, em especial, Alexia, Aline, Camila, Hítilla, Isabela e Maria Beatriz, quero expressar minha gratidão. Admirando cada um, fico feliz por termos compartilhado e superados desafios juntos.

À Universidade Federal de Alagoas e ao Centro de Tecnologia, agradeço por fornecerem educação pública, gratuita e de qualidade. Estar imerso nesse ambiente acadêmico foi essencial para minha formação.

Agradeço aos meus colegas de trabalho que contribuíram significativamente para o meu amadurecimento profissional: Audeir, Christiano, Yuri e Glauciany. Suas orientações valiosas não apenas impulsionaram meu desenvolvimento profissional, mas também foram crucial para meu contínuo crescimento na carreira.

Em especial, quero expresso minha gratidão a Celina e Douglas, cuja presença tem sido um verdadeiro suporte na minha vida. Agradeço muito pela presença e pelo impacto que vocês fizeram na minha vida.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para meu percurso até aqui e a Deus por permitir-me vivenciar toda essa jornada.

SCHMIDT, M. **ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE CHUVAS INTENSAS NA CIDADE DE MACEIÓ**. Maceió, 2024. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia.

RESUMO

O estudo investiga a distribuição temporal das chuvas intensas em Maceió, importante para o dimensionamento de estruturas hidráulicas. Destacando a relevância do método de Huff e considerações sobre sua aplicação em diferentes regiões, a pesquisa ressalta a necessidade de estudos locais devido à variabilidade climática. O objetivo do estudo é realizar a caracterização dos padrões de distribuição temporal das precipitações pluviométricas na cidade de Maceió, com o propósito de estimar chuva de projeto. A análise dos dados revela uma concentração significativa (73%) de eventos intensos nos primeiros 50% da duração total. A análise sazonal destaca maior incidência no inverno e menor na primavera. Curvas adimensionais representativas e valores, em diferentes níveis de probabilidade, foram obtidos.

Palavras-chave: Distribuição temporal; Precipitação; Chuva de projeto; Hidrologia Urbana

ABSTRACT

The study investigates the temporal distribution of intense rainfall in Maceió, which is important for the sizing of hydraulic structures. Highlighting the relevance of the Huff method and considerations regarding its application in different regions, the research emphasizes the need for local studies due to climatic variability. The study aims to characterize the temporal distribution patterns of precipitation in the city of Maceió, with the purpose of estimating design rainfall. Data analysis reveals a significant concentration (73%) of intense events in the first 50% of the total duration. Seasonal analysis highlights a higher incidence in winter and lower in spring. Representative dimensionless curves and values, at different probability levels, were obtained.

Key words: Temporal distribution; Precipitation; Project rain; Urban Hydrology

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de primeiro quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos. | 28 |
| Gráfico 2 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de segundo quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos. | 28 |
| Gráfico 3 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de terceiro quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos. | 29 |
| Gráfico 4 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de quarto quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos. | 29 |
| Gráfico 5 – Curvas adimensionais de variação temporal com 50% de probabilidade para Maceió/AL com os dados de todos os pluviômetros. | 31 |
| Gráfico 6 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Maceió e de Illinois (Huff, 1967) com 50% de probabilidade com os dados de todos os pluviômetros. | 32 |
| Gráfico 7 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil I de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade. | 33 |
| Gráfico 8 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil II de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade. | 33 |
| Gráfico 9 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil III de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade. | 34 |
| Gráfico 10 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil IV de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade. | 34 |
| Gráfico 11 – Curvas de probabilidade adimensionais do Quartil I para probabilidades de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió. | 35 |
| Gráfico 12 – Curvas de probabilidade adimensionais do Quartil II para probabilidades de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió. | 35 |
| Gráfico 13 – Curvas de adimensionais do Quartil III para probabilidade de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió. | 36 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 14 - Curvas de adimensionais do Quartil IV para probabilidades de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió. | 36 |
| Gráfico 15 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 10% do Quartil I, por posto. | 41 |
| Gráfico 16 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil I, por posto. | 42 |
| Gráfico 17 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 90% do Quartil I, por posto. | 42 |
| Gráfico 18 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 10% do Quartil II, por posto. | 43 |
| Gráfico 19 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil II, por posto. | 43 |
| Gráfico 20 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 90% do Quartil II, por posto. | 44 |
| Gráfico 21 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 10% do Quartil III, por posto. | 44 |
| Gráfico 22 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil III, por posto. | 45 |
| Gráfico 23 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 90% do Quartil III, por posto. | 45 |
| Gráfico 24 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil IV, por posto. | 46 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1– Hietograma de uma chuva de projeto..... | 16 |
| Figura 2 – Curvas adimensionais de probabilidade descritas por Huff | 18 |
| Figura 3 – Fluxograma da metodologia para o estudo Fonte: Autor (2024) | 19 |
| Figura 4 – Localização dos postos pluviométricos do CEMADEN na cidade de Maceió utilizados no estudo | 21 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Postos pluviométricos do CEMADEN na cidade de Maceió | 20 |
| Tabela 2 – Frequência de ocorrência das chuvas por quartil | 26 |
| Tabela 3 – Frequência dos eventos de chuva intensas por estação em cada quartil..... | 27 |
| Tabela 4 – Distribuição da Frequência de Eventos de Chuva Intensa por Quartil e Duração, normalizada pela Quantidade de Eventos no Respetivo Quartil (%)..... | 30 |
| Tabela 5 – Frequência de Eventos de Chuva Intensa por Quartil e Duração, Normalizada pela Quantidade Total de Eventos (%) | 30 |
| Tabela 6 – Valores da distribuição temporal de chuva com probabilidade de 10% (P10), 50% (P50) e 90% (P90) para dados de todos os pluviômetros de Maceió/AL em porcentagem (%) | 38 |
| Tabela 7 - Quantidade de eventos separados por posto e quartil. | 39 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 | OBJETIVOS | 13 |
| | 2.1 GERAL..... | 13 |
| | 2.2 ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| | 3.1 CRITÉRIOS DE INDIVIDUALIZAÇÃO DE EVENTOS | 14 |
| | 3.1.1 Separação de eventos..... | 14 |
| | 3.1.2 Determinação de início e fim do evento..... | 14 |
| | 3.1.3 Intensidade mínima de chuva..... | 15 |
| | 3.2 CHUVAS DE PROJETO | 15 |
| | 3.2.1 Distribuição temporal da chuva..... | 16 |
| | 3.2.2 Método de Huff | 17 |
| 4 | METODOLOGIA..... | 19 |
| | 4.1 COLETA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO | 20 |
| | 4.2 APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS DE INDIVIDUALIZAÇÃO DE EVENTOS..... | 21 |
| | 4.3 ADIMENSIONAMENTO DOS DADOS DE CHUVAS INTENSAS | 22 |
| | 4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS EVENTOS CHUVOSOS | 23 |
| | 4.5 ATRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS DE PROBABILIDADE E OBTEÇÃO DAS CURVAS DE PROBABILIDADE | 24 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 26 |
| | 5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DE EVENTOS E CURVA ADIMENSIONAIS ENTRE OS POSTOS..... | 39 |
| 6 | CONCLUSÃO..... | 47 |
| | REFERÊNCIAS..... | 49 |
| | APÊNDICE | 51 |

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da distribuição temporal das precipitações pluviométricas assume papel importante no âmbito da hidrologia, particularmente no dimensionamento apropriado de infraestruturas hidráulicas, especialmente no contexto das chamadas "chuvas de projeto". A precisão na caracterização desses eventos chuvosos revela-se fundamental para assegurar a integridade estrutural, bem como o desempenho satisfatório das edificações, mitigando-se tanto o risco de subdimensionamento quanto o de superdimensionamento.

A subestimação de um padrão pluviométrico, isto é, a sua inadequação em representar as características climáticas da região em análise, acarreta na insuficiência das estruturas hidráulicas em enfrentar as chuvas de magnitude esperada. Tal cenário compromete tanto a eficiência quanto a segurança do sistema, predispondo-o a inundações, transbordamentos e danos estruturais. Contrariamente, o superdimensionamento ocorre quando um padrão pluviométrico adota uma abordagem excessivamente conservadora, resultando em estruturas hidráulicas de maior porte e mais onerosas, culminando em custos de implantação mais elevados.

Neste contexto, destaca-se o método de Huff (1967) como uma abordagem empregada para a análise da distribuição temporal das precipitações pluviométricas. Tal método viabiliza a modelagem dos padrões de chuva e a identificação de eventos independentes, permitindo estimativas realistas das vazões pluviais. É importante mencionar que esse padrão de distribuição temporal de chuvas baseia-se em dados observados no estado de Illinois, Estados Unidos da América, o que demanda cautela em sua aplicação em outras regiões geográficas, conforme alertado por Huff.

Abreu *et al.* (2019) ressaltam a importância de considerar a variabilidade da distribuição temporal das chuvas de acordo com o tipo de precipitação, condições climáticas e localidade específica. Essa compreensão é fundamental para garantir uma abordagem adequada no dimensionamento de estruturas hidráulicas, tornando necessário realizar estudos específicos para cada localidade. Para obter resultados representativos, é essencial realizar estudos locais que considerem as características específicas da região em análise. Isso envolve a análise dos dados disponíveis,

consideração dos padrões sazonais e identificação de eventos intensos que possam influenciar a distribuição temporal das chuvas.

Nesse contexto de dimensionamento de estruturas hidráulicas, o Manual de Drenagem da cidade de São Paulo (São Paulo, 2012) destaca a utilização do método de Huff, indicando que a curva com 50% de probabilidade é apropriada para o dimensionamento de estruturas convencionais, enquanto as curvas correspondentes a 10% de probabilidade são empregadas para o cálculo de descargas extremas.

É importante que seja realizado a análise da distribuição temporal das precipitações intensas na cidade de Maceió, a qual está localizada em uma região caracterizada por um clima tropical úmido, a fim de se obter contribuições relevantes para a compreensão dos padrões temporais dessa distribuição na cidade específica em questão, por meio da apresentação de curvas adimensionais. Adicionalmente, serão realizadas comparações com as distribuições encontradas em outras localidades, a fim de obter uma melhor contextualização e embasamento científico.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Realizar a caracterização dos padrões de distribuição temporal das precipitações pluviométricas na cidade de Maceió, com o propósito de estimar a chuva de projeto.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar e estabelecer um conjunto de curvas adimensionais semelhantes as curvas de Huff, que representem de maneira adequada a distribuição temporal das chuvas em Maceió, em diferentes níveis de probabilidade;
- Comparação das curvas de distribuição temporal de chuva encontradas com distribuição de Huff;
- Contribuir para o desenvolvimento de diretrizes e recomendações técnicas relacionadas ao dimensionamento de estruturas hidráulicas urbanas em Maceió, levando em consideração os padrões de distribuição temporal das chuvas;
- Realizar análise comparativa de eventos e curvas adimensionais de diferentes probabilidades entre as estações pluviométricas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CRITÉRIOS DE INDIVIDUALIZAÇÃO DE EVENTOS

Uma etapa importante no processamento de dados de chuva e na geração de hietogramas é a separação dos eventos de chuva observados. Nessa etapa, é essencial definir o intervalo de tempo sem chuva que torna os eventos independentes, além de estabelecer critérios para determinar quais eventos são considerados intensos e quais não são.

3.1.1 Separação de eventos

Uma etapa fundamental na determinação dos eventos é a sua separação, que é realizada com base em um período sem precipitação. Essa seleção do tempo de separação visa garantir a independência entre os eventos.

3.1.2 Determinação de início e fim do evento

Conforme mencionado por Ferreira (2015), o critério utilizado para determinar o início e o fim de um evento tem como objetivo evitar a inclusão de eventos muito longos, com baixa intensidade. Essa abordagem visa eliminar eventos, ou partes de eventos, que possam ser considerados ruído na amostra.

Nos estudos conduzidos por Kerr et al. (1974), Powell et al. (2007) e Ferreira (2015), estabeleceu-se a necessidade de determinar o início e o fim da precipitação com base em uma intensidade mínima. De acordo com esses estudos, definiu-se o início do evento como uma hora antes do momento em que a taxa de precipitação ultrapassou a intensidade de **1,3 mm/h**. Da mesma forma, o fim do evento foi identificado como o momento em que a precipitação diminuiu e ficou abaixo do valor de **0,51 mm/h**. Esses critérios foram estabelecidos para permitir uma delimitação precisa dos eventos de precipitação, levando em consideração suas intensidades específicas. Essas abordagens contribuem para uma análise mais precisa e confiável dos dados de chuva.

3.1.3 Intensidade mínima de chuva

O critério de intensidade mínima de precipitação é adotado com o objetivo de evitar eventos muito longos e com baixa intensidade. Diversos estudos têm estabelecido diferentes critérios para determinar essa intensidade mínima. Por exemplo, Huff (1967) adotou apenas as precipitações que excederam 13 mm de intensidade. Zigler et al. (2006), por sua vez, eliminaram eventos cujo volume total de precipitação foi menor do que 5 mm.

Outra abordagem utilizada foi a metodologia adotada por Molin et al. (1996), baseada na proposta de Pfafstetter (1957). Nessa metodologia, são selecionadas as chuvas em que o total precipitado, em um período igual ou superior a 30 minutos, é superior à precipitação mínima (P_{min}) estabelecida pela Equação 1. Nessa equação, P_{min} representa a precipitação mínima em mm, enquanto D representa a duração da precipitação em minutos.

$$P_{min} = 8,9914 D^{0,2466} \quad (1)$$

Essas diferentes abordagens para determinar a intensidade mínima de precipitação são aplicadas com o intuito de filtrar os eventos. De acordo com Fontoura (2009), a incorporação de um critério de volume mínimo para a definição de eventos chuvosos permite a construção de curvas de distribuição mais representativas para eventos de alta intensidade. Essa abordagem tem a vantagem de separar os eventos de duração maior com baixa intensidade em componentes menores, eliminando assim possíveis distorções causadas por erros inerentes aos dispositivos de medição.

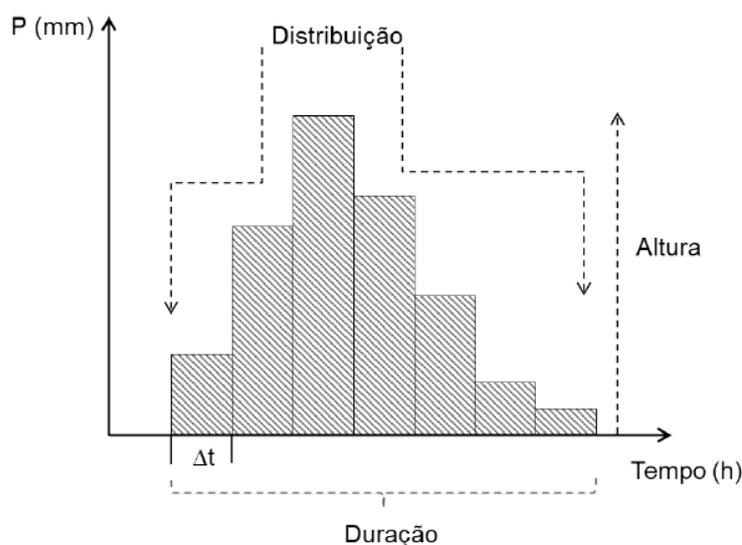
Ao estabelecer um limite mínimo de volume para a consideração de um evento chuvoso, é possível concentrar a análise nas porções mais relevantes e representativas dos eventos intensos, visando a garantia de uma representação mais precisa e confiável do comportamento temporal das chuvas intensas.

3.2 CHUVAS DE PROJETO

Segundo Canholi (2014), a utilização de uma chuva de projeto como entrada em modelos de simulação chuva-vazão é uma das práticas mais adotados para contornar a falta de dados observados de vazão em drenagem urbana. A chuva de projeto representa, de forma simplificada, a distribuição temporal da precipitação e é

caracterizada na forma de um hietograma, que é a forma gráfica que mostra a intensidade da precipitação ao longo de sua direção, conforme Figura 1, na qual Δt é um intervalo de tempo de discretização.

Figura 1– Hietograma de uma chuva de projeto



Fonte: FONTOURA (2019)

Muniz *et. al.* (2007) verificaram que a escolha do hietograma de projeto é significativa para o dimensionamento de estruturas hidráulicas, tendo em vista que influencia diretamente a vazão de pico. Em seu estudo, foi ressaltado que a falha no dimensionamento pode trazer elevados prejuízos socioeconômicos e recomenda que sejam avaliados e levados em consideração, pelo projetista, hietogramas obtidos com diferentes metodologias.

Os hietogramas podem ser obtidos por diferentes metodologias, que podem depender das relações intensidade-duração-frequência (IDF), como é o caso dos blocos alternados, ou que são baseados em curvas de precipitações acumuladas, como é o caso do método de Huff (1967).

3.2.1 Distribuição temporal da chuva

A precipitação apresenta variações ao longo do tempo, e o estudo dessa variação é importante, pois se pode detectar tendências de longo termo, oscilações periódicas nas séries temporais, e a identificação da assinatura do sistema por meio

de relações entre o total precipitado e a duração da precipitação (SHUTTLEWORTH, 2012).

Segundo Maidment et. al., 1993, o conhecimento da distribuição temporal e das variações ao longo do tempo auxiliam o gerenciamento dos recursos hídricos na previsão de secas severas, no manejo de águas pluviais, entre outros, e quando se tem uma série histórica longa, é possível identificar, também, a frequência e a magnitude de eventos extremos.

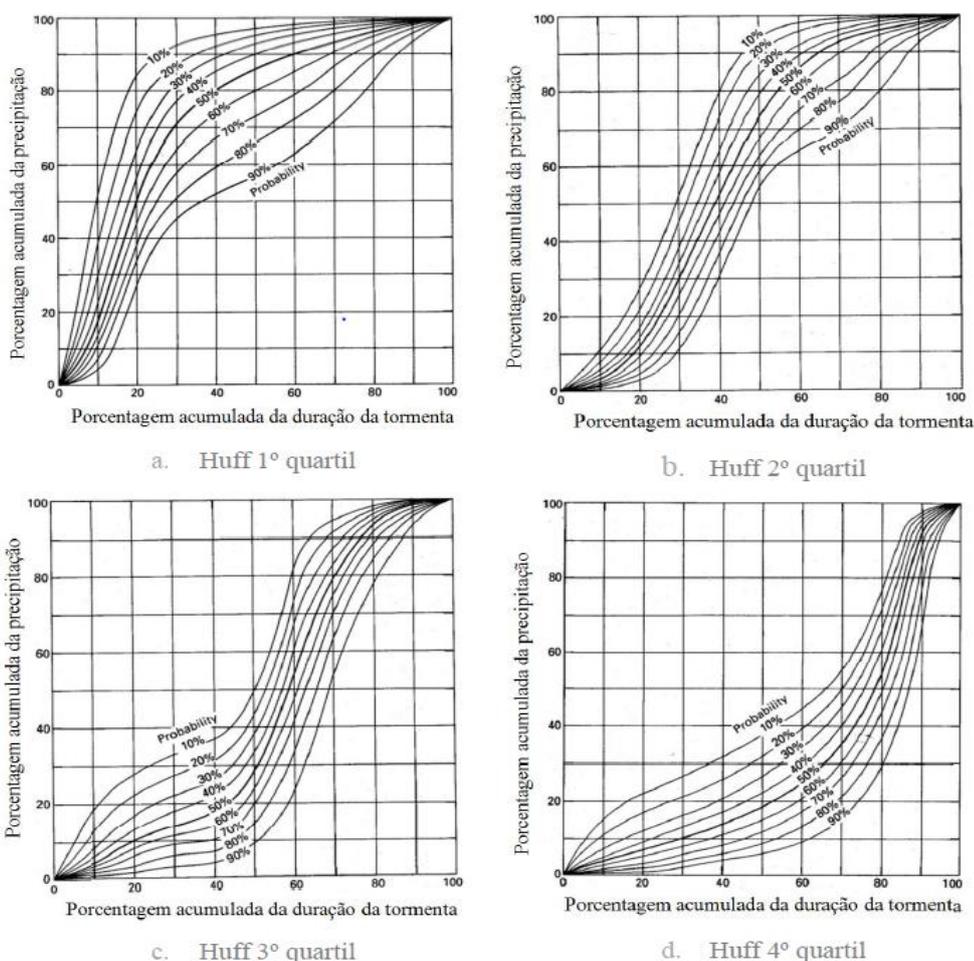
3.2.2 Método de Huff

Um dos métodos mais utilizados para discretização temporal de chuvas é o método de Huff (1967). Huff (1967) estudou 49 pluviógrafos no estado de Illinois, no Estados Unidos da América e a partir destes dados observou que a grande parte dos picos de chuva ocorria em uma parte da duração total da precipitação, independente da duração da chuva e da área média de precipitação. Neste estudo, apenas as precipitações que excederam 13mm foram consideradas e as distribuições temporais foram expressas em termos de probabilidade, devido à grande variabilidade dos dados obtidos.

Segundo Molin *et. al.* (1996), Huff (1967) classificou e agrupou as precipitações de acordo com o quartil em que a chuva mais intensa ocorreu. Cada quartil representa 25% da sua duração total. A chuva pertence ao grupo que tiver a maior precipitação (ou seja, maior porcentagem da precipitação total) numa das subdivisões. Por exemplo, se a maior parte da precipitação ocorreu entre 0 a 25% da duração, esta chuva pertence ao primeiro quartil, caso cora entre 25 a 50%, pertence ao segundo quartil, assim por diante.

Assim, com os dados de chuva para cada quartil, Huff (1967) fez uma análise estatística com objetivo de obter chuvas adimensionais com a distribuição temporal, associadas à possibilidade de excedência. Na Figura 2 encontra-se as curvas de possibilidade de excedência adimensionais dos quatros quartis descritos por Huff em seu estudo.

Figura 2 – Curvas adimensionais de probabilidade descritas por Huff



Fonte: HUFF (1990)

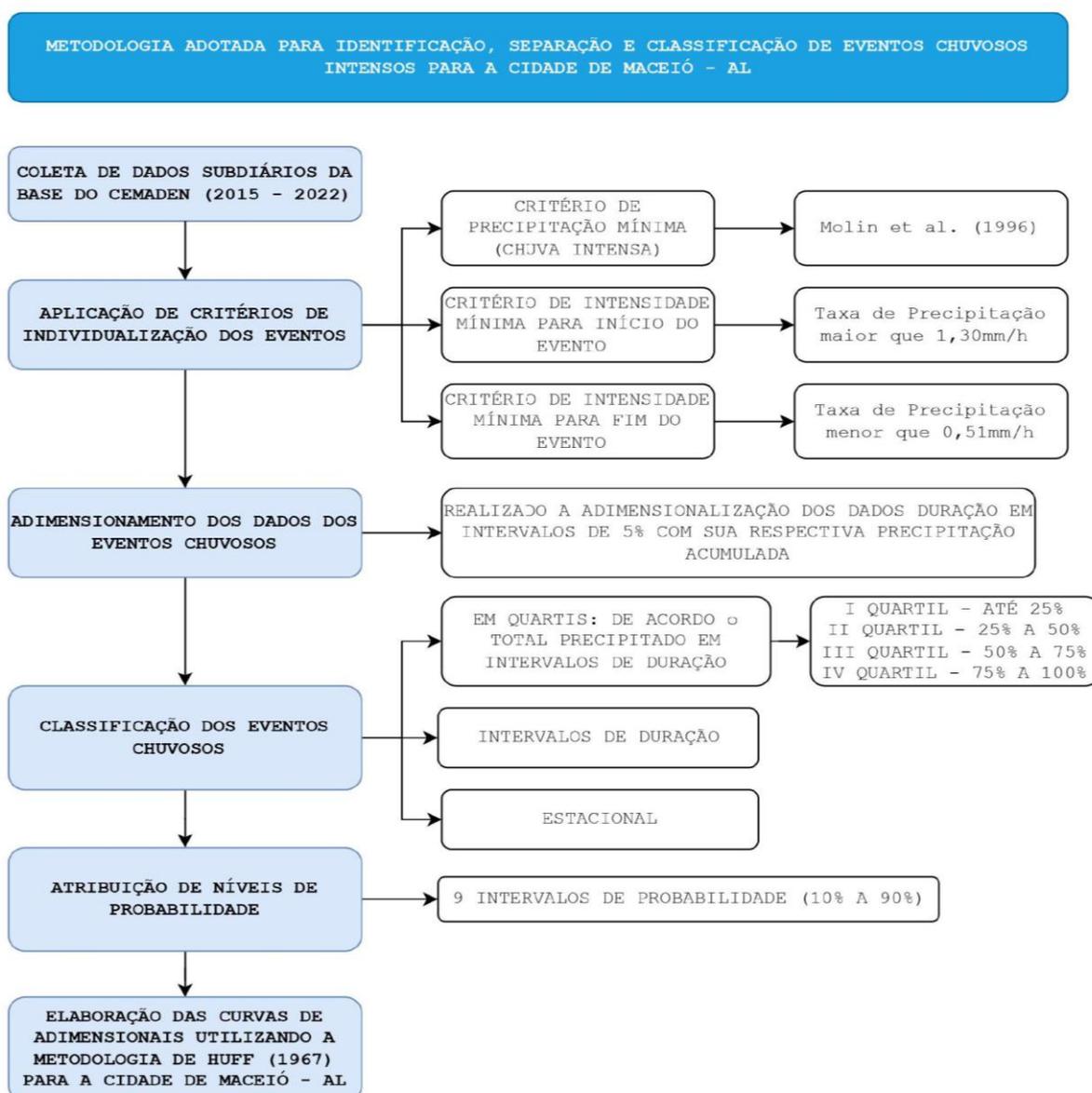
Segundo Abreu (2017), nos projetos de bacias urbanas mais comumente implementados, é frequente adotar chuvas com duração de 2 ou 3 horas, seguindo a distribuição proposta pelos métodos dos Blocos Alternados ou Huff - 1º quartil. No entanto, para bacias com áreas superiores a 100 km², tem-se observado a utilização de chuvas com duração de 6 horas e distribuição baseada nos Blocos Alternados ou no método de Huff - 2º quartil (SÃO PAULO, 2012).

Outra abordagem adotada para determinar a duração é considerar que ela é igual ao tempo de concentração da bacia em estudo. Essas decisões são fundamentais, pois influenciam os resultados dos estudos e devem ser cuidadosamente consideradas durante o processo de planejamento e projeto de bacias urbanas.

4 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia utilizada no estudo para a análise da distribuição temporal e a obtenção das curvas adimensionais com postos pluviométricos localizados na cidade de Maceió, em Alagoas. O estudo seguirá o fluxograma apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma da metodologia para o estudo



Fonte: Autor (2024)

4.1 COLETA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO

As séries de chuvas foram definidas a partir da análise de dados de precipitação de postos pluviométricos da cidade de Maceió, disponibilizados pelo Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) disponibiliza dados de precipitação pluviométrica, expressos em milímetros, a cada intervalo de 10 minutos. Além disso, os registros fornecidos pelo CEMADEN são obtidos por meio de pluviômetros automáticos, o que minimiza as fontes de erros grosseiros mais frequentes, conforme mencionado na seção 3.1. Foram utilizados dados em subintervalos diários de precipitação dos postos pluviométricos indicados na Tabela 5.

Foi escolhido se estudar com dados subdiários devido ao objeto do estudo se tratar da distribuição temporal da chuva, assim, os dados subdiários apresentam o grau de detalhamento necessário.

Tabela 1 – Postos pluviométricos do CEMADEN na cidade de Maceió

| CÓDIGO DA ESTAÇÃO | LOCALIZAÇÃO | | | PERÍODO | |
|-------------------|------------------------|----------|-----------|---------|------|
| | BAIRRO | LATITUDE | LONGITUDE | INÍCIO | FIM |
| 270430202A | Tabuleiro do Martins 2 | -35,768 | -9,581 | 2015 | 2022 |
| 270430203A | Farol | -35,735 | -9,641 | 2015 | 2022 |
| 270430205A | Tabuleiro do Martins | -35,763 | -9,587 | 2015 | 2022 |
| 270430207A | Farol 2 | -35,738 | -9,629 | 2015 | 2022 |
| 270430209A | Trapiche da Barra | -35,778 | -9,696 | 2015 | 2022 |
| 270430210A | Benedito Bentes I | -35,727 | -9,552 | 2015 | 2022 |
| 270430211A | Ipioca | -35,608 | -9,529 | 2015 | 2022 |
| 270430212A | Cruz das Almas | -35,707 | -9,632 | 2015 | 2022 |
| 270430213A | Antares | -35,741 | -9,573 | 2015 | 2022 |
| 270430215A | Clima Bom | -35,797 | -9,567 | 2015 | 2022 |
| 270430216A | Cidade Universitária | -35,761 | -9,550 | 2015 | 2022 |
| 270430217A | Chã da Jaqueira | -35,748 | -9,621 | 2015 | 2022 |
| 270430218A | Cambona | -35,758 | -9,661 | 2015 | 2022 |

Fonte: Autor (2024)

As estações pluviométricas estão distribuídas espacialmente pela cidade de Maceió conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Localização dos postos pluviométricos do CEMADEN na cidade de Maceió utilizados no estudo



Fonte: Autor (2024)

4.2 APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS DE INDIVIDUALIZAÇÃO DE EVENTOS

A partir da coleta de dados de precipitação, foram aplicados critérios específicos para a individualização dos eventos, com base em estudos científicos relevantes. Esses critérios são os seguintes:

- a) Para a separação dos eventos, será adotado o período de 3 horas, conforme proposto por Huff (1967) e Molin et al. (1996). Essa abordagem considera que eventos distintos de precipitação são identificados quando há um intervalo de pelo menos 3 horas entre eles;
- b) O início e o fim de cada evento serão determinados com base nos estudos de Kerr et al. (1974), Powell et al. (2007) e Ferreira (2015). Seguindo essas referências, o início do evento é considerado uma hora antes do momento em que a intensidade de precipitação ultrapassa 1,3 mm/h. Já o fim do evento é estabelecido quando a precipitação atinge uma intensidade abaixo de 0,51 mm/h;

c) A metodologia de Pfafstetter (1957) será adotada para a definição da duração mínima e do total precipitado necessário para caracterizar um evento. De acordo com essa abordagem, a duração da precipitação deve ser de pelo menos 30 minutos, e o total precipitado deve superar o valor mínimo determinado pela Equação 1, que está em função da duração do evento, que será adotada como referência.

$$P_{min} = 8,9914 D^{0,2466} \quad (1)$$

A Equação 1, adotada como referência, permite relacionar a duração do evento de precipitação com um valor mínimo de precipitação necessária para caracterizá-lo como um evento intenso. Essa equação é aplicada como um limiar para distinguir eventos de curta duração e baixa precipitação de eventos mais relevantes para o estudo.

4.3 ADIMENSIONAMENTO DOS DADOS DE CHUVAS INTENSAS

Essa etapa compreende a conversão dos dados de eventos fornecidos pelo CEMADEN em relação ao tempo, expressos em data e hora, geralmente em discretização de 10 em 10 minutos, convertendo-os para porcentagem de duração, e em relação à precipitação, transformando a precipitação para valores adimensionais expressos em porcentagem de precipitação acumulada. O processo de adimensionamento ocorreu por meio do seguinte procedimento:

- a) Cálculo da duração em porcentagem: Para cada evento individualizado, foi realizado o cálculo da duração total do evento. Em seguida, cada intervalo de duração foi convertido para uma representação em porcentagem em relação à duração total do evento. Dessa forma, obtém-se a proporção de tempo ocupado por cada intervalo de duração em relação ao evento como um todo;
- b) Cálculo da precipitação acumulada: A partir dos dados coletados, é realizada a determinação da precipitação acumulada para cada duração de chuva considerada. Esse cálculo é efetuado somando-se as precipitações registradas em intervalos regulares de tempo ao longo da duração total. Em seguida, a precipitação acumulada foi expressa em porcentagem em relação ao total precipitado do evento;

- c) Interpolação de dados: Com os dados de precipitação acumulada e duração total em porcentagem, foi realizada a interpolação dos dados de forma linear, entre os dois dados mais próximos a porcentagem desejada, para obter os valores de precipitação acumulada em intervalos de duração de 5%. Com essa abordagem, os dados foram parametrizados e organizados em intervalos uniformes, facilitando a análise e comparação dos eventos de chuva intensa. Assim, foram obtidos os dados parametrizados e adimensionalizados.

4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS EVENTOS CHUVOSOS

Os eventos de chuvas intensas foram submetidos a uma classificação em quartis com base na metodologia de Huff, de forma semelhante ao realizado no estudo de Menezes (2009). Para cada evento selecionado, realizou-se a identificação do grupo apropriado com base na porcentagem de precipitação acumulada em relação à duração total.

Os eventos, que apresentaram a maior porcentagem de precipitação nos primeiros 25% da duração do evento, foram classificados como pertencentes ao primeiro quartil. Os eventos com a maior porcentagem de precipitação entre 25% e 50% da duração foram atribuídos ao segundo quartil. Da mesma forma, os eventos com a maior porcentagem de precipitação entre 50% e 75% da duração foram designados como terceiro quartil. Por fim, os eventos com a maior porcentagem de precipitação nos últimos 25% da duração foram categorizados como pertencentes ao quarto quartil.

Em seguida, procedeu-se à identificação da estação do ano na qual cada evento ocorreu, com o objetivo de estudar e comparar os dados para cada estação (primavera, outono, inverno e verão). Além disso, os eventos foram agrupados com base no intervalo de duração, sendo divididos em cinco grupos distintos. O Grupo 1 abrange as chuvas com duração inferior a 6 horas, o Grupo 2 engloba as chuvas com duração entre 6 e 12 horas, o Grupo 3 compreende as chuvas com duração entre 12 e 18 horas, o Grupo 4 abarca as chuvas com duração entre 18 e 24 horas, e o Grupo 5 diz respeito às chuvas com duração superior a 24 horas.

4.5 ATRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS DE PROBABILIDADE E OBTENÇÃO DAS CURVAS DE PROBABILIDADE

Para os dados dos eventos, foram atribuídos níveis de probabilidade, a fim de se obter as curvas de probabilidade de 10% a 90%. Para isso, foram seguidas as seguintes etapas:

- a) Organização dos dados: para cada quartil, foi feita a organização dos dados de chuva, que foram interpolados anteriormente, em ordem crescente. Em seguida, foi atribuído um nível de probabilidade para cada um desses dados;
- b) Determinação dos percentis desejados: com o objetivo de criar as curvas de probabilidade, foi necessário estabelecer os percentis correspondentes a cada valor. Foi determinado os níveis de probabilidade de 10% a 90% de excedência, em intervalos de 10%. Assim, a curva de probabilidade de 10% representa o valor abaixo do qual 10% dos dados se encontram, enquanto o percentil de 90% representa o valor abaixo do qual 90% dos dados se encontram;
- c) Cálculo dos valores dos percentis: para o processo de cálculo dos valores percentis para a elaboração das curvas de probabilidade, utilizou-se a técnica de interpolação linear. Essa abordagem foi aplicada aos dados organizados, levando em consideração os níveis de probabilidade estabelecidos. Através da interpolação linear, foi possível estimar a porcentagem de precipitação acumulada para intervalos de 5% ao longo da duração total dos eventos. Esse processo foi aplicado para cada um dos quartis;
- d) Curvas de probabilidade: em seguida, foram obtidas as isopletas de probabilidade do percentil precipitado acumulado, para os níveis de interesse desejados, em intervalos de % ao longo da duração total. No eixo horizontal do gráfico, encontramos a duração dos eventos de chuva, expressa em porcentagem em relação a duração total do evento chuvoso. No eixo vertical, temos a intensidade da chuva, normalmente expressa em porcentagem da intensidade total da chuva;
- e) Comparativo com outros estudos: as curvas de probabilidade de 50% (P50) obtidas neste estudo para a cidade de Maceió/AL foram comparadas com as curvas de outras cidades do globo, como a cidade Illinois (Huff, 1967), o estado

do Rio Grande do Sul (Fontoura, 2019), a região serrana de Santa Catarina (Back, 2021), e as cidades de Lisboa e Évora, em Portugal (Brandão *et. al.*, 2001).

- f) Análise por estação: em seguida, foi feita a análise de estudos por estação pluviométrica, onde foram comparadas as quantidades de eventos por estação e por quartil, e obtidas as curvas de probabilidade 10%, 50% e 90% das estações e comparadas com as curvas obtidas para a cidade de Maceió.

É importante ressaltar que as curvas adimensionais de variação temporal de chuva intensas diferentes níveis de probabilidade geradas neste estudo são específicas para a cidade de Maceió, Alagoas, e são obtidas por meio de análises estatísticas aplicadas a dados históricos de chuva. Essa abordagem permite uma avaliação mais precisa do risco de eventos de chuva intensa na região.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram selecionados 460 eventos de chuvas intensas de todos os postos. A Tabela 2 apresenta a distribuição desses eventos em cada quartil. Notavelmente, constatou-se que as chuvas classificadas no 2º quartil apresentaram uma frequência significativamente superior, superando a soma das ocorrências registradas no 3º e 4º quartis.

Tabela 2 – Frequência de ocorrência das chuvas por quartil

| QUARTIL | QUANTIDADE DE EVENTOS SIGNIFICATIVOS | FREQUÊNCIA (%) |
|--------------|--------------------------------------|----------------|
| Quartil I | 141 | 30,6 |
| Quartil II | 195 | 42,4 |
| Quartil III | 93 | 20,2 |
| Quartil IV | 31 | 6,7 |
| TOTAL | 460 | 100 |

Fonte: Autor (2024)

Os resultados da análise revelaram que aproximadamente 73% dos eventos estudados apresentaram o pico de intensidade no primeiro ou segundo quartil, enquanto apenas cerca de 27% ocorreram no terceiro e quarto quartil. Essa distribuição evidencia que as chuvas intensas na cidade de Maceió são predominantemente caracterizadas por altas intensidades no início de sua duração.

No estudo conduzido por Menezes (2009), foram analisados os quartis referentes a quatro locais distintos neste escrutínio. Observou-se uma prevalência significativa de eventos pluviométricos no segundo quartil, correspondente a 41,18% das ocorrências, resultado consonante o obtido neste estudo em análise.

Na Tabela 2 encontra-se discriminada a frequência dos eventos de precipitações pluviométricas intensas, agrupados por estação do ano e quartil correspondente. Ao considerar a análise conjunta das estações e dos quartis, evidenciou-se que os eventos chuvosos mais prevalentes ocorreram predominantemente durante o período de inverno.

Essa análise detalhada oferece uma perspectiva acerca da distribuição temporal dos eventos de precipitação intensa em relação às estações do ano,

considerando a segmentação por quartis. É possível observar uma tendência de aumento na frequência de eventos de chuva intensa durante o inverno à medida que se avança nos quartis, enquanto nas outras estações essa relação é menos evidente.

Tabela 3 – Frequência dos eventos de chuva intensas por estação em cada quartil

| QUARTIL | INVERNO (%) | PRIMAVERA (%) | VERÃO (%) | OUTONO (%) |
|-------------|-------------|---------------|-----------|------------|
| Quartil I | 55,3 | 7,1 | 7,8 | 29,8 |
| Quartil II | 56,9 | 5,1 | 10,3 | 27,7 |
| Quartil III | 64,5 | 3,2 | 5,4 | 26,9 |
| Quartil IV | 71,0 | 0,0 | 3,2 | 25,8 |

Fonte: Autor

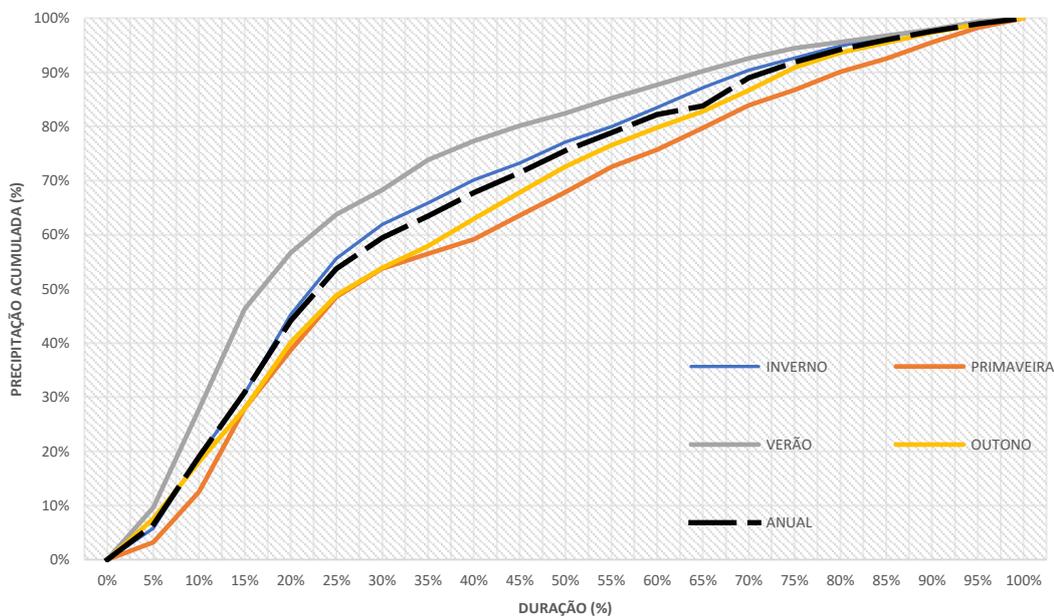
Por meio da Tabela 3, é possível observar que, para o primeiro quartil, durante o inverno, 55,3% dos eventos de chuva intensa ocorrem. No caso da primavera, essa proporção é de 7,1%, enquanto no verão e outono, são registradas frequências de 7,8% e 29,8%, respectivamente. Para o segundo quartil, é notável que durante o inverno, há uma ocorrência de 56,9% dos eventos de chuva intensa. Já na primavera, essa porcentagem diminui para 5,1%, enquanto no verão e outono, são observadas frequências de 10,3% e 27,7%, respectivamente.

No terceiro quartil, nota-se um aumento na proporção de eventos de chuva intensa durante o inverno, totalizando 64,5%. Por outro lado, a primavera exibe uma proporção de apenas 3,2%, enquanto o verão e outono registram 5,4% e 26,9%, respectivamente. Para o quarto quartil, há um crescimento significativo na frequência de eventos de chuva intensa durante o inverno, atingindo 71,0%. É importante ressaltar que na primavera não houve registro de eventos nessa categoria (0,0%), enquanto no verão e outono foram registradas proporções de 3,2% e 25,8%, respectivamente.

Em resumo, foi observado uma concentração mais significativa de chuvas intensas durante o inverno, seguido pelo outono. A estação com menor incidência de eventos chuvosos intensos foi a primavera. Seguindo a metodologia estabelecida, no inverno, predominaram chuvas do 3º quartil, enquanto na primavera, as de maior frequência foram do 1º quartil. No verão, as chuvas mais frequentes foram do 2º quartil, e no outono, prevaleceram as chuvas do 1º quartil. Nos Gráficos 1, 2, 3 e 4 é

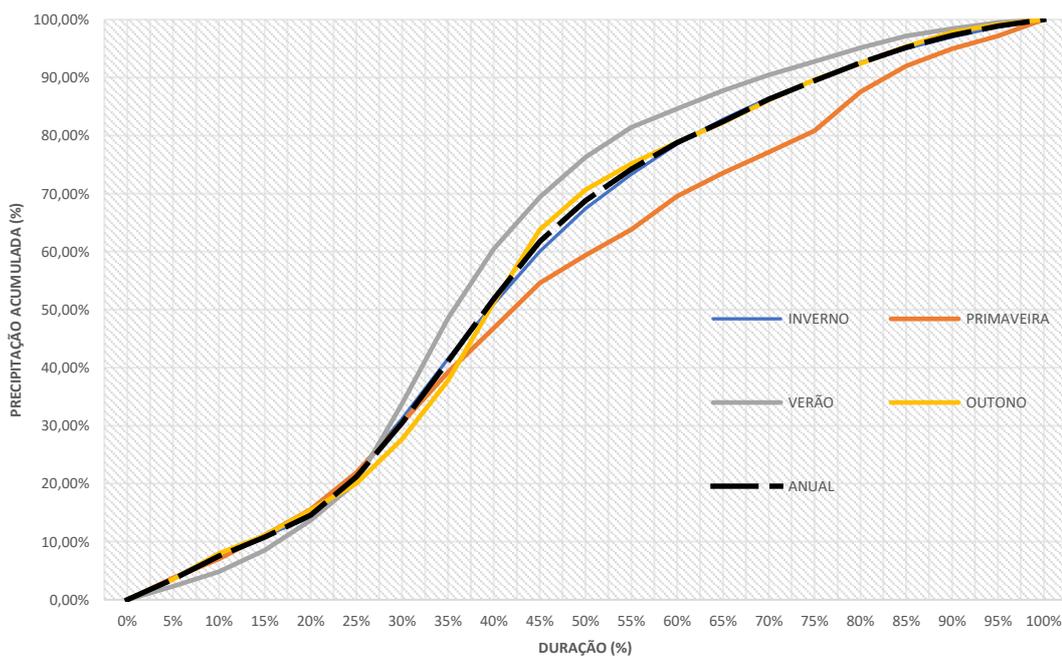
apresentada a distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas com 50% de probabilidade nos quatro quartis com dados de todos os postos de Maceió.

Gráfico 1 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de primeiro quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos.



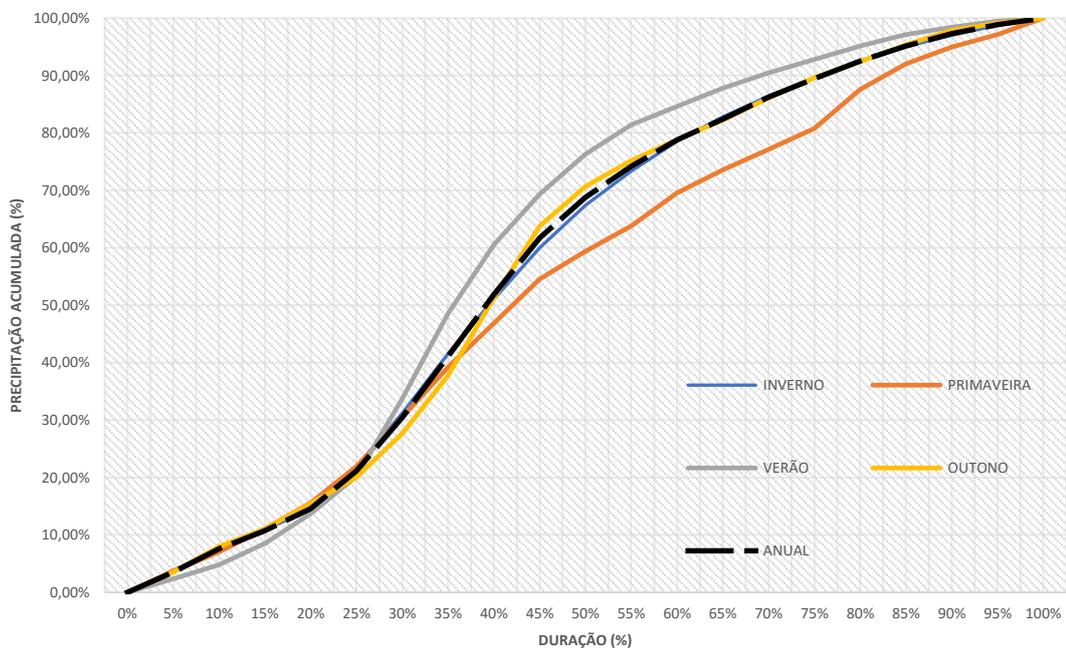
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 2 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de segundo quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos.



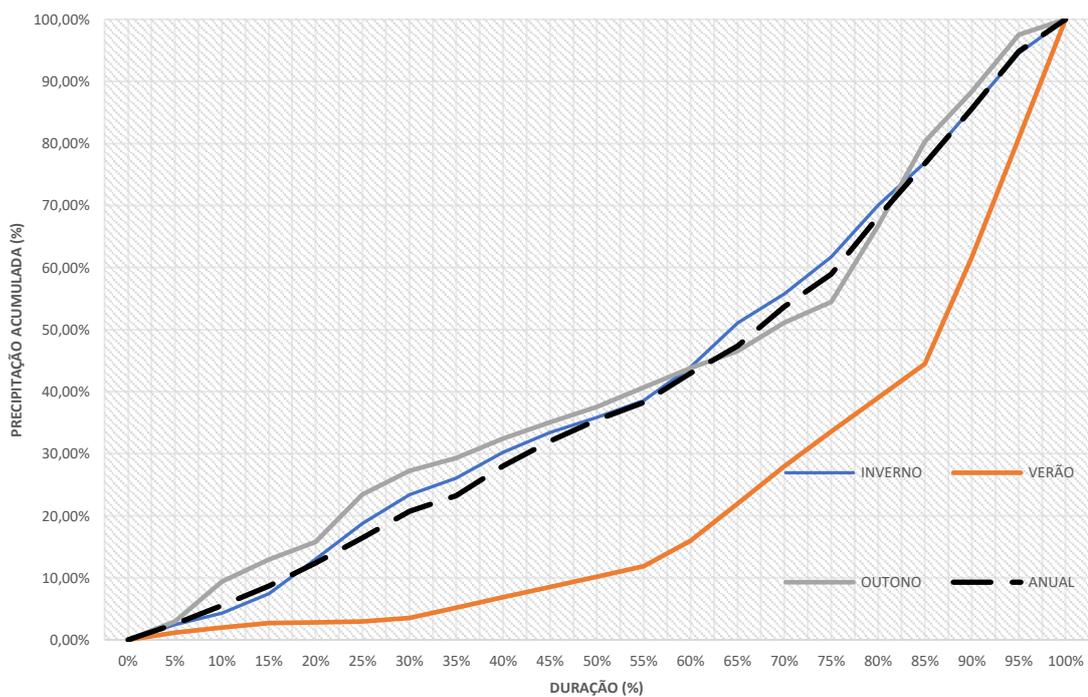
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 3 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de terceiro quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos.



Fonte: Autor (2024)

Gráfico 4 – Distribuição temporal sazonal de ocorrência das chuvas intensas de quarto quartil com 50% de probabilidade com dados de todos os postos.



Fonte: Autor (2024)

Em seguida procedeu-se à análise da distribuição das chuvas de acordo com a sua duração. Na Tabela 4, a frequência dos eventos de chuva intensa está detalhada por faixa de duração, considerando a quantidade de eventos em relação ao total identificado para determinado quartil. Enquanto isso, na Tabela 5, está apresentada a frequência dos eventos de chuva intensa por faixa de duração, ponderada em relação à quantidade total de eventos de chuva intensa identificados.

A análise detalhada da distribuição das chuvas em relação à sua duração revelou alguns padrões. Constatou-se que a frequência de ocorrência dos eventos foi maior na faixa de duração de 6 a 12 horas. Verificou-se também uma diminuição expressiva na frequência de eventos com duração superior a 12 horas.

Tabela 4 – Distribuição da Frequência de Eventos de Chuva Intensa por Quartil e Duração, normalizada pela Quantidade de Eventos no Respetivo Quartil (%)

| QUARTIL | Intervalo de duração (h) | | | | |
|-------------|--------------------------|--------|---------|---------|------|
| | < 6 | 6 - 12 | 12 - 18 | 18 - 24 | 24 > |
| Quartil I | 34,0 | 52,5 | 5,7 | 6,4 | 1,4 |
| Quartil II | 21,5 | 66,2 | 8,7 | 1,5 | 2,1 |
| Quartil III | 38,7 | 48,4 | 3,2 | 7,5 | 2,2 |
| Quartil IV | 12,9 | 58,1 | 16,1 | 6,5 | 6,5 |

Fonte: Autor

Tabela 5 – Frequência de Eventos de Chuva Intensa por Quartil e Duração, Normalizada pela Quantidade Total de Eventos (%)

| INTERVALO DE DURAÇÃO (h) | QUARTIL | | | |
|--------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| | QUARTIL I | QUARTIL II | QUARTIL III | QUARTIL IV |
| < 6 | 10,43 | 9,13 | 7,83 | 0,87 |
| 6 - 12 | 16,09 | 28,04 | 9,78 | 3,91 |
| 12 - 48 | 1,74 | 3,70 | 0,65 | 1,09 |
| 18 - 24 | 1,96 | 0,65 | 1,52 | 0,43 |
| 24 > | 0,43 | 0,87 | 0,43 | 0,43 |
| TOTAL | 30,65 | 42,39 | 20,22 | 6,74 |

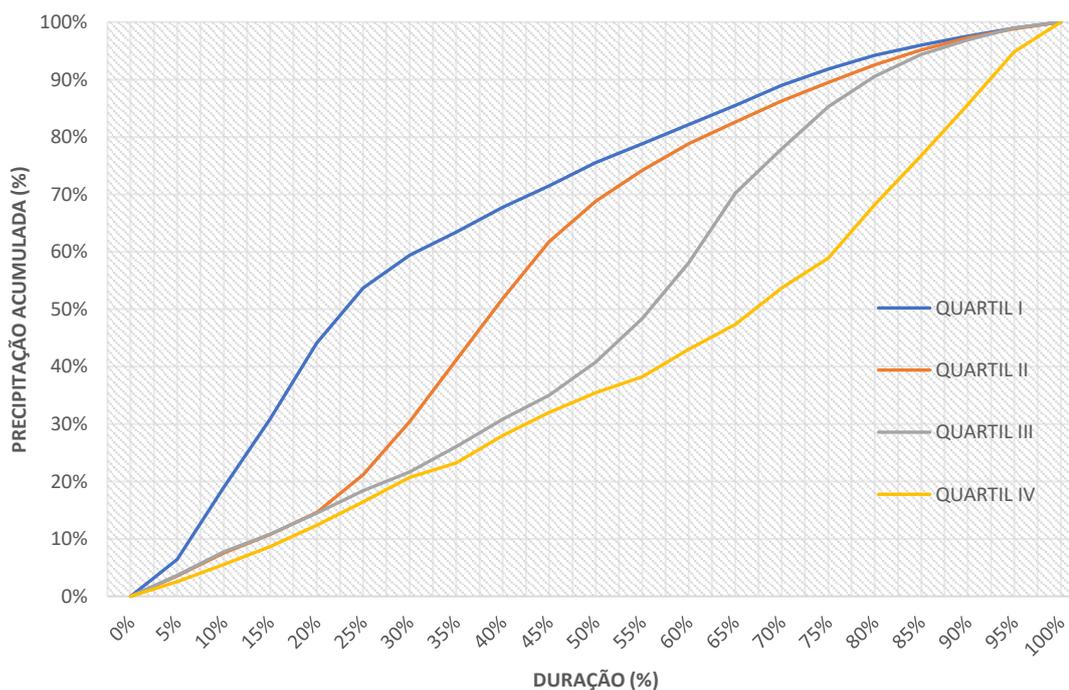
Fonte: Autor

Ao analisar a distribuição das chuvas por quartil de duração, observou-se um comportamento particular no 1º quartil. Nesse grupo, 86,5% dos eventos chuvosos estavam concentrados nas primeiras doze horas, o que indica uma elevada proporção de chuvas de curta duração. Em contraste, apenas 13,5% dos eventos ultrapassaram as 12 horas, caracterizando eventos de maior duração.

Entre os quartis analisados, o 4º quartil destacou-se pela maior frequência de eventos com duração superior a 12 horas em relação aos outros grupos, totalizando 29,1%, sugerindo chuvas intensas prolongadas nesse grupo, com possíveis implicações significativas para o planejamento de infraestruturas hidráulicas, apesar de que, de acordo com a Tabela 2, a quantidade de eventos selecionado neste quartil foi muito pequena. Os quartis 1º, 2º e 3º apresentaram frequências menores nesta faixa de intervalo de duração, com 13,5%, 12,3% e 12,9%, respectivamente.

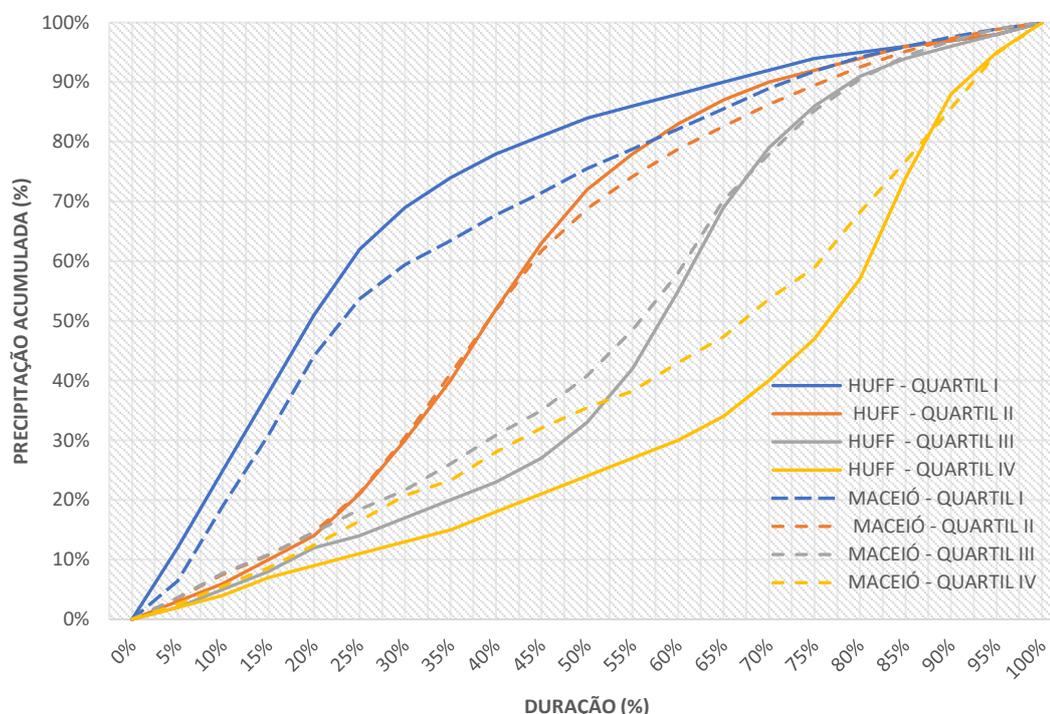
As curvas adimensionais obtidas para uma probabilidade de 50% estão apresentadas no Gráfico 5 e Gráfico 6. O primeiro gráfico contém as curvas dos 4 quartis para a cidade de Maceió com os dados de todos os pluviômetros, enquanto o segundo apresenta, também, as curvas de Huff (1967) para efeito comparativo.

Gráfico 5 – Curvas adimensionais de variação temporal com 50% de probabilidade para Maceió/AL com os dados de todos os pluviômetros.



Fonte: Autor

Gráfico 6 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Maceió e de Illinois (Huff, 1967) com 50% de probabilidade com os dados de todos os pluviômetros.

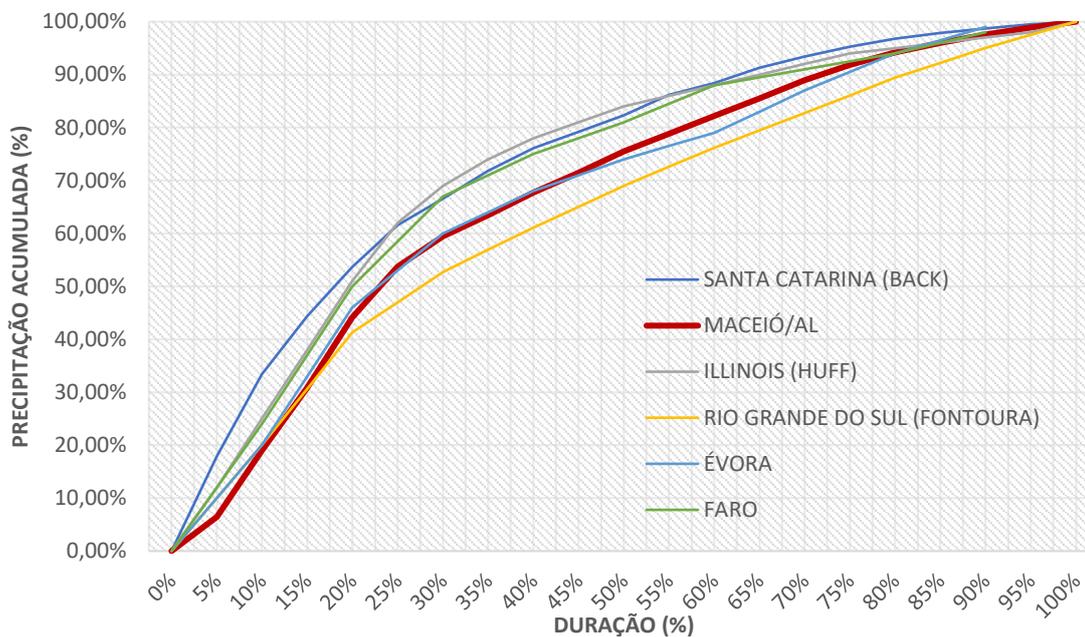


Fonte: Autor

Ao realizar uma análise das curvas de probabilidade de Maceió, foi constatado que, até a porcentagem de 25% da duração, os quartis 2, 3 e 4 exibem um comportamento similar, porém, a partir desse ponto, seus comportamentos divergem. Além disso, foi observado que as curvas geradas pelo método de Huff e as curvas desenvolvidas neste estudo, com base nos dados específicos de Maceió, apresentam padrões semelhantes, embora com valores distintos.

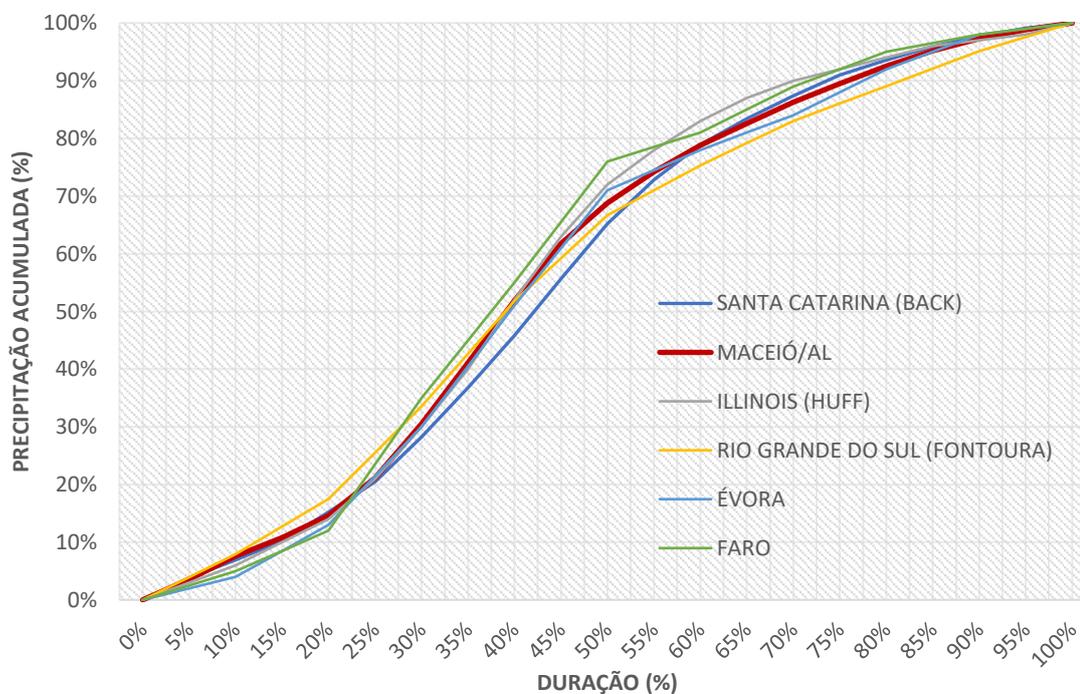
A comparação das curvas adimensionais dos quartis em Maceió, com os dados de todos os pluviômetros (Gráficos 3, 4, 5 e 6), com estudos que adotam 50% de probabilidade, com os estudos de Illinois (Huff, 1967), Rio Grande do Sul (Fontoura, 2019), Santa Catarina (Back, 2021), e Lisboa/Évora, Portugal (Brandão et. al., 2001), revelou padrões com as curvas obtida para a cidade de Maceió.

Gráfico 7 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil I de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade.



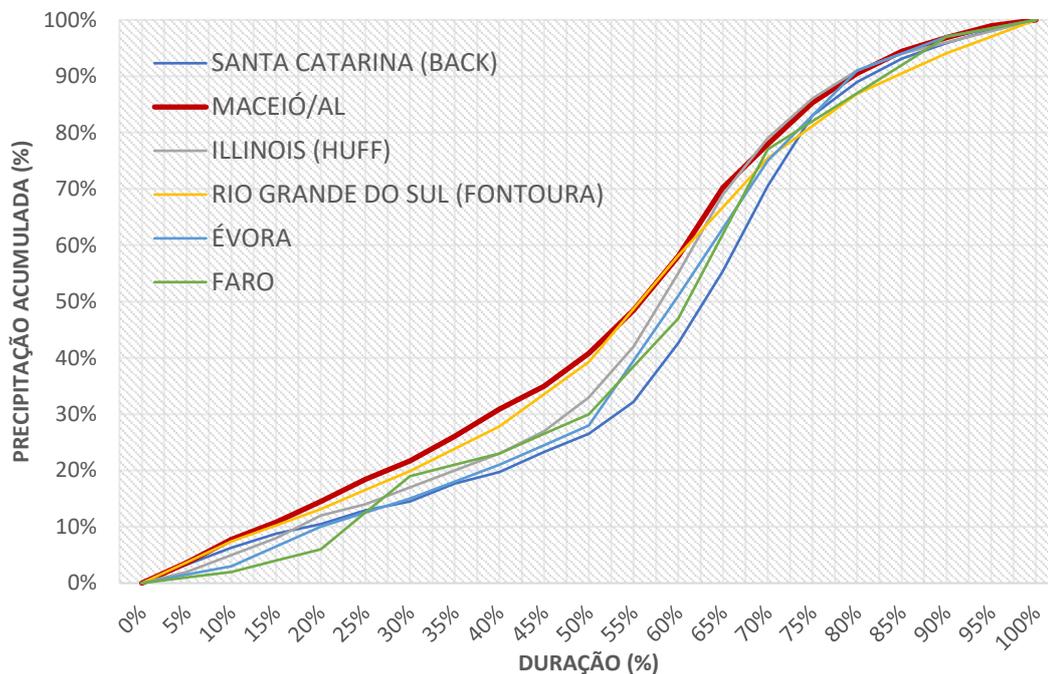
Fonte: Autor

Gráfico 8 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil II de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade.



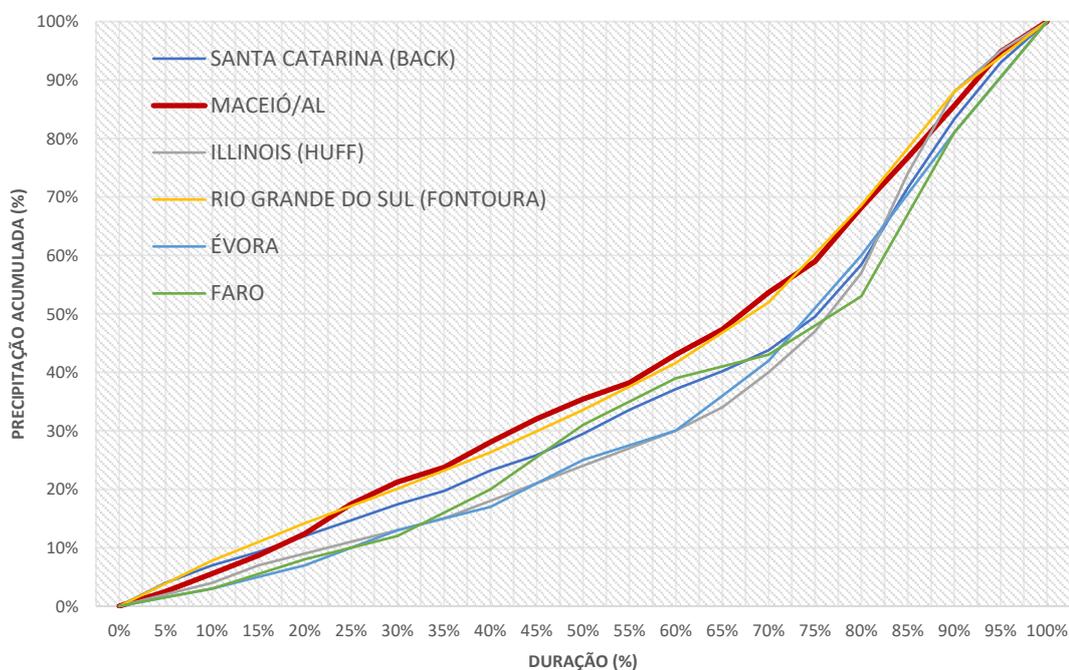
Fonte: Autor

Gráfico 9 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil III de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade.



Fonte: Autor

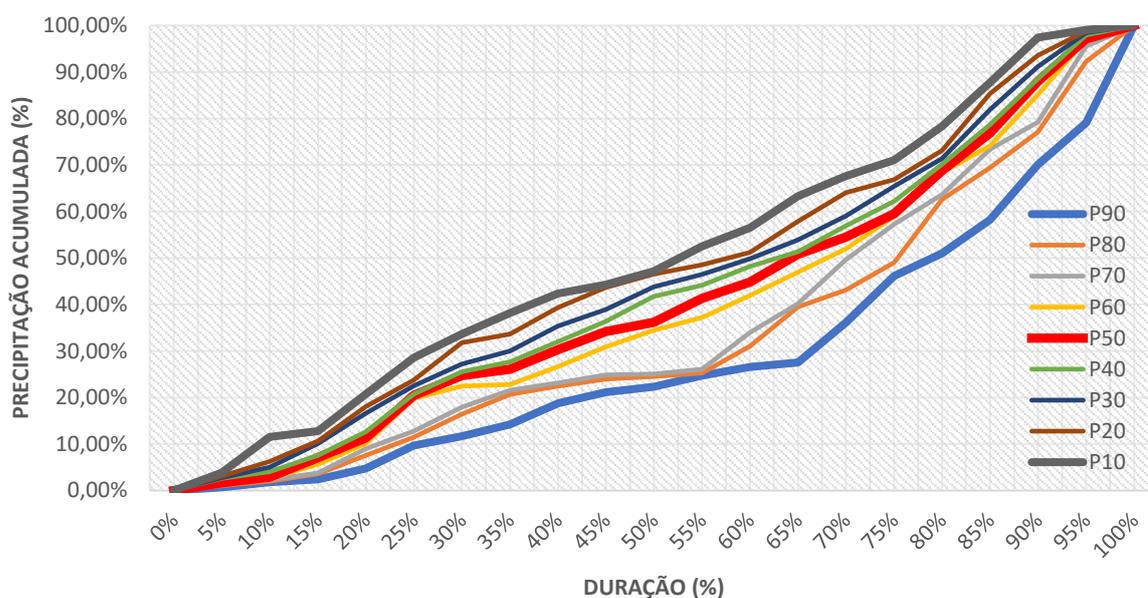
Gráfico 10 – Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal do Quartil IV de Maceió, com os dados de todos os pluviômetros, e outros estudos com 50% de probabilidade.



Fonte: Autor (2024)

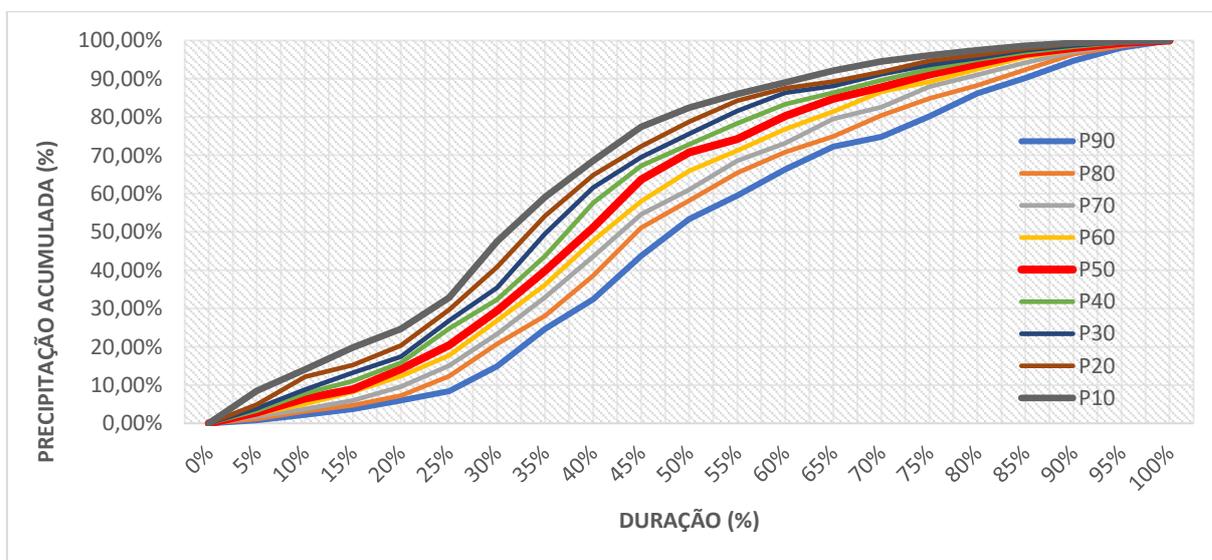
A avaliação do padrão temporal das chuvas intensas em Maceió, considerando diferentes níveis de probabilidade para cada quartil, é uma análise fundamental para compreender a distribuição e a variabilidade desses eventos ao longo do tempo. Por meio dos Gráficos apresentadas abaixo, é possível visualizar as características das chuvas intensas em diferentes intervalos de probabilidade nos quatro quartis.

Gráfico 11 – Curvas de probabilidade adimensionais do Quartil I para probabilidades de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió.



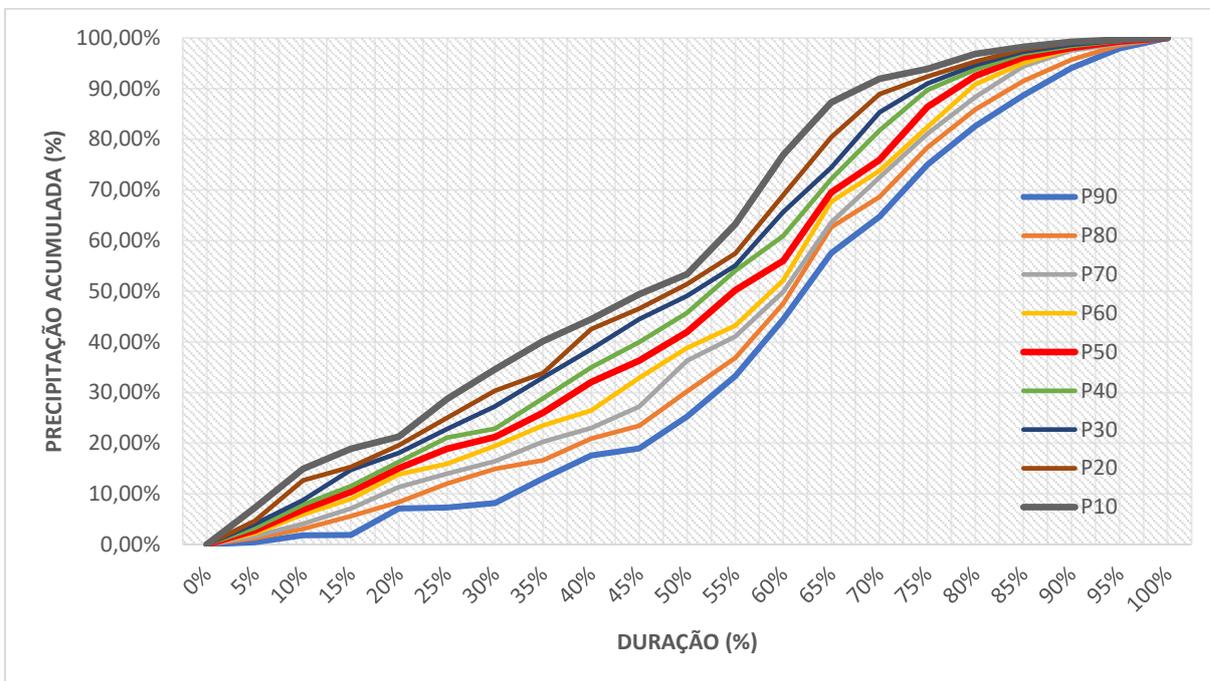
Fonte: Autor

Gráfico 12 – Curvas de probabilidade adimensionais do Quartil II para probabilidades de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió.



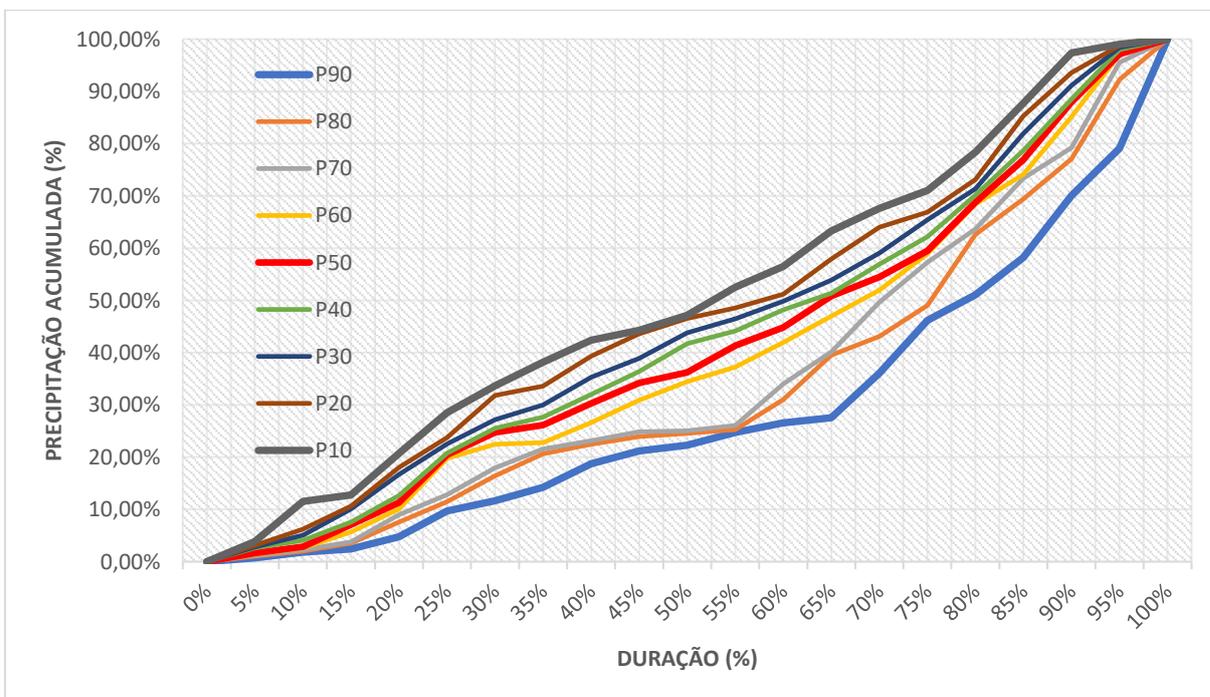
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 13 – Curvas de adimensionais do Quartil III para probabilidade de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió



Fonte: Autor

Gráfico 14 - Curvas de adimensionais do Quartil IV para probabilidades de 10% a 90%, com os dados de todos os pluviômetros de Maceió.



Fonte: Autor (2024)

É importante ressaltar que os ajustes realizados para o terceiro e quarto quartis podem apresentar uma menor precisão em comparação aos do primeiro e segundo quartis. Isso se deve à quantidade menor de eventos para esses quartis, pois enquanto o primeiro e o segundo quartil combinados, concentram 336 eventos, o que representa 73% dos eventos, o terceiro e quarto quartil concentram 124 eventos, que representa apenas 27% dos eventos significativos ao estudo. Ao adotar esses dados, principalmente destes quartis, deve-se ter cautela, considerando a limitação dos dados disponíveis.

Mesmo com essa limitação, as análises realizadas até o momento proporcionam dados importantes sobre os padrões climáticos locais e contribuem para o planejamento e a gestão de eventos extremos em Maceió. A busca por uma ampliação contínua dos dados, associada à sua atualização, desempenha um papel importante na melhoria da precisão dessas análises e no fornecimento de informações confiáveis para embasar a tomada de decisões de forma mais sólida.

Portanto, ressalta-se a importância de investimentos em monitoramento climático e na coleta sistemática de dados de distribuição temporal das chuvas intensas em Maceió. Esses esforços visam aprimorar a base de dados disponível, permitindo análises mais abrangentes e detalhadas, bem como a validação e refinamento de modelos climáticos existentes. Essa abordagem, por sua vez, facilitará a compreensão dos padrões climáticos locais, fornecendo subsídios para a adoção de medidas efetivas de mitigação e adaptação aos eventos extremos.

Na Tabela 6 está apresentada os valores adimensionais da distribuição temporal de chuva com probabilidade de excedência de 10% (P10), 50% (P50) e 90% (P90) para a cidade de Maceió, Alagoas. Os valores são categorizados de acordo com a duração dos eventos de chuva em porcentagem.

Tabela 6 – Valores da distribuição temporal de chuva com probabilidade de 10% (P10), 50% (P50) e 90% (P90) para dados de todos os pluviômetros de Maceió/AL em porcentagem (%)

| DURAÇÃO (%) | QUARTIL I | | | QUARTIL II | | |
|-------------|-----------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | P10 | P50 | P90 | P10 | P50 | P90 |
| 0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 5 | 17,7% | 4,0% | 0,7% | 8,5% | 2,8% | 0,8% |
| 10 | 34,6% | 16,8% | 2,8% | 14,1% | 6,5% | 2,2% |
| 15 | 50,1% | 28,1% | 10,7% | 19,8% | 8,9% | 3,7% |
| 20 | 66,2% | 40,9% | 28,7% | 24,7% | 14,1% | 6,0% |
| 25 | 73,8% | 52,3% | 35,8% | 32,8% | 20,4% | 8,4% |
| 30 | 78,2% | 60,6% | 39,3% | 47,5% | 29,4% | 14,9% |
| 35 | 82,6% | 64,5% | 45,1% | 59,1% | 39,8% | 24,7% |
| 40 | 84,6% | 69,2% | 51,9% | 68,6% | 51,2% | 32,5% |
| 45 | 86,2% | 73,7% | 54,7% | 77,5% | 63,7% | 43,7% |
| 50 | 88,4% | 76,4% | 58,2% | 82,5% | 70,8% | 53,3% |
| 55 | 90,3% | 80,5% | 62,3% | 86,0% | 74,3% | 59,5% |
| 60 | 92,1% | 84,9% | 68,2% | 89,0% | 80,3% | 66,4% |
| 65 | 94,7% | 88,2% | 72,6% | 92,2% | 84,8% | 72,3% |
| 70 | 96,9% | 91,4% | 79,0% | 94,5% | 87,8% | 74,8% |
| 75 | 97,9% | 94,2% | 83,5% | 96,1% | 91,1% | 80,2% |
| 80 | 98,4% | 95,6% | 88,0% | 97,4% | 93,9% | 86,2% |
| 85 | 99,0% | 97,2% | 91,8% | 98,7% | 96,5% | 90,2% |
| 90 | 99,4% | 98,2% | 94,2% | 99,4% | 98,0% | 94,7% |
| 95 | 99,7% | 99,3% | 97,6% | 99,7% | 99,3% | 98,1% |
| 100 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| DURAÇÃO (%) | QUARTIL III | | | QUARTIL IV | | |
|-------------|-------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | P10 | P50 | P90 | P10 | P50 | P90 |
| 0 | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,00% | 0,0% |
| 5 | 7,2% | 2,7% | 0,4% | 3,9% | 1,6% | 0,7% |
| 10 | 14,9% | 6,9% | 1,8% | 11,5% | 2,9% | 1,8% |
| 15 | 18,9% | 10,4% | 1,8% | 12,8% | 7,1% | 2,4% |
| 20 | 21,3% | 15,1% | 7,1% | 20,7% | 11,3% | 4,7% |
| 25 | 28,7% | 18,9% | 7,3% | 28,5% | 20,4% | 9,7% |
| 30 | 34,6% | 21,2% | 8,2% | 33,6% | 24,7% | 11,7% |
| 35 | 40,1% | 26,0% | 13,0% | 38,2% | 26,1% | 14,2% |
| 40 | 44,5% | 32,1% | 17,5% | 42,4% | 30,3% | 18,8% |
| 45 | 49,4% | 36,3% | 19,0% | 44,3% | 34,2% | 21,2% |
| 50 | 53,3% | 42,0% | 25,3% | 47,2% | 36,2% | 22,3% |
| 55 | 63,2% | 50,2% | 33,2% | 52,5% | 41,3% | 24,7% |
| 60 | 76,9% | 56,0% | 44,4% | 56,5% | 44,8% | 26,6% |
| 65 | 87,3% | 69,5% | 57,5% | 63,3% | 50,8% | 27,5% |
| 70 | 91,9% | 75,9% | 64,7% | 67,6% | 54,5% | 36,1% |
| 75 | 93,9% | 86,4% | 75,0% | 71,0% | 59,5% | 46,1% |
| 80 | 96,8% | 92,5% | 82,6% | 78,4% | 68,8% | 51,0% |
| 85 | 98,2% | 96,2% | 88,7% | 87,7% | 76,9% | 58,2% |
| 90 | 99,3% | 98,1% | 94,1% | 97,4% | 88,0% | 70,0% |
| 95 | 99,7% | 99,3% | 97,9% | 99,0% | 97,1% | 79,1% |
| 100 | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

Fonte: Autor (2024)

5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DE EVENTOS E CURVA ADIMENSIONAIS ENTRE OS POSTOS

A Tabela 7 indica uma visão abrangente da distribuição temporal dos eventos pluviométricos em várias estações meteorológicas localizadas em Maceió. Cada estação, identificada pelo código e local, é analisada em termos de sua contribuição nos diferentes quartis (I, II, III, IV), elucidando a frequência absoluta e a respectiva porcentagem em relação ao total de eventos. Destacam-se padrões distintos de comportamento temporal em cada estação, evidenciando diversidade nas intensidades e recorrências das precipitações intensas.

Tabela 7 - Quantidade de eventos separados por posto e quartil.

| ESTAÇÃO | LOCAL | QUARTIL | I | II | III | IV | TOTAL |
|------------|------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 270430202A | TABULEIRO DO MARTINS 2 | TOTAL | 9 | 7 | 9 | 2 | 27 |
| | | FREQUÊNCIA | 33,3% | 25,9% | 33,3% | 7,4% | |
| 270430203A | FAROL | TOTAL | 9 | 24 | 0 | 1 | 34 |
| | | FREQUÊNCIA | 26,5% | 70,6% | 0,0% | 2,9% | |
| 270430205A | TABULEIRO DO MARTINS | TOTAL | 11 | 26 | 4 | 1 | 42 |
| | | FREQUÊNCIA | 26,2% | 61,9% | 9,5% | 2,4% | |
| 270430207A | FAROL 2 | TOTAL | 12 | 14 | 6 | 0 | 32 |
| | | FREQUÊNCIA | 37,5% | 43,8% | 18,8% | 0,0% | |
| 270430209A | TRAPICHE DA BARRA | TOTAL | 14 | 13 | 3 | 1 | 31 |
| | | FREQUÊNCIA | 45,2% | 41,9% | 9,7% | 3,2% | |
| 270430210A | BENEDITO BENTES I | TOTAL | 6 | 16 | 5 | 3 | 30 |
| | | FREQUÊNCIA | 20,0% | 53,3% | 16,7% | 10,0% | |
| 270430211A | IPIOCA | TOTAL | 13 | 10 | 12 | 0 | 35 |
| | | FREQUÊNCIA | 37,1% | 28,6% | 34,3% | 0,0% | |
| 270430212A | CRUZ DAS ALMAS | TOTAL | 2 | 8 | 4 | 0 | 14 |
| | | FREQUÊNCIA | 14,3% | 57,1% | 28,6% | 0,0% | |
| 270430213A | ANTARES | TOTAL | 10 | 21 | 6 | 1 | 38 |
| | | FREQUÊNCIA | 26,3% | 55,3% | 15,8% | 2,6% | |
| 270430215A | CLIMA BOM | TOTAL | 14 | 17 | 14 | 3 | 48 |
| | | FREQUÊNCIA | 29,2% | 35,4% | 29,2% | 6,3% | |
| 270430216A | CIDADE UNIVERSITÁRIA | TOTAL | 14 | 19 | 14 | 7 | 54 |
| | | FREQUÊNCIA | 25,9% | 35,2% | 25,9% | 13,0% | |
| 270430217A | CHÃ DA JAQUEIRA | TOTAL | 17 | 7 | 4 | 7 | 35 |
| | | FREQUÊNCIA | 48,6% | 20,0% | 11,4% | 20,0% | |
| 270430218A | CAMBONA | TOTAL | 10 | 13 | 12 | 5 | 40 |
| | | FREQUÊNCIA | 25,0% | 32,5% | 30,0% | 12,5% | |

Fonte: Autor (2024)

Destaca-se a Estação Farol (270430203A) como um exemplo marcante de intensidade pluviométrica, com 70,6% dos eventos concentrados no segundo quartil (II). Em contraste, a Estação Cambona (270430218A) demonstra uma distribuição mais equitativa, com uma contribuição relativamente uniforme nos três primeiros quartis. A Estação Chã da Jaqueira (270430217A) revela uma notável predominância de eventos do primeiro quartil, concentrando quase metade (48,6%), indicando uma característica temporal distinta. A estação Cidade Universitária (270430216A) destacou-se com a maior incidência de eventos no 4º quartil, totalizando 7 eventos, seguida pela estação Cambona (270430218A) com 5 eventos; as demais estações exibiram uma quantidade inferior de eventos nesse quartil. Ademais, a frequência de eventos nos quartis III e IV é baixa em algumas estações, o que demonstra que eventos desse quartil são menos recorrentes na cidade.

Ao examinar a contribuição percentual de cada quartil para o total de eventos em cada estação, observa-se variações significativas nos comportamentos temporais, como por exemplo, as duas estações localizadas no Farol, apesar de estarem localizadas no mesmo bairro, apresentam variação, onde na estação Farol (270430203A), há uma concentração de 70,6% de eventos no segundo quartil, enquanto que na estação Farol2 (270430207A), há uma concentração de 43,8% de eventos nesse mesmo quartil, o que demonstra esta variação.

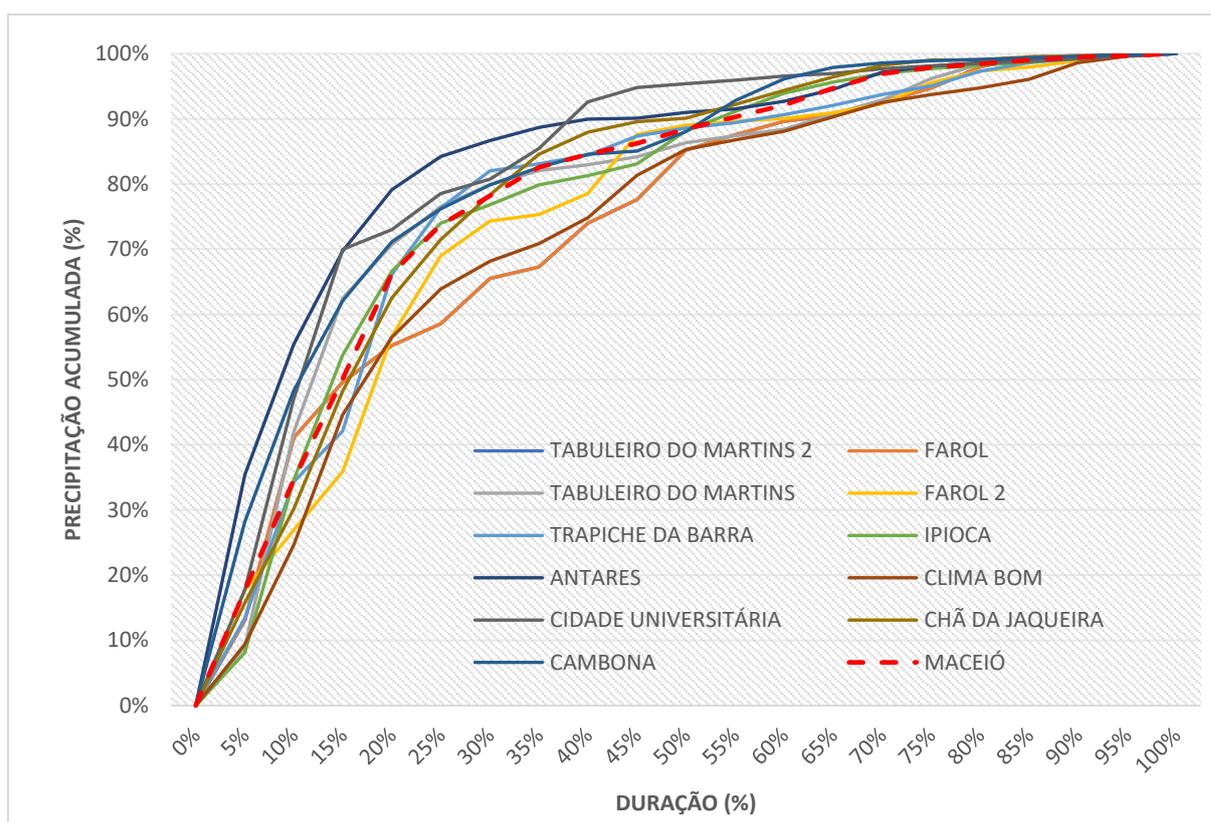
Essa variação pode ser atribuída a distintos padrões pluviométricos em localidades. Além disso, os critérios adotados no estudo desempenham um papel crucial, o que pode resultar na identificação de eventos em uma estação que não foram detectados em outras, culminando na geração de eventos discrepantes para estações próximas. Essa dinâmica ressalta a importância de conduzir análises com critérios diversos, a fim de se obter uma compreensão abrangente e precisa dos fenômenos em estudo.

A análise temporal das curvas adimensionais de probabilidade é fundamental para compreender a variabilidade climática e os padrões de eventos extremos. Neste contexto, é apresentado os Gráficos 15 a 24, onde pode ser comparado as curvas de probabilidade de 10%, 50%, e 90% em diferentes quartis, destacando a influência temporal nos eventos meteorológicos. A comparação entre as curvas adimensionais

de probabilidade nos percentis de 10%, 50%, e 90% para cada quartil é visualizada nos Gráficos 15 a 17 para o primeiro quartil, nos Gráficos 18 a 20 para o segundo quartil, nos Gráficos 21 a 23 para o terceiro quartil, e no Gráfico 24 para o quarto quartil.

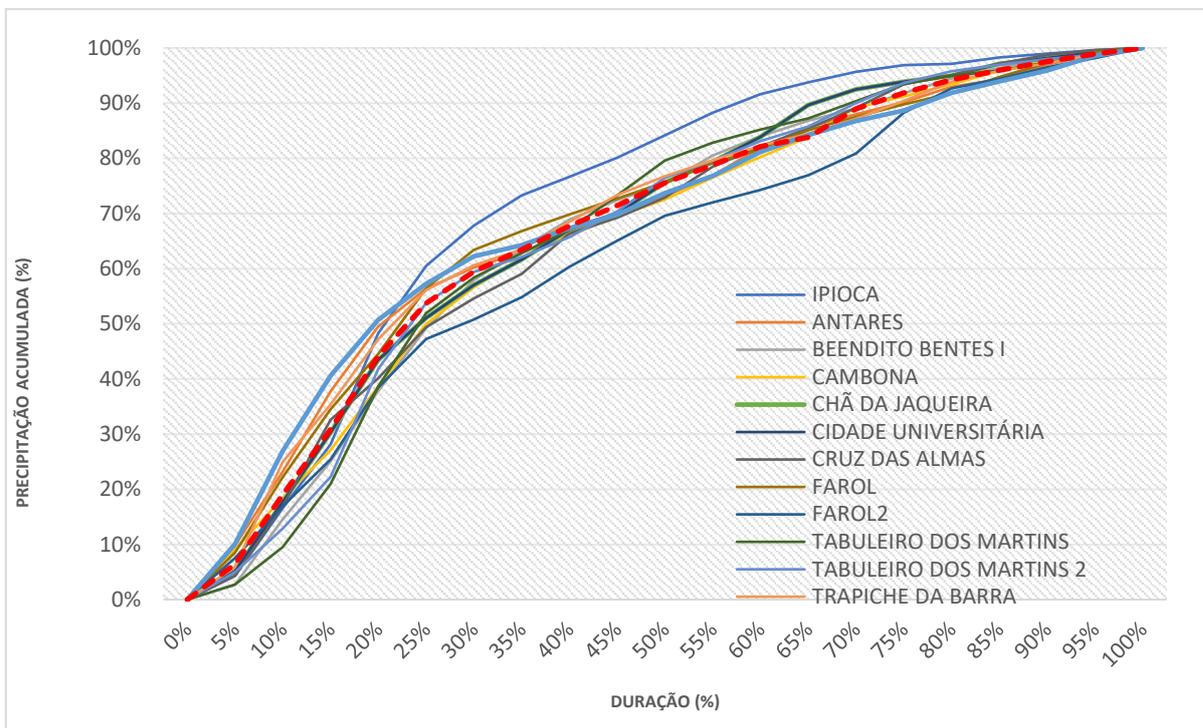
As curvas adimensionais por posto referentes à probabilidade de 50% estão disponíveis para todas as estações. Contudo, a obtenção das curvas correspondentes aos percentis de 10% e 90% foi viável somente para aquelas estações que apresentaram um contingente mínimo de 9 eventos em um determinado quartil. No Apêndice 1 estão apresentadas as distribuições temporais de ocorrência das chuvas intensas com 50% para todas as estações.

Gráfico 15 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 10% do Quartil I, por posto.



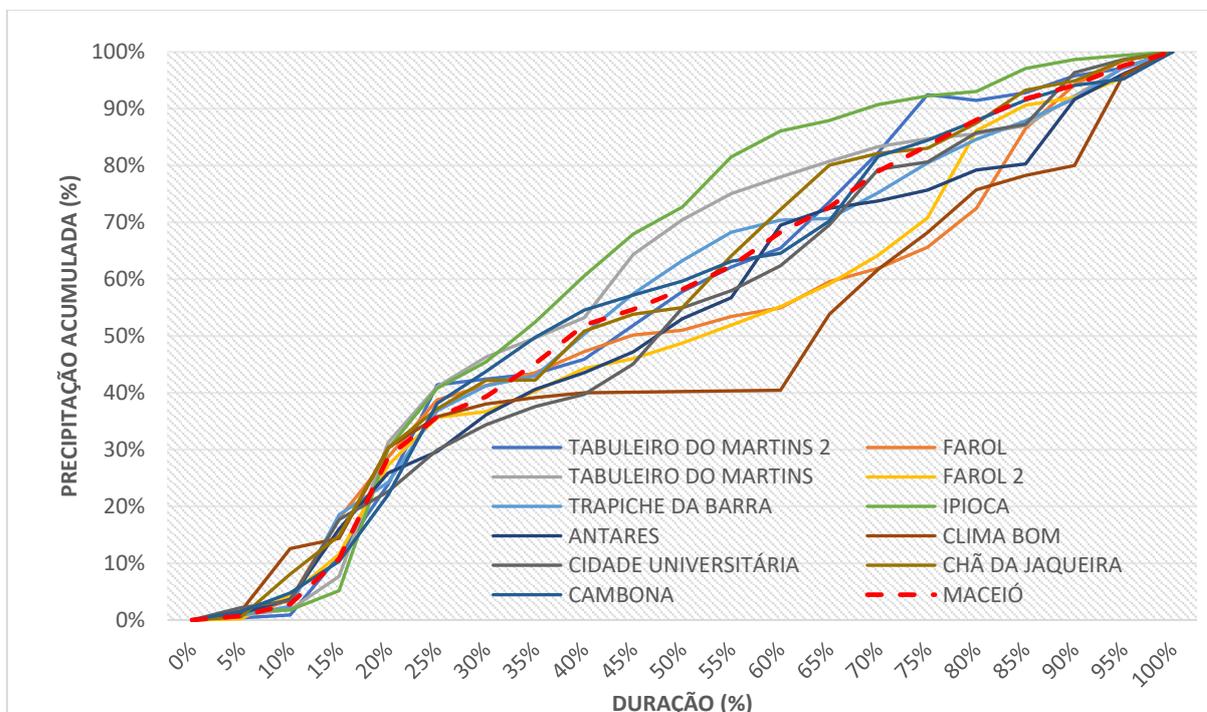
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 16 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil I, por posto.



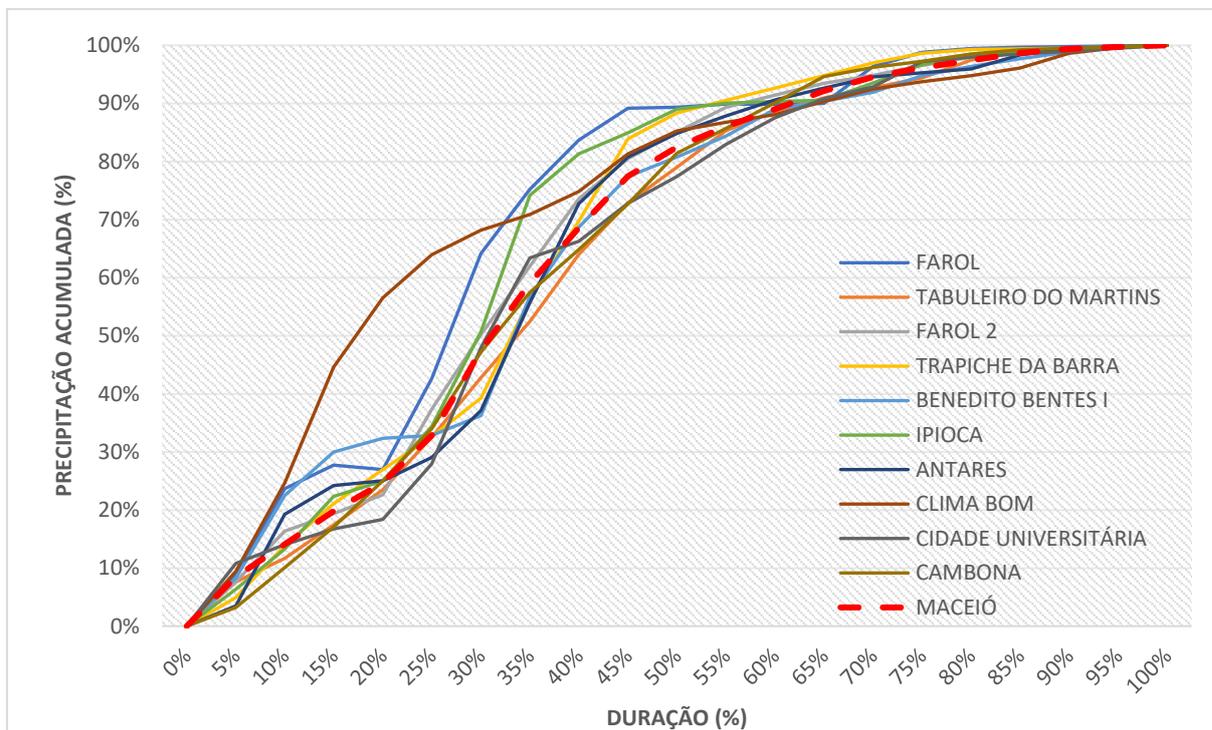
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 17 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 90% do Quartil I, por posto.



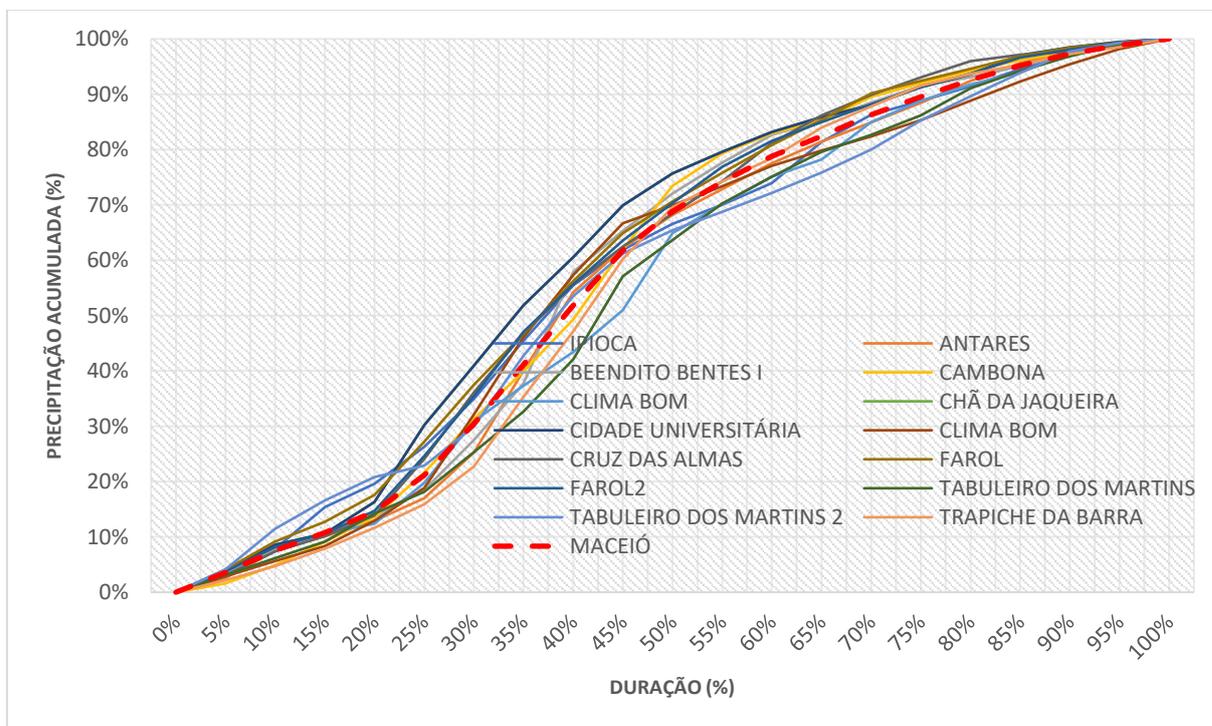
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 18 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 10% do Quartil II, por posto.



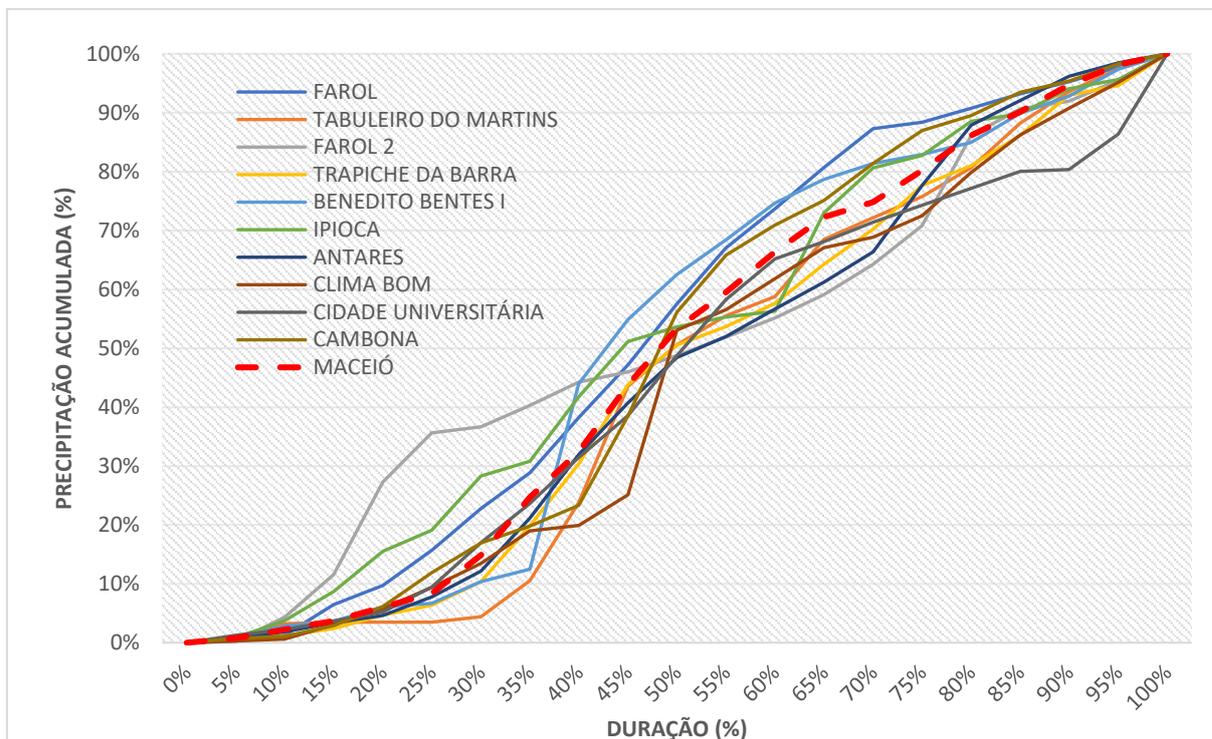
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 19 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil II, por posto.



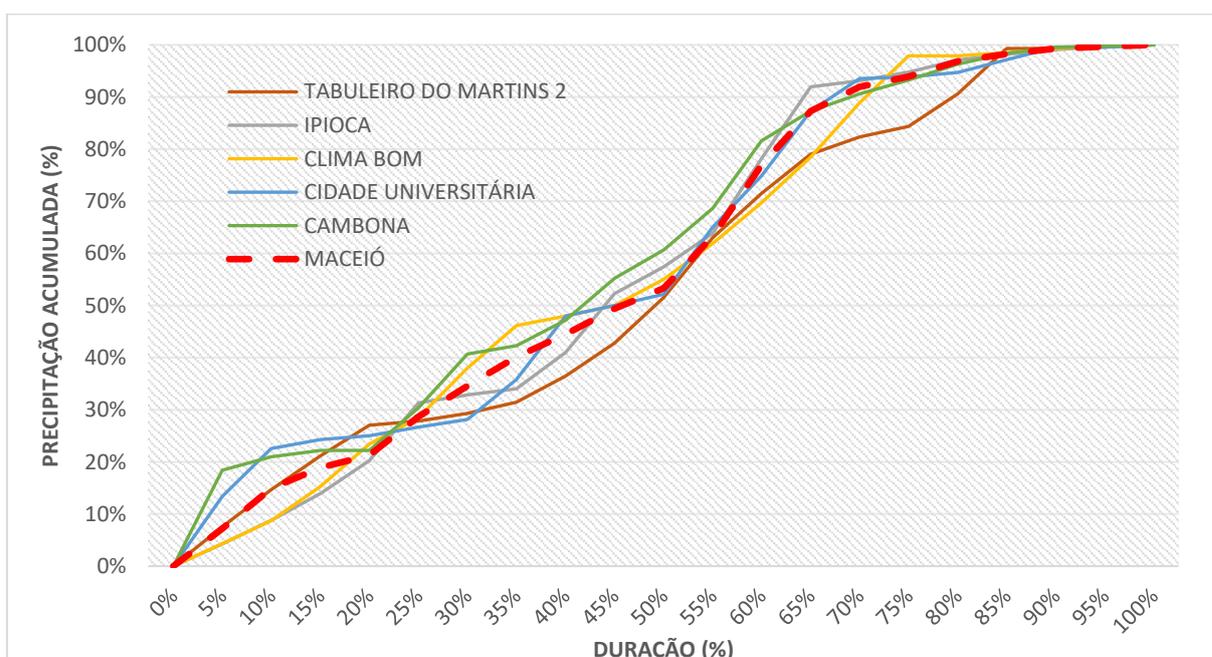
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 20 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 90% do Quartil II, por posto.



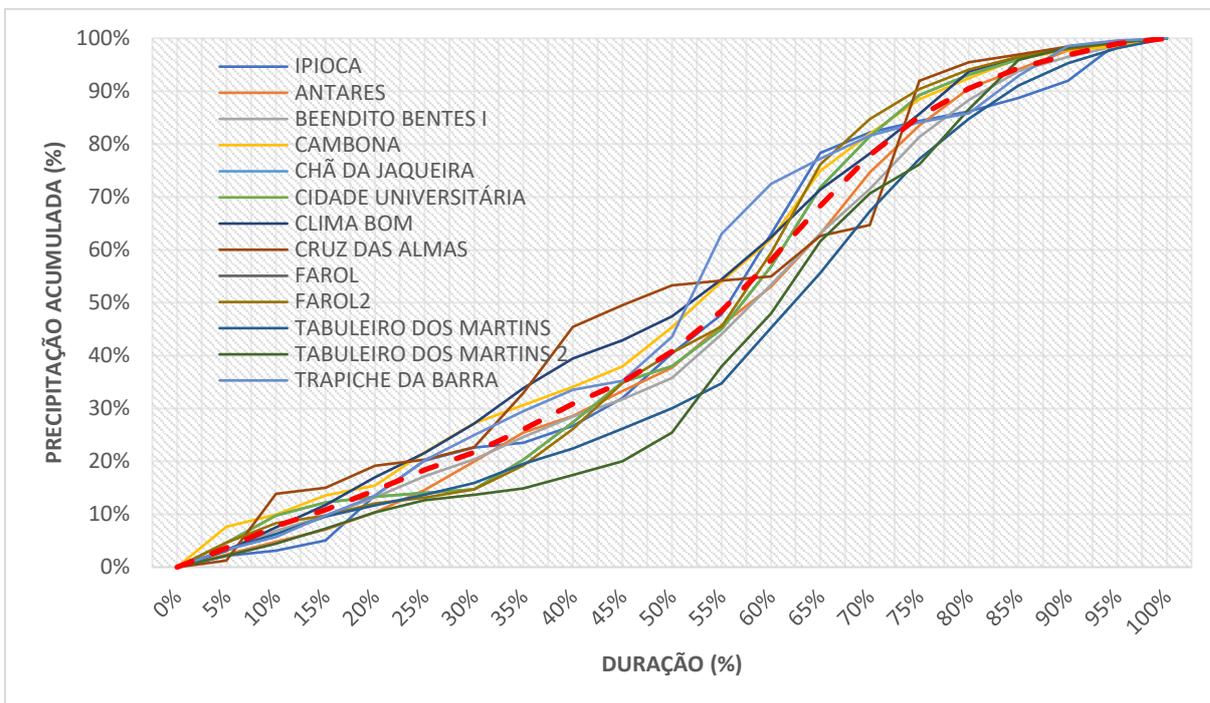
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 21 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 10% do Quartil III, por posto.



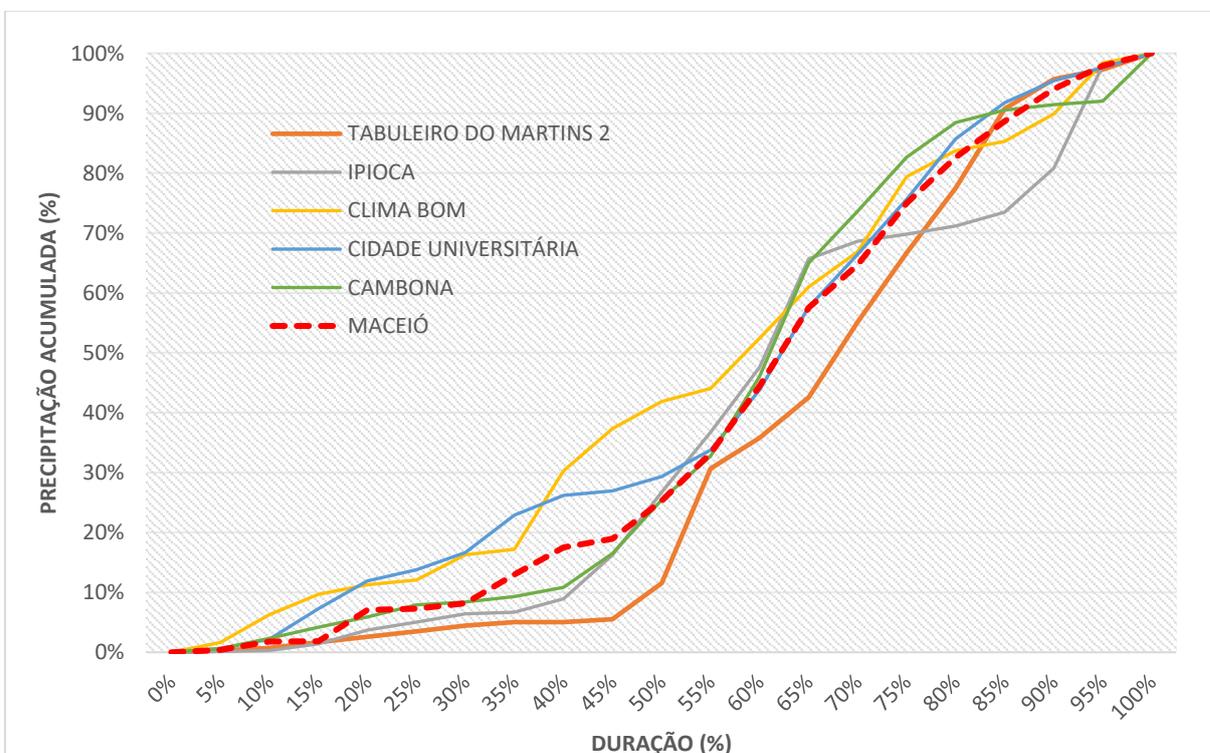
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 22 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil III, por posto.



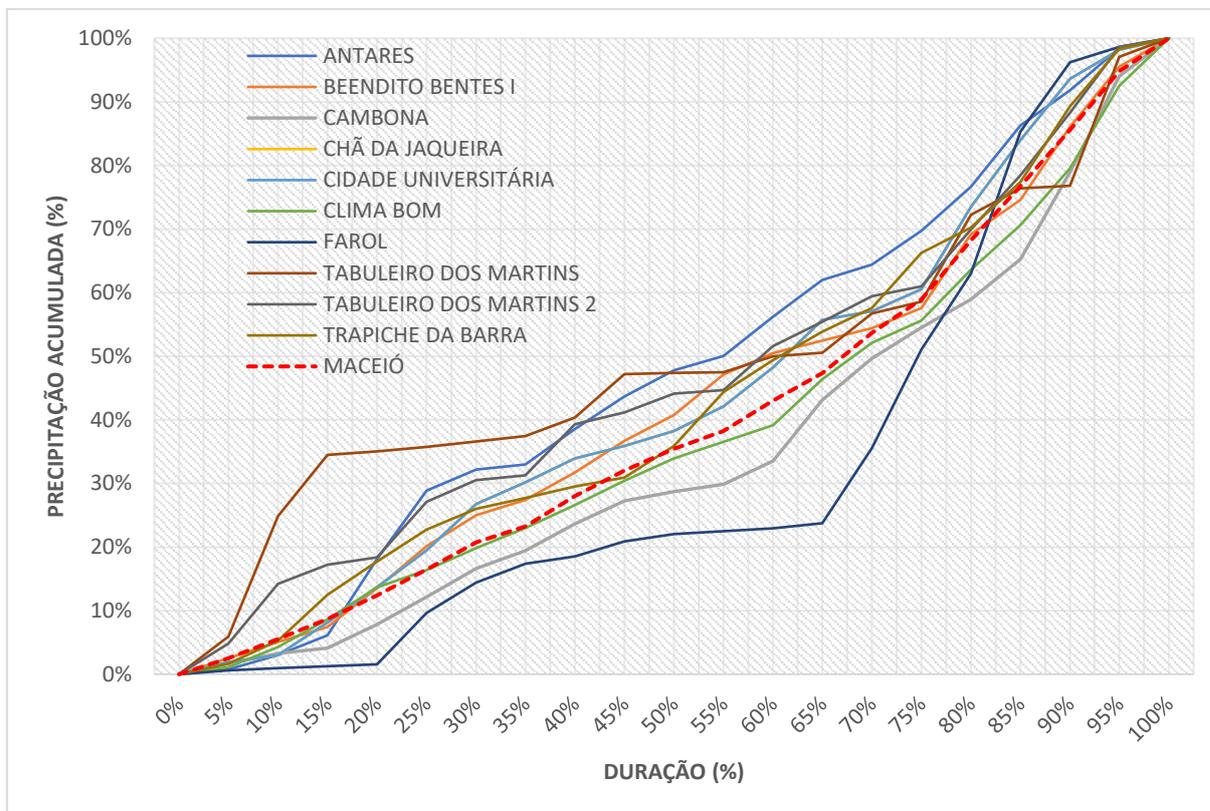
Fonte: Autor (2024)

Gráfico 23 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 90% do Quartil III, por posto.



Fonte: Autor (2024)

Gráfico 24 - Comparativo entre as curvas adimensionais de variação temporal de Probabilidade 50% do Quartil IV, por posto.



Fonte: Autor (2024)

As representações gráficas, ao exibirem padrões semelhantes nas curvas de probabilidade de 50% entre diversas estações e as identificadas para Maceió, para os Quartis I, II e III, indicam consistência nesse aspecto. No que diz respeito ao Quartil IV, observa-se uma amplitude mais significativa. Essa característica pode ser associada à escassez de eventos identificados em comparação com os demais quartis, tornando-o particularmente suscetível à variação específica desses eventos identificados.

A distinção entre as curvas torna-se mais acentuada nas probabilidades de 10% e 90%, revelando a sensibilidade desses gráficos à quantidade de eventos significados identificados. Essa análise ganha importância ao evidenciar variações nos padrões pluviométricos dentro de uma mesma área urbana, destacando a necessidade de prolongar o estudo temporal visando assegurar uma precisão mais robusta destes dados.

6 CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos revela pontos importantes sobre a distribuição temporal e a caracterização das chuvas intensas na região de Maceió. De acordo com os dados disponíveis, a metodologia e os 460 eventos separados no período da pesquisa, observou-se que a maior frequência de eventos ocorre nos primeiros dois quartis, correspondendo a aproximadamente 73% do total, enquanto os últimos dois quartis contribuem com apenas cerca de 27%. Esta distribuição sugere uma tendência de alta concentração de chuvas intensas no início de sua duração na cidade.

Ademais, a frequência de eventos do terceiro e quarto quartil é baixa, o que demonstra que eventos desse quartil são menos recorrentes na cidade. Deve-se ter cuidado no uso dos dados do 4º quartil, pois apenas 31 eventos (6,7% do total), foram registrados.

Na análise sazonal, conforme previsto, observou-se uma concentração mais significativa de chuvas intensas durante o inverno, seguido pelo outono. A estação com menor incidência de eventos chuvosos intensos foi a primavera. Seguindo a metodologia estabelecida, no inverno, predominaram chuvas do 3º quartil, enquanto na primavera, as de maior frequência foram do 1º quartil. No verão, as chuvas mais frequentes foram do 2º quartil, e no outono, prevaleceram as chuvas do 1º quartil.

Foram encontradas curvas adimensionais da distribuição temporal de chuva com diferentes níveis de probabilidade para Maceió/AL para uso em estudos subsequentes e eventuais dimensionamentos de estruturas hidráulicas em relação a cidade de Maceió.

Em análise comparativa dos eventos entre as estações, foram identificados padrões distintos de comportamento temporal em cada localidade. Essa observação revelou uma diversidade nas intensidades e recorrências das precipitações intensas dentro do mesmo município. Além disso, destaca-se a influência dos critérios adotados na análise, os quais têm o potencial de resultar na identificação de eventos em uma estação que não são detectados em outras, ressaltando, assim, a necessidade premente de realizar a análise com diferentes critérios para uma

compreensão mais abrangente do comportamento da distribuição temporal da precipitação em Maceió.

Na comparação das curvas de probabilidade de 10%, 50% e 90% para as diferentes estações foram identificados padrões de chuva semelhantes para a probabilidade de 50%, e constatado consideráveis variações nas curvas de 10% e 90%. Essas variações, contudo, são decorrentes da escassez de eventos por estação, o que dificulta a obtenção de dados mais homogêneos para esses percentis específicos. Destaca-se, portanto, a necessidade de manter a operação contínua dessas estações pluviométricas, possibilitando o acúmulo de dados ao longo de um período mais extenso. Adicionalmente, ressalta-se a importância de considerar a instalação de novas estações.

Para a distribuição temporal, deve-se ampliar com os eventos considerados, incluindo aqueles que não são considerados intensos pelo critério adotado por Pfafstetter (1957), isso proporcionará uma compreensão mais generalista dos padrões de chuva. Destaca-se a importância de investir em monitoramento climático e na coleta sistemática de dados sobre a distribuição temporal das chuvas em Maceió. Essas iniciativas são fundamentais para aprimorar a base de dados existente e promover uma compreensão mais completa dos padrões climáticos na região.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. G.; SOBRINHA, L. A.; BRANDAO, J. L. B. (2017). Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos. **Eng. Sanit. Ambient** 22(2), pp. 239-250, 2017.
- Back, Álvaro J. (2021). **Determinação das curvas de Huff para a Região Serrana de Santa Catarina**. Brazilian Journal of Development.
- BEMFICA, D. C.; GOLDEFUM, J. A.; SILVEIRA, A. L. L. Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 4, pp. 5-16. 2000.
- CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384 p.
- CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (2020). Disponível em <https://www.cemaden.gov.br>, Mar. de 2020
- CHOW, V.; MAIDMENT, D.; MAYS, L. **Design storms. Applied Hydrology**, vol. 14. New York: McGraw-Hill, 1988.
- DENARDIN, J.; FREITAS, P. L. Características fundamentais da chuva no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 10, p. 1409-1416, 1982.
- FARIA, C. E.; BELLO, I. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, C. S. Hietogramas obtidos a partir de relações idf para as mesorregiões sul/sudoeste e campo das vertentes, MG. **SUSTENTARE**, v. 2, p. 1-15, 2018
- FERREIRA, M. G. B. **Análise regional da distribuição temporal de precipitações sub diárias para o estado de Minas Gerais**. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. Belo Horizonte, 2015.
- FIGUEIREDO, N.N. ; CAMPOS, J. N. B. O efeito do hietograma na vazão de pico de cheias. In: XVII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2007
- FONTOURA, J. R. **Padrões de Distribuição Temporal das Precipitações Intensas no Rio Grande do Sul**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, 2019.
- GONÇALVES, L. S. **Relações intensidade-duração-frequência com base em estimativas de precipitação por satélite**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade de Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- HUFF, F. A. Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois. **Illinois State Water Survey**, Champaign, Circular 173. 1990.
- HUFF, F. A. Time Distributions of Rainfall in Heavy Storms. **Water Resources Research**, v. 3, n.4, p. 1007-1019. 1967.
- KERR, R. L.; RACHFORD, T. M.; REICH, B. M.; LEE, B. H.; PLUMMER, K. H. Time distribution of storm rainfall in Pennsylvania. **Institute for Research on Land and Water Resources**, Pennsylvania State University, Pa. 1974.
- MAIDMENT, D. R. et al. **Handbook of hydrology**. [S.l.]: McGraw-Hill, New York, 1993. V. 1.
- MENEZES, D. J. B. **Estudo da Distribuição Espacial E Temporal Da Precipitação Na Bacia Do Riacho Reginaldo, Maceió-AL**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

MOLIN, L.; DEVILLA, I.; GOULART, J.P.; MAESTRINI, A. P. **Distribuição Temporal de Chvas Intensas em Pelotas, RS**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol 1 n. 2 Jul/Dez 1996, 43-51.

MUNIZ, L. F, et. al. Influência do hietograma sintético na cheia de projeto do Reservatório Macacos no Estado do Ceará. In: XXII SBRH - Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis, Santa Catarina, 2017.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Brasília: Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1957. 246 p.

MEDEIROS, A. M.; SOUZA, V. C. B. de; NEVES, M. G. F. P das. Análise comparativa de dados de chuvas intensas em relação às equações IDF na cidade de Maceió – Alagoas. In: XV SRHNE - Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2020, Porto Alegre-RS. **Anais...** Porto Alegre: ABRHidro, 2020.

NEVES, M. G. F. P.; UCHÔA, L. M. **Estudo de critérios para separação de eventos chuvosos**. In: XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas e III Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, 2020, Porto Alegre-RS. **Anais ...** Porto Alegre: ABRHidro, 2020.

TUCCI, C. E. M., **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS, Porto Alegre - RS, 1995.

POWELL, D. N.; KHAN, A. A.; AZIZ, N. M.; RAIFORD, J. P. Dimensionless Rainfall Patterns for South Carolina. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 12, p.130-133, 2007.

SANTOS, P. R. **Análise de métodos para obtenção de chuvas intensas para a cidade de Maceió**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Maceió, 2018.

SANTOS, V. C. 2021. **Avaliação de sistema de aproveitamento de águas pluviais de telhado via simulação contínua com dados subdiários**. 112f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento). Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL.

SILVA, C. M.; SILVA, G. B. L. Cumulative effect of the disconnection of impervious areas within residential lots on runoff generation and temporal patterns in a small urban area. **Journal of Environmental Management**, Amsterdã, v. 253, p. 1-12, 2020.

SHUTTLEWORTH, W. J. **Terrestrial hydrometeorology**. 1. ed. UK: John Wiley & Sons, 2012.

ZIEGLER, A. D.; JUNJIRO, N. N.; SIDLE, R. C.; NOGUCHI, S.; NIK, A. R. Impacts of logging disturbance on hillslope saturated hydraulic conductivity in a tropical forest in Peninsular Malaysia. **Science Direct**, v. 67, p.89-104, 2006.

APÊNDICE

Figura A.1 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430203A – Farol

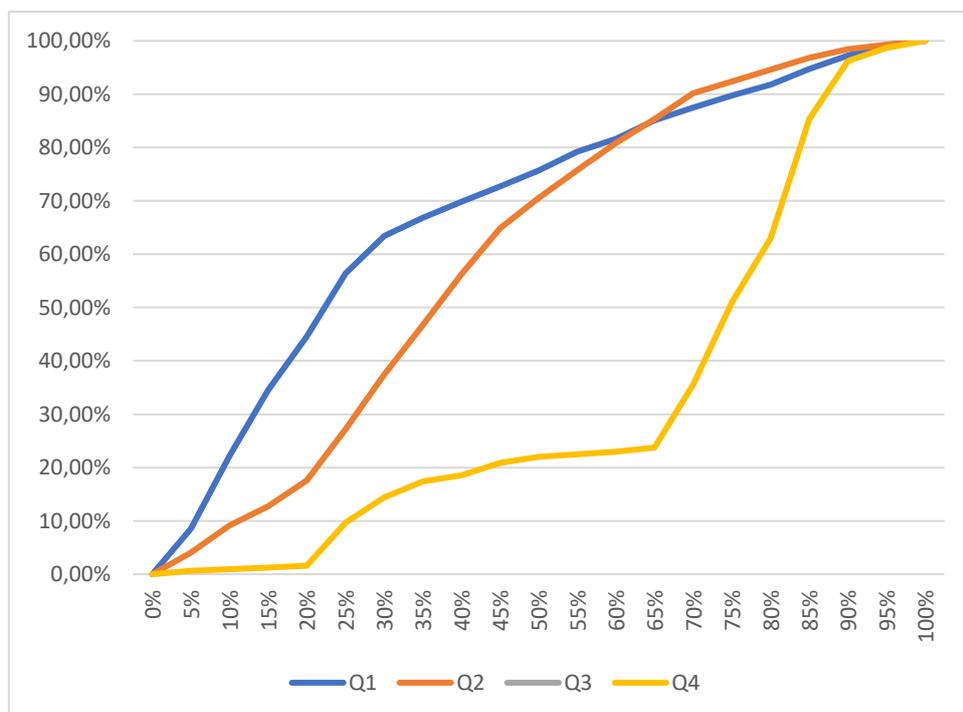


Figura A.2 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430205A – Tabuleiro dos Martins

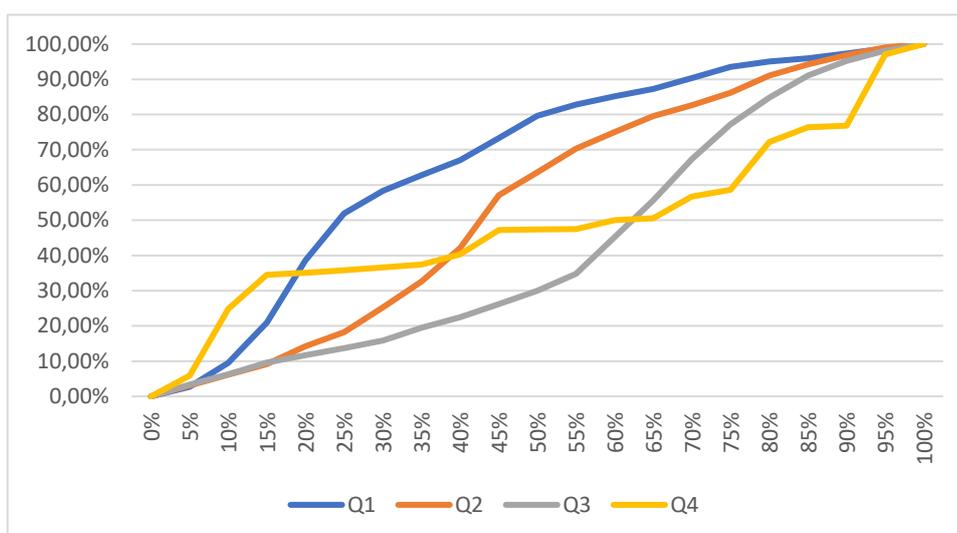


Figura A.3 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430207A – Farol 2

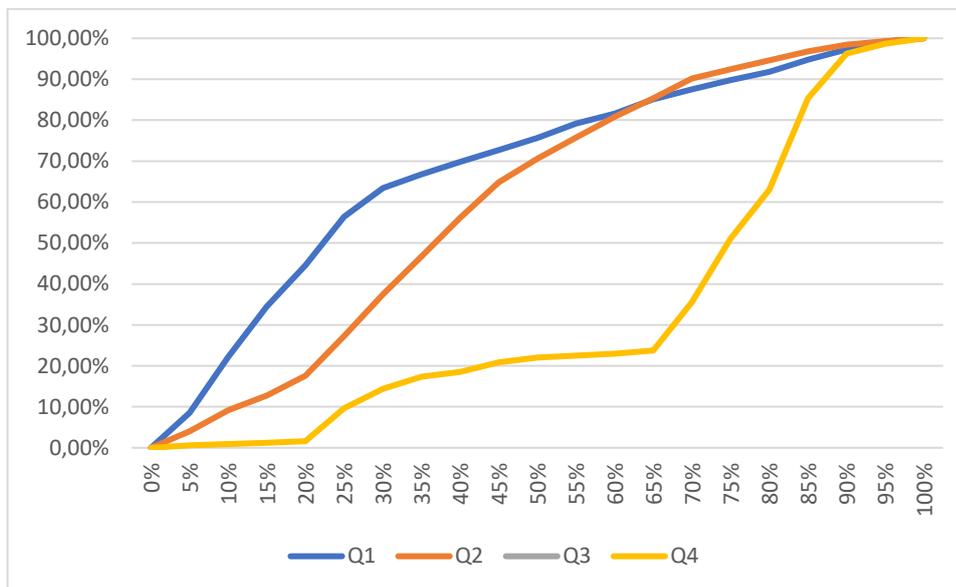


Figura A.4 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430209A – Trapiche da Barra

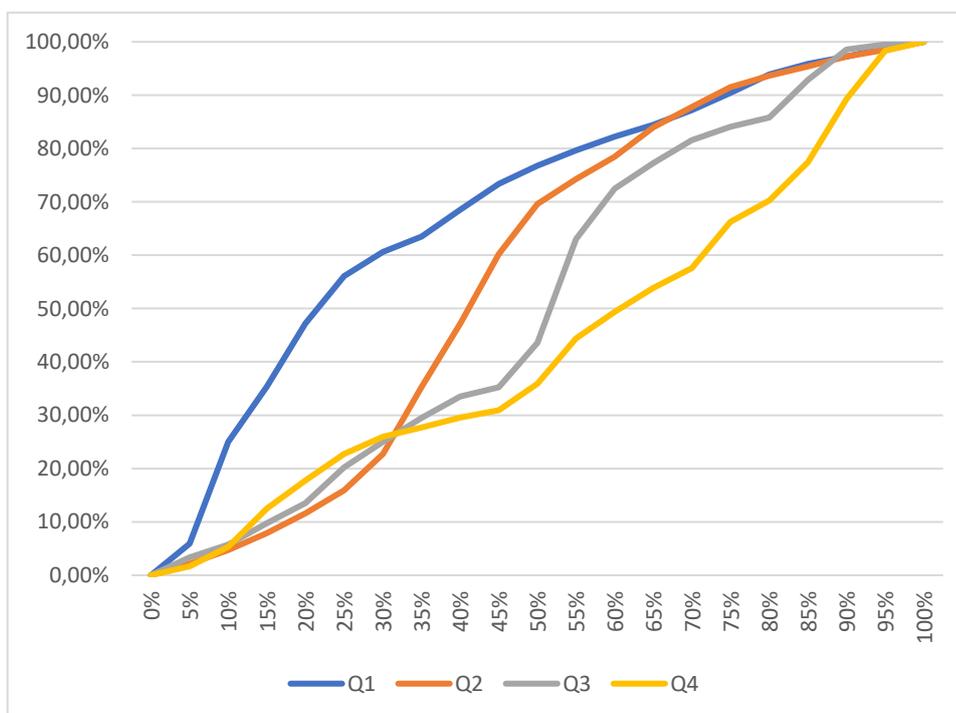


Figura A.5 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430210A – Benedito Bentes I

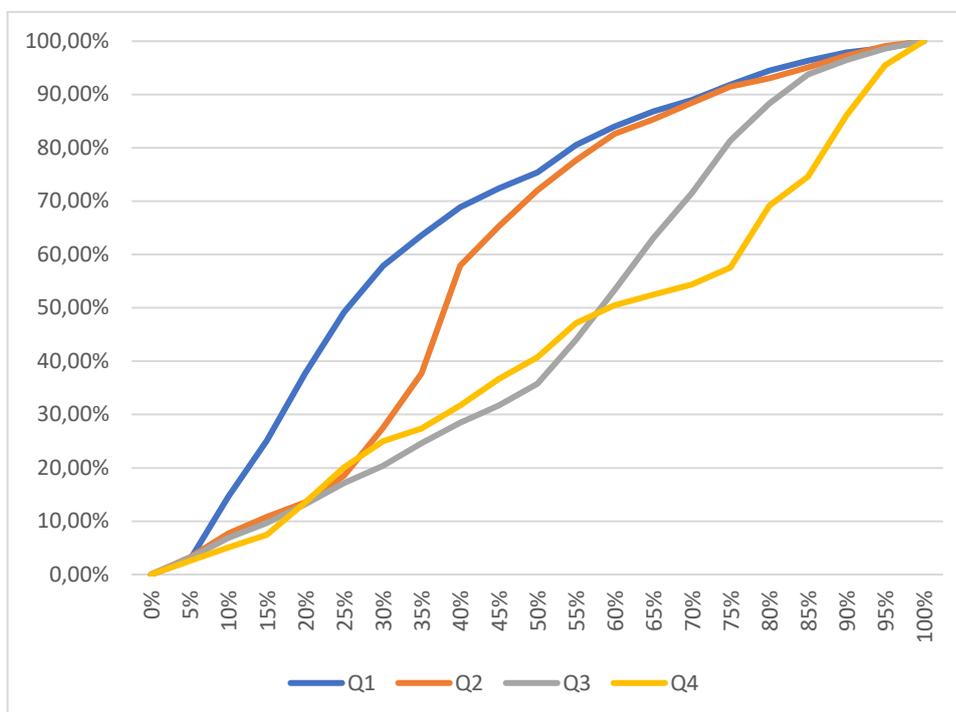


Figura A.6 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430211A – Ipioca

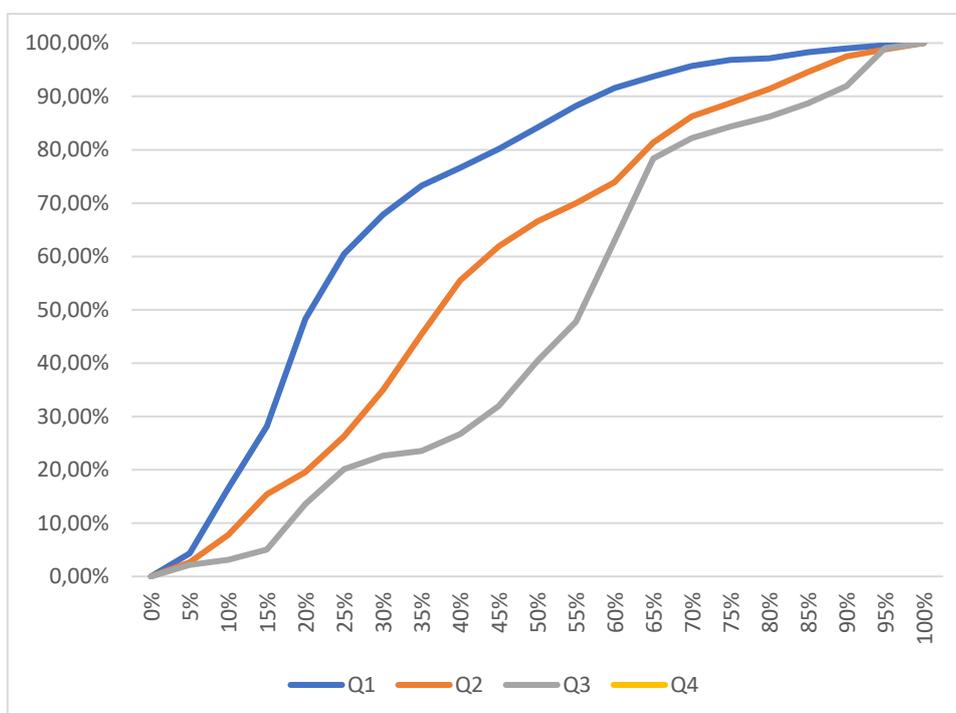


Figura A.7 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430212A – Cruz das Almas

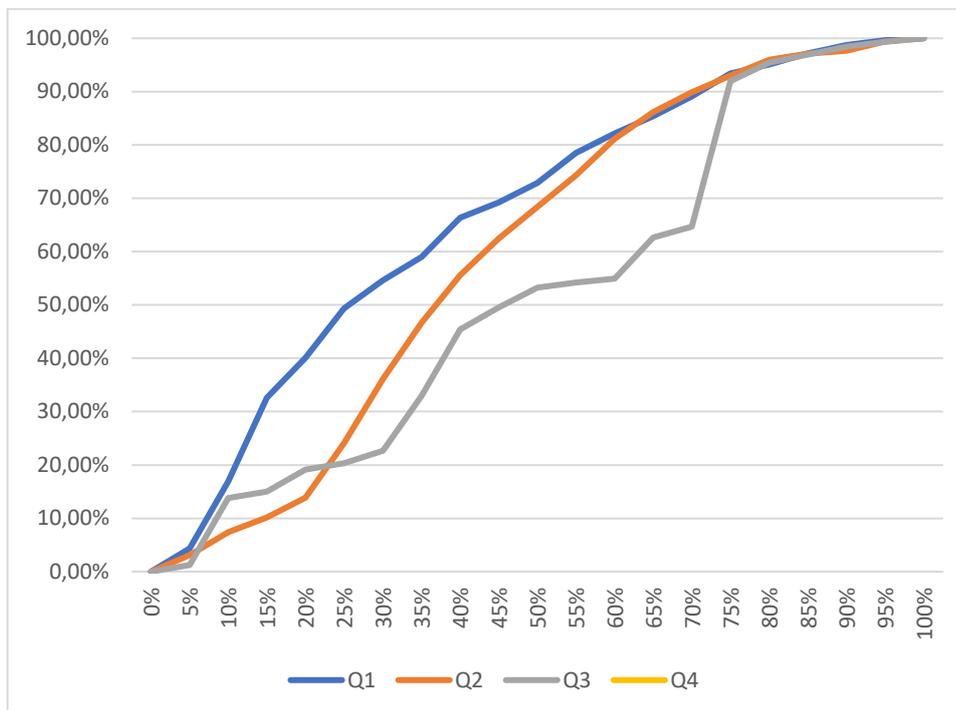


Figura A.8 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430213A – Antares

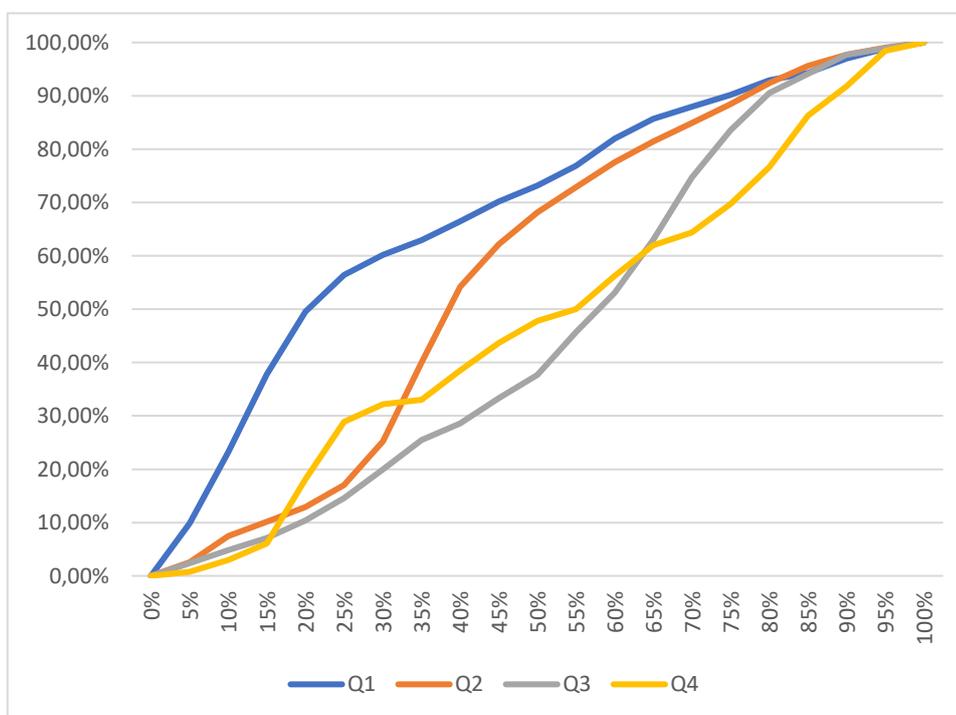


Figura A.9 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430215A – Clima Bom

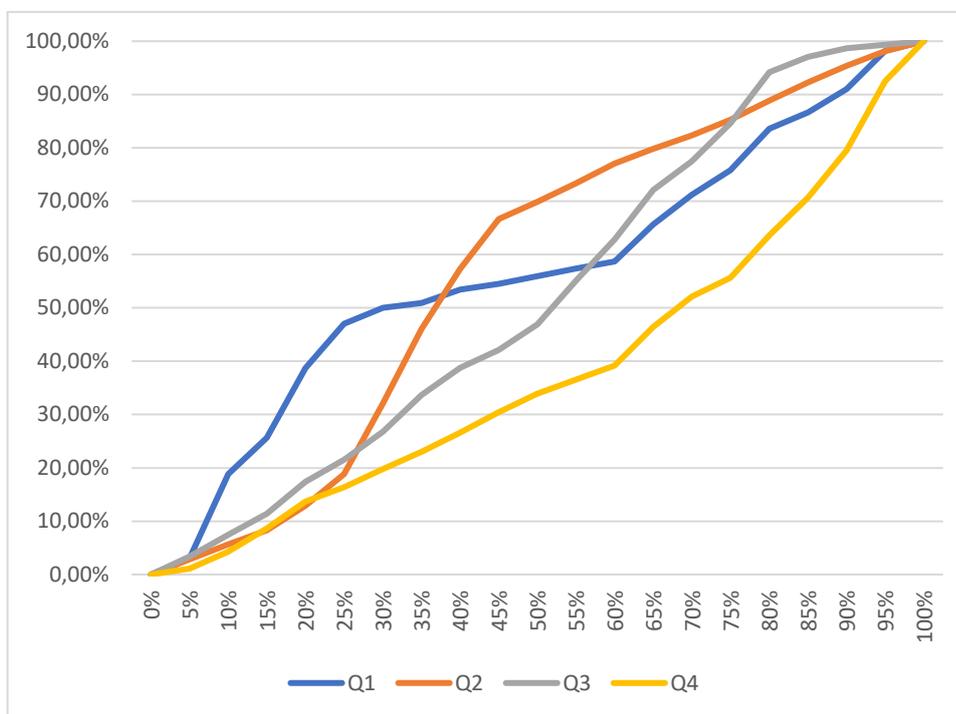


Figura A.10 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430216A – Cidade Universitária

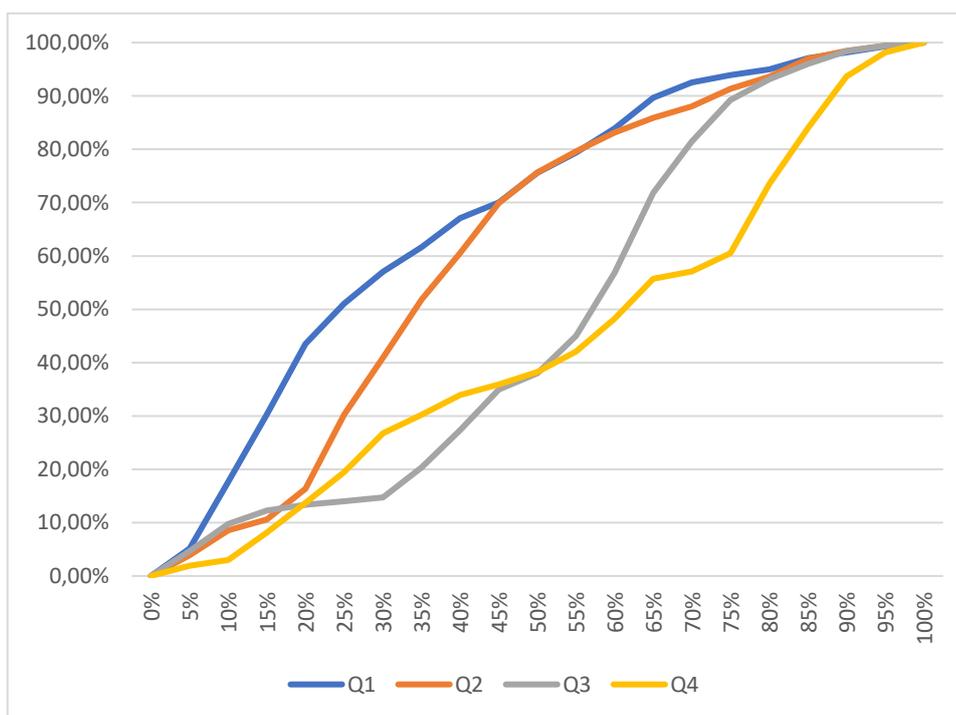


Figura A.11 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430217A – Chã da Jaqueira

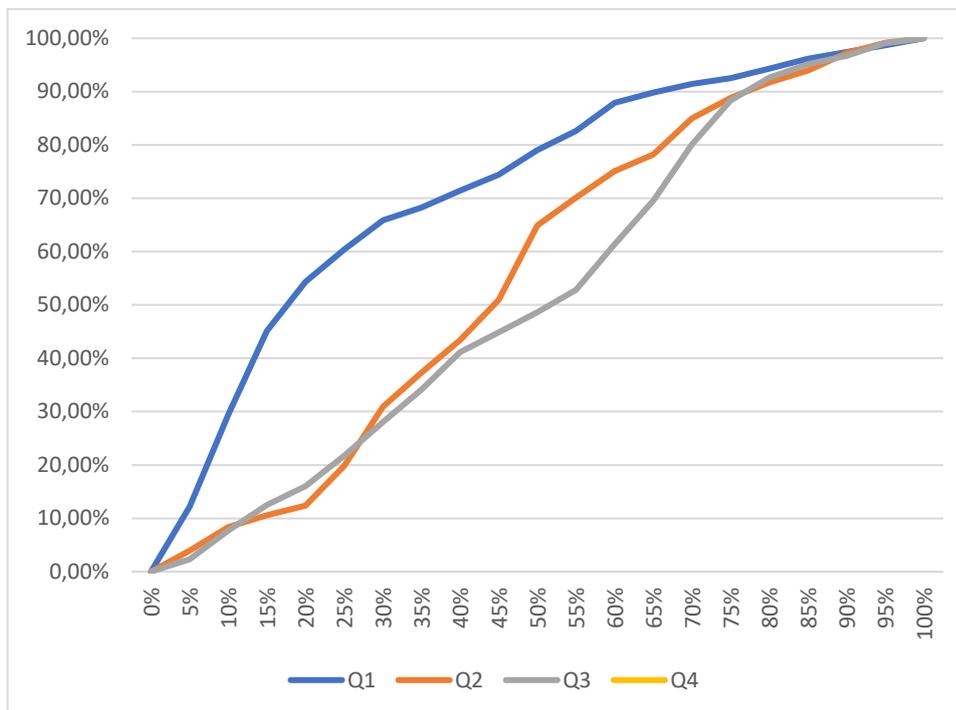


Figura A.12 - Distribuição temporal de ocorrência das chuvas intensas com 50% para a Estação 270430218A – Cambona

