



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Julia Cristine Lucion Lima

**Caracterização de chuvas intensas na bacia do campus da Universidade
Federal de Santa Catarina (UFSC)**

Florianópolis
2023

Julia Cristine Lucion Lima

**Caracterização de chuvas intensas na bacia do campus da Universidade
Federal de Santa Catarina (UFSC)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Patrícia Kazue Uda, Dr.^a

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pela autora, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lima, Julia Cristine Lucion

Caracterização de chuvas intensas na bacia do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) / Julia Cristine Lucion Lima ; orientadora, Patricia Kazue Uda, 2023.

61 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Chuvas intensas. 3. Inundações. 4. Tempo de retorno. I. Uda, Patricia Kazue. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Julia Cristine Lucion Lima

**Caracterização de chuvas intensas na bacia do campus da Universidade
Federal de Santa Catarina (UFSC)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de
“Engenheira Sanitarista e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 08 de dezembro de 2023.



Prof. Bruno Segalla Pizzolatti, Dr.
Coordenação do Curso



Prof.ª Patricia Kazue Uda, Dra.
Orientadora



Prof.ª Alexandra Rodrigues Finotti, Dra.
Instituição UFSC



Jessica Aurora Bernardo, M.Sc.
Instituição UFSC

Florianópolis, 2023.

*Dedico a minha avó Delma, que mesmo sem saber ler,
foi minha maior incentivadora nos estudos.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha orientadora por todo suporte e ajuda durante esse período, e também a banca examinadora. Agradeço a UFSC por ser minha segunda e quase primeira casa durante todos os anos da graduação, onde pude me encontrar nesse curso tão importante que é a Engenharia Sanitária e Ambiental.

Agradeço a equipe de Hidrologia da Tractebel por serem atenciosos e compreensivos durante todo o estágio e principalmente durante meu período de TCC. As minhas colegas favoritas de estágio da Engevix e pra sempre, obrigada por todo o tempo que trabalhamos juntas e por continuarmos seguindo juntas.

Conheci amigas no primeiro dia de aula que se tornaram irmãs pra mim e são minha rede de apoio até hoje. Eu não teria conseguido sem vocês do lado. Obrigada por todos os estudos, perrengues, RUs, choros e festas. Aos meus amigos de infância, Nathi, Marcella, minha *roommate* Natália e Marco que foi meu parceiro de UFSC, não tenho palavras o suficiente pra dizer como vocês são importantes na minha vida, obrigada por estarem comigo em todas as fases. Com vocês aprendi que família é quem a gente escolhe ter do lado.

Descobri o esporte lindo que é o *cheerleading* pela Maremoto, que é meu time do coração e vai continuar sendo. Aos meus colegas de time e também da Stunt Up, obrigada por não me deixarem cair no chão (literalmente).

Ao meu namorado Lucas, que é meu companheiro de faculdade e de vida, obrigada por tudo. Sua maior prova de amor é quando diz que faria o curso de novo só para me conhecer. Ao meu primo Maicon e sua família, que me hospedaram por muito tempo desde que vim morar em Florianópolis e sempre acreditaram que eu conseguiria passar no vestibular. Obrigada por me darem uma casa e uma família. Agradeço também aos meus pais, meu irmão, meus padrinhos, priminhos e minha tia Maris.

E o mais importante, agradeço a minha vó e minha tia Rose, que me criaram com todo amor do mundo, mas não estão mais aqui. Conforme fui concluindo a faculdade, me doía tanto pensar que vocês não estão aqui pra comemorar comigo, mas eu sei que estou realizando esse sonho por vocês. Agradeço também as minhas psicólogas e a minha psiquiatra, por nunca me deixarem desistir. E a mim mesma, por toda força e coragem que foi preciso pra seguir em frente.

RESUMO

As chuvas intensas podem causar inundações e prejuízos materiais, além de disseminar doenças de veiculação hídrica. A bacia do campus da Trindade da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) tem problemas relacionados a eventos de chuvas extremas e alagamentos. Investigar a intensidade desses eventos torna possível determinar medidas de mitigação do escoamento gerado pelas precipitações. Dessa forma, o objetivo deste estudo é caracterizar os eventos intensos de precipitação na bacia do Rio do Meio, no campus, a partir de dados de precipitação da estação pluviométrica da Epagri e da estação da UFSC. Para a estimativa de chuvas intensas na bacia utilizou-se a classificação do INMET para chuvas diárias, o método do evento frequente, o cálculo do Percentil 99 e tempo de retorno dos intervalos de eventos extremos, e ainda foram calculados quatro níveis de intensidade das chuvas. Os meses mais chuvosos vão de outubro a março, enquanto os menos chuvosos vão de abril a setembro, sendo que a bacia não apresenta estação seca. A maior parte da precipitação foi classificada como chuvisco (41%), que varia de 0,1 a 2,5 mm, já as chuvas extremas, maiores que 50 mm por dia, representam 3% dos registros. Pelo método do Percentil 99 foi identificado o valor extremo de precipitação diária, chegando ao valor de 76,9 mm/dia. Foram identificados 42 eventos que ultrapassam esse valor, sendo que o tempo de retorno desses eventos extremos varia de 1 ano e 10 meses a 42 anos. Pelo método do evento frequente foi possível estabelecer a chuva frequente em 80% do tempo, que é de até 1 mm/dia. Já as que ocorrem em apenas 1% do tempo são as maiores de 75 mm/dia. Os dados diários de precipitação mostraram eventos muito mais elevados do que o valor considerado extremo. Pela análise de chuva horária, a maior parte dos registros são de chuvas consideradas muito fracas (<1 mm/h), porém, os registros de chuva forte, muito forte e extrema somam 8,3% dos registros. De maneira geral, com os resultados obtidos neste estudo, pode-se analisar que a bacia apresenta chuvas de alta intensidade, e chuvas extremas numa intensidade maior que 75 mm/dia.

Palavras-chave: Chuvas intensas. Inundações. Tempo de retorno.

ABSTRACT

Heavy rainfall can cause flooding and material damage, as well as spreading waterborne diseases. The Trindade campus of the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) has problems related to extreme rainfall events and flooding. Investigating the intensity of these events makes it possible to determine measures to mitigate the runoff generated by precipitation. The aim of this study was therefore to characterize intense rainfall events in the Rio do Meio basin on campus, using rainfall data from the Epagri rain gauge station and the UFSC station. In order to estimate heavy rainfall in the basin, the INMET classification for daily rainfall was used, as well as the frequent event method, the calculation of the 99th percentile and the return time of extreme event intervals, and four levels of rainfall intensity were calculated. The wettest months are from October to March, while the least rainy are from April to September, and the basin has no dry season. Most of the rainfall was classified as drizzle (41%), ranging from 0.1 to 2.5 mm, while extreme rainfall, greater than 50 mm per day, accounted for 3% of the records. Using the 99th percentile method, the extreme value of daily rainfall was identified, reaching 76.9 mm/day. Forty-two events exceeding this value were identified, with the return period of these extreme events varying from 1 year and 10 months to 42 years. Using the frequent event method, it was possible to establish frequent rainfall 80% of the time, which is up to 1 mm/day. Those that occur only 1% of the time are those greater than 75 mm/day. The daily rainfall data showed events much higher than the value considered extreme. The analysis of hourly rainfall shows that most of the records are of very light rainfall (<1 mm/h), but that the records of heavy, very heavy and extreme rainfall add up to 8.3% of the records. In general, with the results obtained in this study, it can be analyzed that the basin has high intensity rainfall, and extreme rainfall with an intensity greater than 75 mm/day.

Keywords: Intense rainfall. Flooding. Return period.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico da frequência de precipitação em classes, de acordo com o INMET, no Distrito Federal – 1990 a 2019.	24
Figura 2: Definição de evento frequente.....	25
Figura 3: Altura total precipitada pela duração dos eventos de chuva.	27
Figura 4: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Meio.....	30
Figura 5: Precipitação média mensal para os anos de 1997 a junho de 2023.	31
Figura 6: Altimetria da Bacia Hidrográfica do Rio do Meio.	32
Figura 7: Uso do solo na bacia hidrográfica do Rio do Meio em 2009 (a) e 2019 (b).	33
Figura 8: Consistência dos dados de precipitação diários.	35
Figura 9: Determinação dos níveis de intensidade para os eventos de chuva extrema.	37
Figura 10: Curva Dupla Massa entre as estações da Epagri e do LabHidro.....	38
Figura 11: Frequência de precipitação diária classificada segundo o INMET, na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.	40
Figura 12: Dispersão da precipitação diária na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.....	41
Figura 13: Frequência de precipitação em classes e meses a partir de dados diários na bacia do Rio do Meio – 1997 a junho de 2023.	42
Figura 14: Curva de precipitação diária a partir do método de definição de evento frequente na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.	43
Figura 15: Curva de volume acumulado a partir da chuva diária na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.....	43
Figura 16: Frequência das chuvas extremas diárias em classes na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.....	45
Figura 17: Classificação de intensidade de precipitação horária para a bacia do Rio do Meio- maio de 2001 a junho de 2023.	47
Figura 18: Dispersão da precipitação horária na bacia do Rio do Meio- maio de 2001 a junho de 2023.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estudos de Classificação de Eventos de Chuva.....	28
Tabela 2: Estatísticas para os totais mensais e anuais de precipitação da série histórica na bacia do Rio do Meio - 1997 a junho de 2023.	39
Tabela 3: Frequência de precipitação classificada segundo o INMET, na bacia do Rio do Meio- 1997 a junho de 2023.....	40
Tabela 4: Tempo de retorno das chuvas extremas na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.	44
Tabela 5: Classificação de eventos extremos de chuva baseado na média dos máximos valores e os limites da intensidade da precipitação máxima para a bacia do Rio do Meio- 1997 a junho de 2023.	46
Tabela 6: Classificação de intensidade de precipitação horária para a bacia do Rio do Meio- maio de 2001 a junho de 2023.	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1	CHUVAS INTENSAS	19
3.2	MÉTODOS PARA DETERMINAR CHUVAS INTENSAS	20
3.2.1	Métodos baseados em relações IDF.....	20
3.2.2	Métodos baseados na estrutura interna das tormentas	22
3.2.3	Métodos baseados em curvas de precipitação acumulada	22
3.2.4	Métodos baseados na análise de tormentas históricas	23
3.3	ESTUDOS DE CLASSIFICAÇÃO DE EVENTOS DE CHUVA	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
4.2	MATERIAIS	34
4.3	ESTIMATIVA DE CHUVAS INTENSAS PARA A BACIA DO RIO DO MEIO, USANDO MÉTODOS BASEADOS EM TORMENTAS HISTÓRICAS	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
5.1	CURVA DE DUPLA MASSA	38
5.2	ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO	38
6	CONCLUSÃO.....	50
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE A- CURVA DE DUPLA MASSA	57
	APÊNDICE B- MÉTODO DE EVENTO FREQUENTE.....	62

1 INTRODUÇÃO

As chuvas intensas são precipitações com grande volume de água em um tempo de duração pequeno. Esses eventos podem causar inundações e consequentes prejuízos materiais com a destruição de casas, estradas, escolas, entre outros. Além disso, as cheias também podem disseminar doenças de veiculação hídrica e se tornar um problema de saúde pública (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

No Brasil, a coleta de dados de chuva se iniciou em 1920, com estações inicialmente voltadas a estudos de aproveitamento hidrelétrico. Atualmente, há 11 mil estações hidrométricas no país, administradas por órgãos públicos e privados, sendo a maioria sob a responsabilidade da Agência Nacional de Águas. Essas estações reúnem dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos (ANA, 2018).

Mesmo com as estações, há uma dificuldade de caracterização de quando um evento de precipitação pode ser considerado chuva intensa (de curta duração), principalmente, em áreas relativamente pequenas, como as áreas urbanas. Isso porque, há uma deficiência de dados pluviográficos no Brasil, fornecendo dados de precipitação em escala sub diária. Geralmente, os registros de eventos extremos são realizados pela Defesa Civil, mas estes não possuem uma análise detalhada dos dados hidrológicos (SALDANHA et al., 2012).

Na região sul do país, a chuva é bem distribuída ao longo do ano, porém, ainda ocorrem invernos e verões extremamente secos ou úmidos (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013). Em Santa Catarina, segundo o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (2016), os principais tipos de desastres naturais são hidrológicos (relacionados a excesso de chuva). Esses também são os que mais causam danos e prejuízos, 9,8 bilhões de reais que representam 56% do valor total.

A maior incidência de desastres hidrológicos no estado é verificada nas regiões Norte, Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul (UFSC, 2016). As regiões da Grande Florianópolis, Litoral Norte, e principalmente do Vale do Itajaí sofreram com chuvas de alta intensidade em 2008. O volume de chuva causou deslizamentos de terra, inundações, enxurradas, erosão de rodovias e casas, e 63 municípios declararam situação de emergência (RIBEIRO et al., 2014).

A bacia do campus da Trindade da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) tem problemas relacionados a eventos de chuvas extremas e alagamentos. Segundo a UFSC (2022), em dezembro de 2022, ocorreu o transbordo do rio que atravessa o campus, com diversos pontos de alagamentos que provocaram a suspensão das aulas. Ao investigar quanto é a intensidade desses eventos, permite-se que estudos futuros determinem medidas de mitigação do escoamento gerados por essas precipitações.

Apesar do tópico de chuvas intensas ser de extrema importância aos projetos de drenagem urbana, não há um consenso de qual método é o mais adequado para estimá-las, o que abre uma lacuna científica. Dessa forma, o objetivo deste estudo é caracterizar os eventos intensos de precipitação na bacia do campus, a partir de dados de precipitação da estação pluviométrica da Epagri e da estação da UFSC.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar eventos intensos de precipitação na bacia do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a consistência de dados de precipitação (quantidade de falhas e existência de erros grosseiros);
- Estimar chuvas intensas para a bacia usando diferentes metodologias;
- Indicar valores de chuvas intensas para a bacia, com base nos resultados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CHUVAS INTENSAS

A chuva representa a principal entrada de água no ciclo hidrológico, responsável pela recarga dos aquíferos, mananciais e geração do escoamento superficial. Quando a chuva é de alta intensidade, o escoamento superficial pode gerar elevação de vazões e dos níveis de água dos corpos hídricos. Esses eventos de precipitação de alta intensidade e curta duração são chamados de chuvas intensas (OLIVEIRA, 2019).

As chuvas intensas são o resultado da alta taxa de chuva em um curto período de tempo. Para isso, é necessário que haja ascensão rápida de ar úmido e alta eficiência de precipitação. Já a duração de um evento de chuva intensa está associada à velocidade de deslocamento do sistema (TEIXEIRA, 2010).

No Brasil, alguns fatores influenciam a formação de chuvas intensas como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e o El Niño. A ZCAS é responsável pela formação de nuvens carregadas de umidade na região central do Brasil, que resultam em chuvas intensas. O El Niño, por sua vez, impacta as zonas tropicais e contribui para a intensificação das chuvas na região Sul do país (CARVALHO et al., 2004).

As chuvas convectivas são uma das principais chuvas causadoras de inundações em áreas urbanas, especialmente em climas tropicais e subtropicais. Elas surgem quando massas de ar quente e úmido ascendem rapidamente na atmosfera, resfriando-se e condensando-se para formar nuvens cumulus e cumulonimbus. Em condições atmosféricas propícias, como alta umidade e aquecimento solar intenso, resulta em um processo de condensação acelerada e desenvolvimento das nuvens convectivas, que podem intensificar a quantidade total de chuva associada a um evento (PIELKE, 2001).

No sul do Brasil, além das chuvas convectivas, também há a formação de chuvas intensas devido a fenômenos frontais e ciclônicos. Durante o verão há o desenvolvimento de uma anomalia ciclônica sobre o Sul e Sudeste do país. Já na primavera se estabelece uma anomalia anticiclônica, em que há um fortalecimento de Jatos de Baixos Níveis que trazem umidade da Amazônia e conseqüentemente, chuvas para o sul do Brasil (VERA et al,2006).

Um importante fator a ser levado em consideração são as mudanças climáticas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), os eventos extremos aumentaram em muitas regiões. Grande parte do sul da América do Sul apresentou um aumento da chuva intensa e períodos de seca mais longos, sendo que muitas dessas regiões são altamente povoadas. Ainda, a influência humana, como as emissões de gases com efeito de estufa, é apontada como o principal fator do aumento da precipitação intensa no mundo.

As características que definem a precipitação num local são essenciais para que seja possível uma gestão adequada das águas pluviais urbanas, evitando inundações. Porém, a definição de um evento depende dos objetivos do estudo, sendo muitas vezes necessário observar as características de outras variáveis hidrológicas, como a taxa de escoamento superficial ou infiltração no solo (UCHÔA; NEVES, 2020).

O estudo de eventos de precipitação intensa está associado a problemas de erosão do solo e inundação de áreas rurais e urbanas. Para dimensionar projetos hidráulicos, são utilizados a intensidade máxima da chuva, associado ao tempo de duração e o período de retorno. O objetivo é prever a ocorrência de eventos extremos futuros e a possibilidade de mitigar suas consequências (OLIVEIRA, 2019).

Segundo Righetto (2023), as chuvas intensas provocam cheias no sistema drenagem, gerando escoamento pluviais nas galerias e canais, atingindo vazões de pico próximas ou superior a capacidade do sistema, resultando em alagamentos. A quantificação de chuvas intensas visa a segurança e eficiência de obras hidráulicas, como galerias, barragens e pontes.

Para galerias de água pluviais, as chuvas intensas de projeto possuem um período de retorno em geral de 2 e 5 anos para áreas residenciais e comerciais, respectivamente. O período de retorno é escolhido a partir da obra e dos danos causados caso haja uma falha no sistema. Por isso, para vertedouros de barragens são utilizados de 500 a 10.000 anos de período de retorno (RIGHETTO, 2023).

3.2 MÉTODOS PARA DETERMINAR CHUVAS INTENSAS

3.2.1 Métodos baseados em relações IDF

As relações de Intensidade, Duração e Frequência (IDF) são obtidas a partir de análise estatística de séries de dados de um pluviógrafo. A intensidade de chuva

(i) é normalmente expressa em mm/h ou mm/d. A equação da IDF é representada pela Equação 1:

$$i = \frac{a.TR^b}{(t_d + c)^d} \quad (1)$$

sendo TR o período de retorno em anos, t_d a duração de chuva em minutos e a,b,c,d parâmetros específicos para cada localidade (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

O método baseia-se na seleção das maiores chuvas de um período em cada ano da série. A partir desses dados é feito o ajuste de frequências que melhor representem a distribuição dos valores de chuva observados. As curvas IDF são diferentes para cada local, sendo válidas portanto na região em que foram coletados os dados (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

A equação IDF da cidade de Florianópolis- SC segundo Back et al. (2011) é definida pela Equação 2:

$$i = \frac{222.TR^{0,1648}}{(t_d)^{0,3835}} \quad (2)$$

Para eventos extremos, usualmente utiliza-se as distribuições Lognormal, Gumbel ou Pearson Tipo III (RIGHETTO, 2023). As curvas IDF são muito utilizadas em projetos de drenagem, sendo possível adotar um hietograma de projeto (GONÇALVES, 2022). O hietograma é um arranjo de precipitações com diversas finalidades, entre elas a chuva crítica.

O método dos blocos alternados propõe a distribuição de totais de chuva em intervalos de tempo que caracterizem uma condição crítica de projeto (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988). Dessa forma são reordenadas as alturas obtidas das curvas IDF para cada intervalo de tempo. O reordenamento é feito conforme o volume de chuva, em que se posiciona a maior parcela primeiramente no centro do hietograma, em seguida os blocos são colocados em ordem decrescente de forma alternada de um lado e do outro do bloco central (FONTOURA, 2019).

O posicionamento do bloco de maior volume influencia o pico do hidrograma, que pode ser maximizado em relação ao pico padrão da IDF. A curva IDF gerada não permite a identificação da distribuição temporal da tormenta de projeto, nem a posição correta do maior bloco (FONTOURA, 2019).

3.2.2 Métodos baseados na estrutura interna das tormentas

Os métodos baseados na estrutura interna das tormentas utilizam análise estatística de dados históricos para deduzir características comuns (FONTOURA, 2019). Yen e Chow (1980) propuseram a determinação da chuva de projeto a partir de períodos que demonstram a estrutura interna (geometria) do hietograma. A partir da distribuição temporal da chuva, é obtido um hietograma triangular, em que a intensidade (mm/h) é dada pela Equação 3:

$$i = \frac{2P}{td} \quad (3)$$

sendo P a precipitação total em mm e td o tempo de duração em min.

Os autores compararam dados de chuva-vazão de dois eventos observados com dados de vazão obtidos através de simulação por um modelo de onda dinâmica, a partir das chuvas de projeto desenvolvidas pelos métodos de distribuição uniforme da chuva, método Chicago, distribuição de Huff e representação trapezoidal utilizando o primeiro e segundo momentos. O hietograma triangular produziu bons resultados. O objetivo do método proposto é obter um procedimento mais simples do que os comumente usados para obter dados sobre a distribuição temporal das chuvas em pequenos projetos de drenagem, mas não representa com precisão o formato do evento registrado (BEMFICA, 1999).

3.2.3 Métodos baseados em curvas de precipitação acumulada

Nesses métodos, a distribuição de chuva é representada na forma de uma curva de precipitação acumulada ao longo do tempo. Estas curvas são normalmente adimensionais, o que permite construir parcelas do projeto com durações variadas com base em qualquer altura total de precipitação desejada (BEMFICA, 1999).

Huff (1967) analisou a distribuição temporal da chuva no estado de Illinois, EUA. As distribuições temporais foram expressas como porcentagens acumuladas do total de chuva e da duração total, para permitir a comparação entre eventos. Como grande parte do total de chuva ocorre em uma pequena parcela da duração total do evento, possibilitou a classificação das chuvas em quatro quartis, de acordo com sua intensidade máxima. Foram então elaboradas curvas relacionando a porcentagem

acumulada do total precipitado com a porcentagem acumulada da duração da precipitação, para os quatro quartis.

A principal desvantagem dessa metodologia é que as curvas desenvolvidas por Huff são aplicadas, sem adaptações, em locais com diferentes características de clima e fisiografia, o que pode gerar resultados errôneos. Por serem adimensionais, as curvas são utilizadas para derivar chuvas com diferentes durações, porém, deve-se ter atenção, já que existem diferenças no padrão de precipitação de eventos com durações distintas e com origens meteorológicas distintas (FONTOURA, 2019), especialmente para Florianópolis.

3.2.4 Métodos baseados na análise de tormentas históricas

Esse método consiste na análise direta de dados observados de eventos de grande intensidade. Pilgrim e Cordery (1975) consideram que as chuvas de projeto geradas a partir de curvas IDF não representam as tormentas inteiras, por isso, desenvolveram um novo método analisando dados de chuva de Sydney, Austrália, com eventos de durações de 10 a 24 horas.

As durações dos eventos foram divididas em intervalos iguais, de acordo com o total de chuva. Em cada período foi determinada a porcentagem da precipitação total de chuva, e então atribuído um índice correspondente a posição do volume em relação aos demais. A distribuição temporal da chuva se deu pela média das porcentagens de chuva para cada período. Para gerar os hietogramas de projeto a partir do método, Pilgrim e Cordery (1975) sugerem selecionar uma amostra de 50 chuvas.

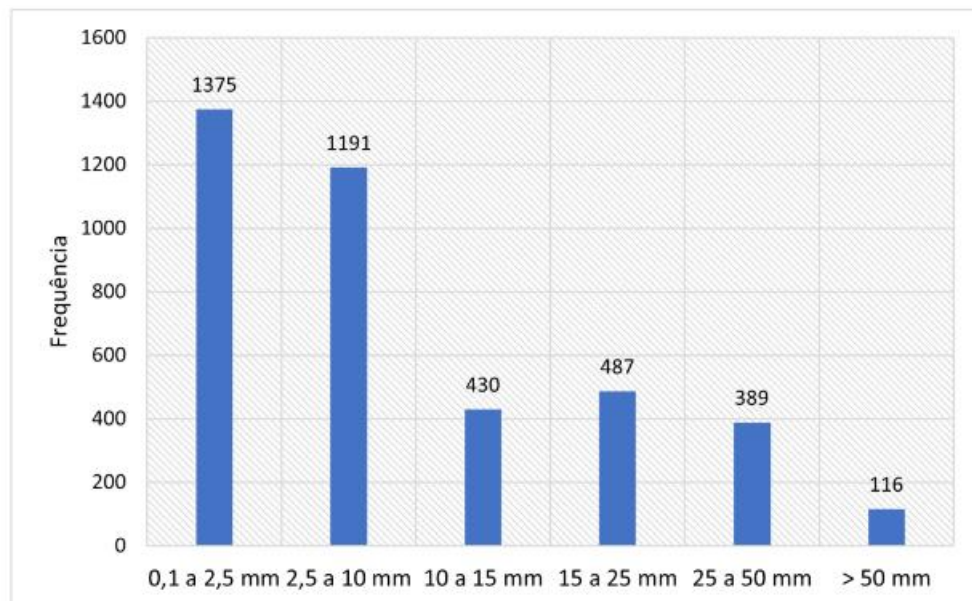
Segundo Fontoura (2019), um ponto negativo desse método é a necessidade de dados de chuva sub-diários para a determinação do volume total precipitado, sendo que muitos locais não possuem essa frequência de monitoramento. Além disso, a média do comportamento de chuva do método pode minimizar padrões críticos.

No Método dos Cruzamentos, desenvolvido por Kottegoda e Kassim (1991), a estrutura de uma tormenta é descrita a partir de um gráfico curva-massa, pela análise de vezes em que a curva corta a linha que representa a intensidade média de chuva, e está relacionado com a estação do ano. O gráfico é dividido em zonas positivas (acima da linha de intensidade média) e negativas (abaixo da linha de intensidade média). O estudo foi realizado na cidade de Birmingham, Reino Unido, e

forneceu uma descrição quantitativa precisa da forma geral da estrutura das tormentas.

O Instituto Nacional de Meteorologia e Estatística (INMET) recomenda a classificação de chuva de acordo com registros diários: 0,1 a 2,5 mm – chuvisco; 2,5 a 10,0 mm – chuva fraca; 10,0 a 15,0 mm – chuva moderada; 15,0 a 25,0 mm – chuva relativamente forte; 25,0 a 50,0 mm – chuva forte; acima de 50,0 mm – chuva extrema (SILVA; FRANCA, 2021), conforme representado na Figura 1 como exemplo do Distrito Federal.

Figura 1: Gráfico da frequência de precipitação em classes, de acordo com o INMET, no Distrito Federal – 1990 a 2019.



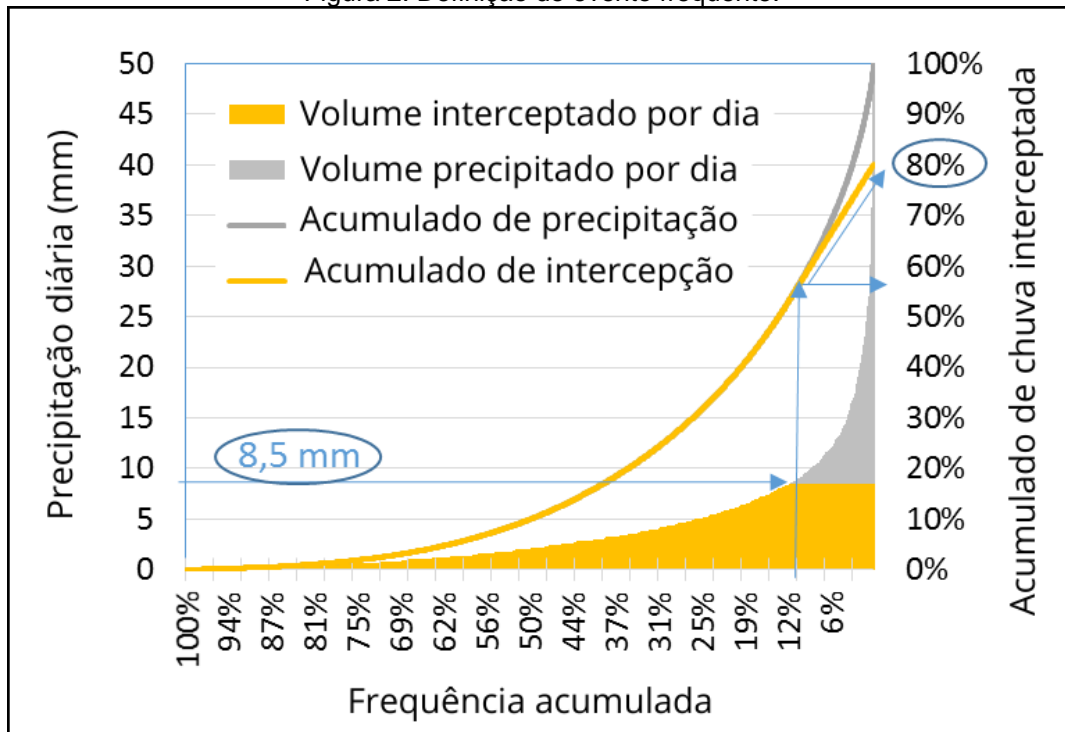
Fonte: Silva e Franca (2021).

O método dos quantis foi utilizado inicialmente por Pinkayan (1966), que tinha como objetivo avaliar a ocorrência de anos secos e chuvosos sobre a área continental dos Estados Unidos. Ele propôs uma divisão considerando os quantis $Q(0,15)$, $Q(0,35)$, $Q(0,50)$, $Q(0,65)$ e $Q(0,85)$, em que os intervalos são representados pelas seguintes classes: muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso (MONTEIRO, 2016). Segundo Xavier et. al (2007):

Os quantis são medidas de separação para distribuições de probabilidade ou para suas amostras. Um quantil de ordem p (definido para $0 < p < 1$) é um valor numérico que secciona a distribuição em duas partes, com probabilidades p (à esquerda deste quantil 'teórico') e $1-p$ (à direita).

O método de definição de evento frequente, segundo Gromaire (2020), utilizado na França, é feito a partir de uma curva de precipitação diária pela frequência acumulada, conforme apresentado na Figura 2. A partir da curva é possível determinar o percentual de evento de chuva frequente.

Figura 2: Definição de evento frequente.



Fonte: Adaptado de Gromaire (2020).

3.3 ESTUDOS DE CLASSIFICAÇÃO DE EVENTOS DE CHUVA

Um estudo realizado por Uchôa e Neves (2020) analisou critérios para a separação de eventos chuvosos, utilizando dados de um pluviômetro de báscula, de 2014 a março de 2020. O objetivo de estudo é verificar uma quantidade de horas (ou minutos) que possa separar eventos, o tempo entre eventos (TEEV), sendo que os critérios foram: precipitação total mínima de 0,4 mm e intensidade média de evento mínima de 3 mm/h. Para cada valor de TEEV escolhido, analisaram-se os eventos gerados por meio de diagramas de caixa (boxplots).

Os autores realizaram a variação do valor do critério tempo entre 5 e 605 minutos, com TEEV variados de 20 minutos. Foram então calculadas variações percentuais relativas do número de eventos em função da variação do valor de TEEV, definidas em 2%, 5% e 10%. Posteriormente foi feita a escolha de cinco valores de

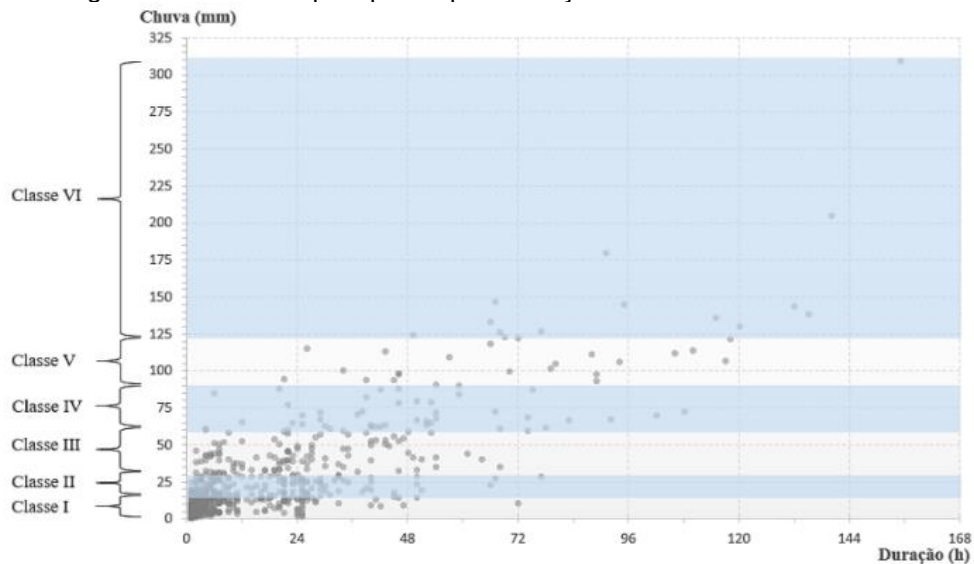
TEEV para um estudo mais detalhado, observando precipitação total, a duração e a intensidade média. Os resultados mostraram que a precipitação total se torna estável a partir do tempo entre eventos igual a 450 minutos (7,5 h), e a intensidade média estabilizou-se após 500 minutos (8,3 h) (UCHÔA; NEVES, 2020).

Silva e Franca (2021) analisaram episódios de chuva extrema no Distrito Federal entre 1990 a 2019, a partir de dados pluviométricos diários. Os dados foram classificados a partir da metodologia do INMET e adicionalmente a aplicação do Percentil 99. Utilizaram-se das medidas estatísticas do quartil e do percentil para definição de qual valor será associado a um caso de precipitação extrema.

A maior parte dos registros de precipitação se concentra como chuvisco (34%) ou chuva fraca (30%). A partir do método do Percentil 99 obteve-se o valor de 73,2 mm/dia, identificando 27 casos de chuva extrema no DF. Através da técnica dos quantis (percentis e quartis) identificaram-se os valores mínimos e máximos da série história, sendo que o 1º quartil permitiu a identificação do menor valor de precipitação (3,2 mm) e o 4ª quartil o de maior valor (131 mm). Com o estudo os autores identificaram que eventos de chuva extrema ocorrem ao menos uma vez a cada dois anos no DF (SILVA; FRANCA, 2021).

Um trabalho desenvolvido por Gonçalves e Teixeira (2021) aplicou a metodologia de eventos de chuva característicos (ECC), a partir de dados pluviométricos horários de 2006 a 2021, para simulação do comportamento hidrológico de um poço de infiltração no município de São Carlos/SP. O tempo entre eventos foi determinado como sendo 24h e a intensidade mínima considerada foi de 1 mm/h. Esse valor de chuva é considerado nulo e representa as perdas iniciais dos sistemas de drenagem. Foram adotadas 6 classes de eventos de chuva, sendo adotados os percentis 50º, 75º, 90º, 95º, 98º e 100º (Classe I a VI), apresentadas na Figura 3.

Figura 3: Altura total precipitada pela duração dos eventos de chuva.



Fonte: Gonçalves e Teixeira (2021).

Os autores constataram que a maioria dos eventos registrados apresentam duração menor do que 12h. Os eventos com mais de 100 mm ocorreram em apenas 4% dos registros históricos de chuva. Ao simular o comportamento do poço de infiltração a partir das 6 classes de eventos de chuva, o poço em estudo teve bom desempenho quanto a infiltração do escoamento superficial recebido das áreas impermeabilizadas até o 75º percentil. Nos casos em que houve extravasão do poço, ainda se teve grande contribuição para redução do escoamento superficial, se mostrando uma boa escolha de drenagem urbana compensatória. (GONÇALVES; TEIXEIRA, 2021).

Santos e Galvani (2019) realizaram uma análise para determinação de eventos extremos no litoral norte de São Paulo, com o uso da técnica estatística do Box Plot. O objetivo foi definir o limiar de ocorrência dos eventos extremos de chuva para três postos pluviométricos da região (dados diários). Para o box os dados foram estruturados em ordem crescente e estabeleceram-se os percentis de ordem de 1% a 99%. Para avaliar a ocorrência de eventos extremos em relação ao tempo, utilizou-se um coeficiente de correlação (r) variando de -1 a 1.

Os resultados demonstraram que os eventos extremos são os que ultrapassaram os valores de 99% do conjunto de dados, além de estarem concentrados na estação mais chuvosa, apresentando sazonalidade. Além disso, foi possível concluir que ocorrência dos eventos extremos depende da localização geográfica em que são realizados os registros, pois as características locais de relevo

influenciam no volume de chuva coletado pelo pluviômetro (SANTOS; GALVANI, 2019).

A Tabela 1 apresenta um resumo dos estudos de classificação de eventos de chuva analisados.

Tabela 1: Estudos de Classificação de Eventos de Chuva.

Autor	Local	Dados	Método	Resultados
Uchôa e Neves (2020)	Não informado	Dados horários de um pluviômetro de bascula, de 2014 a março de 2020.	Box Plot	- A precipitação tornou-se estável a partir do tempo entre eventos de 450 min (7,5 h); -A intensidade média estabilizou-se após 500 min (8,3 h).
Silva e Franca (2021)	Distrito Federal	Dados pluviométricos diários entre 1990 a 2019.	INMET e Percentil 99	- O 1º quartil resultou o menor valor de precipitação da série (3,2 mm) e o 4ª quartil o maior valor (131 mm); - Identificaram-se 27 casos de chuva extrema no DF.
Gonçalves e Teixeira (2021)	São Carlos-SP	Dados pluviométricos horários de 2006 a 2021 para simulação de um poço de infiltração.	Eventos de chuva característicos (ECC)	- Eventos com mais de 100 mm ocorreram em apenas 4% dos registros históricos; - O poço de infiltração teve bom desempenho de escoamento superficial até o 75º percentil.

Santos e Galvani (2019)	Litoral norte de São Paulo	Dados diários de três postos pluviométricos da região.	Box Plot e Percentil 99	- Os eventos extremos são os que ultrapassaram os valores de 99% do conjunto de dados; - Esses eventos estão concentrados na estação mais chuvosa.
-------------------------	----------------------------	--	-------------------------	---

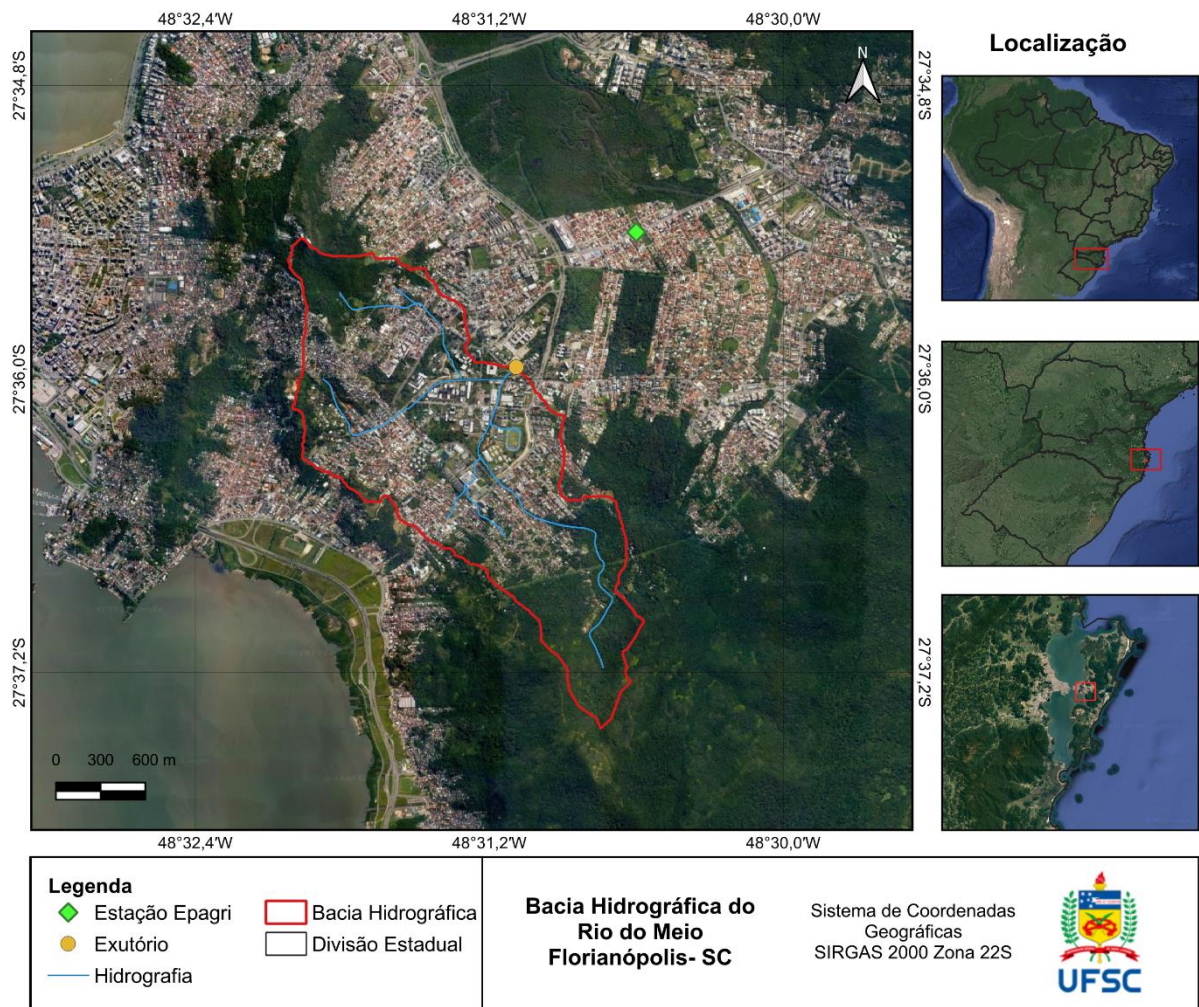
Fonte: Autora.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio do Meio está localizada em Florianópolis- Santa Catarina, e pertence à Unidade Territorial de Planejamento (UTP) do Itacorubi (Figura 4). A estação pluviométrica de estudo está nas coordenadas 27° 35'S e 48° 31'O. A bacia possui área de 4 km², sendo que o Rio do Meio possui 3,6 km de extensão. Percebe-se que há áreas densamente habitadas próximas ao exutório.

Figura 4: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Meio



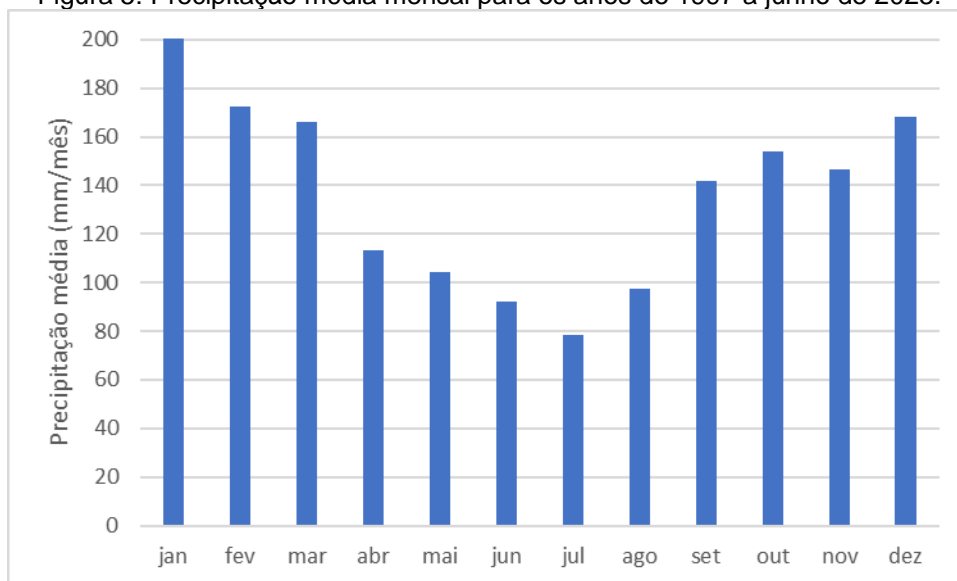
Fonte: Autora.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região da bacia é o Cfa, definido como úmido sem estação seca definida, com verões quentes

e chuvas distribuídas durante todo o ano. A cidade de Florianópolis tem uma temperatura média de 20,8 °C e a pluviosidade média anual é 1506 mm. O mês mais quente no ano é fevereiro com temperatura média de 25,3 °C e o mês mais frio é julho com temperatura média de 16,5 °C (INMET, 2020).

A Figura 5 apresenta a precipitação média mensal calculada a partir dos dados da estação da EPAGRI, dos anos 1997 a junho de 2023. O mês mais chuvoso é o mês de janeiro, enquanto o mês menos chuvoso é o de julho. Pode-se analisar que as chuvas apresentam sazonalidade, sendo o verão a estação chuvosa e o inverno a estação menos chuvosa.

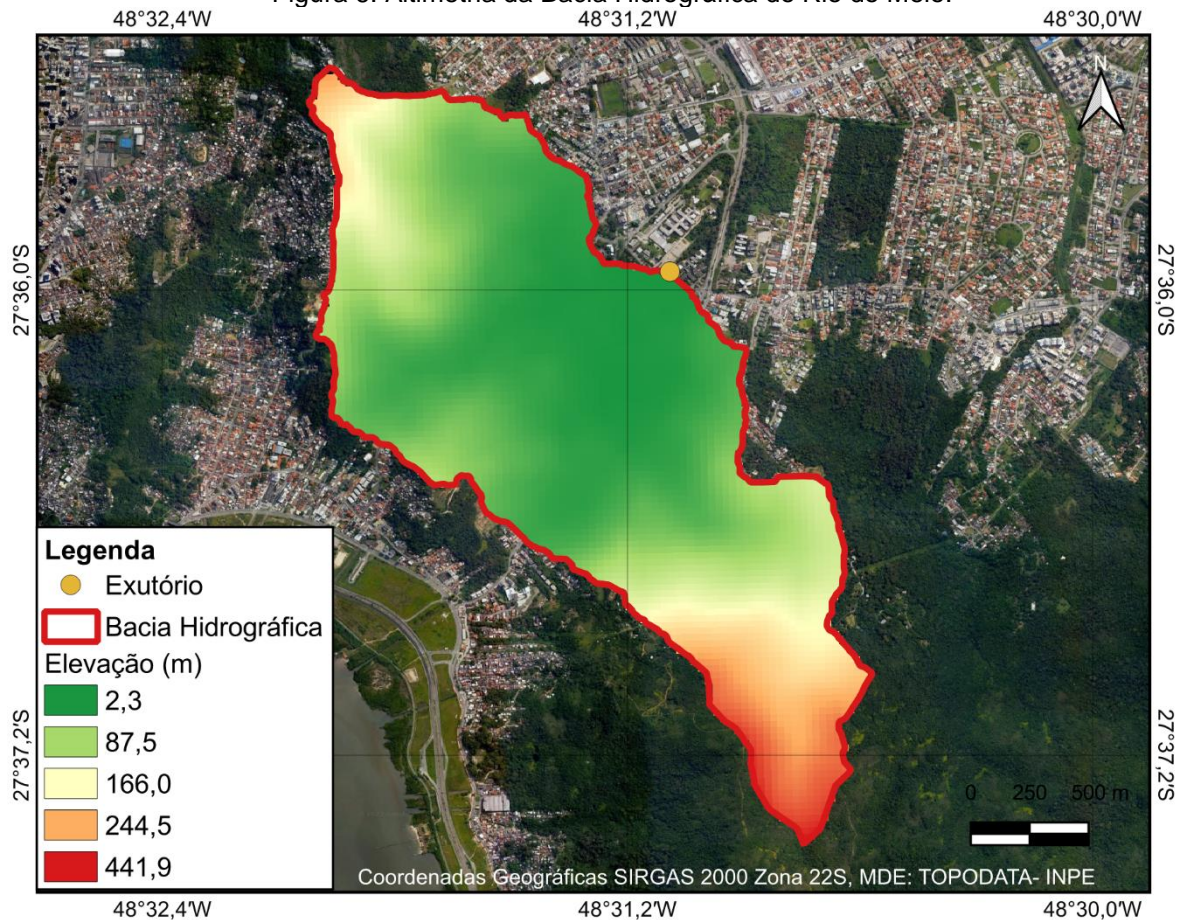
Figura 5: Precipitação média mensal para os anos de 1997 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

Conforme apresentado na Figura 6, a elevação na bacia varia de 2 a 441 metros. As áreas mais planas são próximo ao exutório da bacia, se caracterizam por serem áreas mais povoadas e de solo impermeabilizado. As áreas com menor declividade (planas) são as mais propícias a inundações. As nascentes dos rios estão localizadas nas encostas dos morros presentes na bacia.

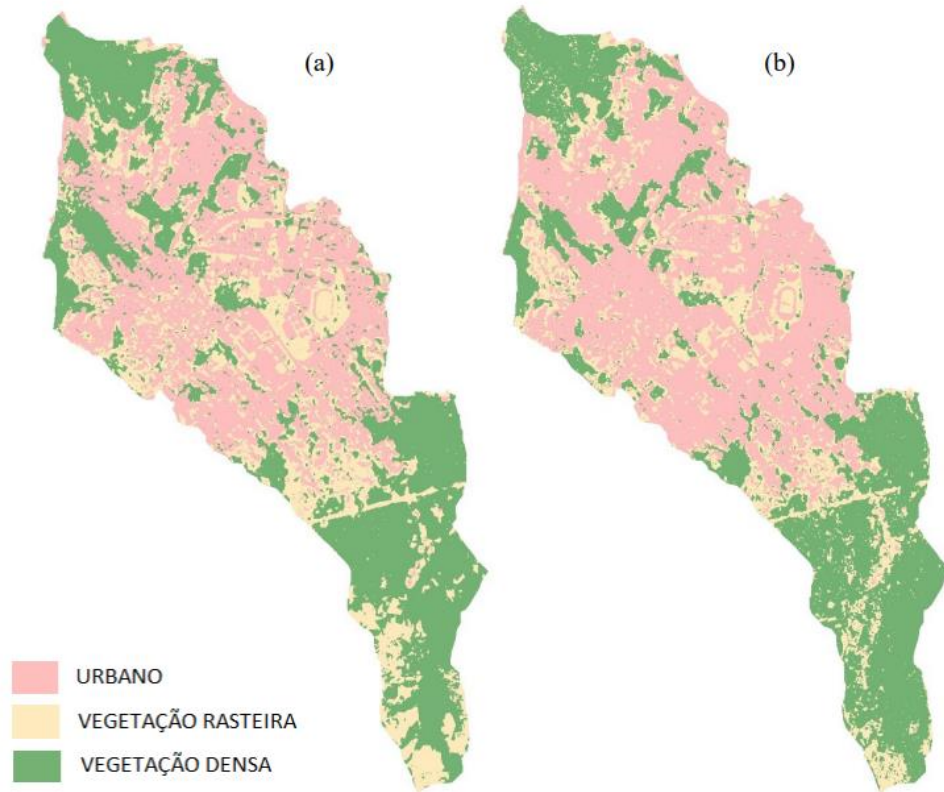
Figura 6: Altimetria da Bacia Hidrográfica do Rio do Meio.



Fonte: Autora.

Quanto ao uso e ocupação do solo na bacia, a Figura 7 apresenta a sua evolução do ano de 2009 para 2019. Em 2009 a área já estava densamente urbanizada e ocorreu um crescimento urbano de 7,0% para o ano de 2019, totalizando 35% da área total da bacia. Já a vegetação densa e rasteira diminuíram 2,3% e 4,7% respectivamente. O aumento da área urbana se deve ao desenvolvimento de atividades econômicas e ao crescimento populacional. Ressalta-se que parte da população acrescida possui baixo poder aquisitivo e se instalou em áreas informais, mais propícias a riscos e sobre áreas de preservação (SANTANA, 2022).

Figura 7: Uso do solo na bacia hidrográfica do Rio do Meio em 2009 (a) e 2019 (b).



Fonte: Santana (2022).

Conforme o Plano Diretor de Urbanismo – PDU de Florianópolis (2014), a área urbana da região consiste principalmente em residenciais unifamiliares, e multifamiliares nos bairros Trindade e Carvoeira, devido a população universitária. Também há edificações de comércio e uso misto. Além do Campus da UFSC, a região conta com edificações importantes como postos de saúde, hospital universitário, escolas, igrejas, Polícia Militar, ELETROSUL e *shopping center*.

Segundo o Plano Municipal da Mata Atlântica de Florianópolis (2020), a cobertura vegetal do município é caracterizada por três fitofisionomias principais: Floresta Ombrófila Densa, situada no início das encostas e nas planícies, normalmente em transição com a Restinga Arbórea; Restinga, caracterizada por vegetação litorânea e solo arenoso; e Manguezal, tipo de vegetação que depende da interação entre água salgada e doce. Na bacia do Rio do Meio, apesar dos danos, uma pequena porção de Mata Atlântica ainda pode ser encontrada em grande parte do Horto Florestal, no Córrego Grande. Áreas de manguezais e de várzea estão concentradas perto do bairro Santa Monica.

4.2 MATERIAIS

Foram utilizados dados de precipitação de uma estação pluviométrica próxima à bacia hidrográfica em estudo, de responsabilidade da Epagri, localizada no bairro Itacorubi a 1,3 km do exutório da bacia do rio do Meio, conforme Figura 4 da área de estudo. Os dados foram obtidos gratuitamente por meio de ofício a Epagri sendo fornecida a série histórica para valores totais diários e horários das estações convencional e automática do posto de medição, no período de 1997 a junho de 2023.

Para completar as falhas dos dados de precipitação da estação da Epagri, foram utilizados os dados da estação meteorológica do LabHidro, localizada na bacia hidrográfica do Rio do Meio, no campus João David Ferreira Lima. Os dados estão disponíveis a cada 01, 05 e 15 minutos, a partir de 2014, sendo que foram utilizados, neste trabalho, dados dos anos de 2017 e 2018. Apesar de a estação do LabHidro estar localizada na bacia de estudo, optou-se por utilizar a série histórica da Epagri por conter mais dados e possibilitar uma melhor análise.

Foi avaliado o comportamento da precipitação entre as estações da Epagri e do LabHidro a partir do método da Dupla Massa. Esse método foi desenvolvido pelo Geological Survey (USA) e consiste em acumular os valores mensais dos postos pluviométricos e plotar em um gráfico cartesiano os valores acumulados do posto a consistir e os valores do posto adotado como base de comparação (TUCCI, 2007).

Para os postos serem considerados sem inconsistências é necessário que os pontos do gráfico resultante se alinhem em uma única reta. Caso ocorra uma mudança na declividade da reta, significa que há a presença de erros sistemáticos entre os dois postos, como mudança nas condições de observação ou alterações climáticas no local (TUCCI, 2007).

A análise de consistência dos dados de precipitação diários está apresentada na Figura 8. Conforme apresentado, os dados de precipitação são consistentes, apesar de conterem algumas falhas. Os dados da estação da Epagri foram preenchidos a partir de 2014 com os dados da estação do LabHidro, quando houve compatibilidade entre os dados com falha. Anteriormente a esse ano, não foram encontradas outras estações próximas a área de estudo.

A maior falha nos dados está presente entre outubro de 2012 a abril de 2013, com sete meses sem nenhum dia de dados. Após o preenchimento, a série conta com dezesseis anos de doze meses completos de dados, o que se mostra um bom período

para realizar as análises de precipitação. Para este trabalho, optou-se por desconsiderar os dias em que não havia dados registrados.

Figura 8: Consistência dos dados de precipitação diários.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1998	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1999	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2000	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2001	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30
2002	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2003	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2004	31	5	29	30	7	26	31	31	30	31	30	31
2005	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2006	31	6	30	30	31	23	31	31	30	31	30	31
2007	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2008	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2009	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	0
2010	20	28	31	25	0	0	24	31	30	31	30	31
2011	31	20	31	30	31	30	28	31	30	31	30	31
2012	31	17	25	30	31	30	12	31	24	0	0	0
2013	0	0	0	0	18	30	31	31	30	31	30	31
2014	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2015	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2016	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2017	31	27	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2018	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2019	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2020	31	29	31	29	31	30	31	31	30	31	30	31
2021	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2022	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2023	29	28	31	30	31	30						

Fonte: Autora.

4.3 ESTIMATIVA DE CHUVAS INTENSAS PARA A BACIA DO RIO DO MEIO, USANDO MÉTODOS BASEADOS EM TORMENTAS HISTÓRICAS

Para a estimativa de chuvas intensas na bacia do Rio do Meio foram utilizadas diferentes metodologias. Inicialmente, foram considerados apenas os registros pluviométricos acima de 0,1 mm/diário, de acordo com a classificação do INMET: 0,1 a 2,5 mm – chuvisco; 2,5 a 10,0 mm – chuva fraca; 10,0 a 15,0 mm – chuva moderada; 15,0 a 25,0 mm – chuva relativamente forte; 25,0 a 50,0 mm – chuva forte; acima de 50,0 mm – chuva extrema (SILVA; FRANCA, 2021).

Para identificar os valores mais extremos da série histórica foi aplicado o método do Percentil 99, recomendado pelo Expert Team of Climate Change Detection Indices (ETCCDI). Foi aplicada a fórmula de PERCENTIL.EXC no *Microsoft Excel* aos

dados de chuva maiores que 0,1 mm/dia. Foram então identificados os eventos que ultrapassaram o valor do Percentil 99 e classificados pela sua frequência e frequência relativa. A partir disso é possível determinar o Tempo de Retorno (TR) dos intervalos de eventos extremos de precipitação, que é definido como o inverso da probabilidade (frequência relativa) (SANCHES et al, 2019).

A análise pelo método de evento frequente foi adaptada de Gromaire (2020). Os dados de precipitação foram ordenados em ordem decrescente e divididos em classes. Foram então contabilizados o número de dados em cada intervalo, a partir da função CONT.SES no *Microsoft Excel*, e acumuladas as frequências das classes sucessivas em porcentagem.

A curva de precipitação foi gerada a partir dos intervalos de classes, representados pelo limite inferior, com as respectivas frequências acumuladas. Já a curva de volume acumulado da chuva diária foi estimada a partir do volume de chuva acumulado (m^3), multiplicando o número de ocorrências pelo valor da chuva (metros) e pela área da bacia (m^2), transformado em porcentagem de volume acumulado.

Foi adotada a classificação de níveis de intensidade para as chuvas extremas conforme Silva (2012). Foram considerados 4 níveis de intensidade, apresentadas na Figura 9, sendo que o autor emprega a metodologia dos máximos de precipitação, adaptada dos trabalhos de Gao, Jeremy e Filippo (2006) e Frich; Alexander; Della Marta, et al (2002).

Foram selecionados todos os eventos maiores ou iguais a 50 mm de chuva em 24 horas ocorridos ao longo da série histórica, e então calculado o desvio padrão e a média anual dos valores máximos. A primeira faixa refere-se à normalidade de chuvas, já o Nível I é o valor mínimo de precipitação capaz de gerar um desastre (ambiental, social ou econômico) e representam a precipitação acumulada (P) em que a média máxima é menor ou igual à precipitação estimada e o tempo é menor que a média máxima ($M_{máx}$) mais o desvio padrão da máxima (σ) (SILVA, 2012).

Os valores do nível II são maiores ou iguais à média do valor máximo mais o desvio padrão do valor máximo, sendo inferiores a duas vezes a média do valor máximo mais o desvio padrão do valor máximo. Os eventos extremos de nível III consideram a precipitação maior ou igual a duas vezes a média máxima mais o desvio padrão máximo e inferior a três vezes a média máxima mais o desvio padrão máximo. Por fim, o Nível IV representa aqueles valores maiores ou iguais à média do valor máximo mais três vezes o desvio padrão do valor máximo (SILVA, 2012).

Figura 9: Determinação dos níveis de intensidade para os eventos de chuva extrema.

Nível estabelecido	Parâmetro utilizado
Normal (Podendo ocorrer algum tipo de desastre)	$P < \bar{M}_{máx}$
Nível I (intensidade pequena)	$\bar{M}_{máx} \leq P < \bar{M}_{máx} + 1\sigma$
Nível II (intensidade média)	$\bar{M}_{máx} + 1\sigma \leq P < \bar{M}_{máx} + 2\sigma$
Nível III (intensidade grande)	$\bar{M}_{máx} + 2\sigma \leq P < \bar{M}_{máx} + 3\sigma$
Nível IV (intensidade muito grande)	$\bar{M}_{máx} + 3\sigma \leq P$

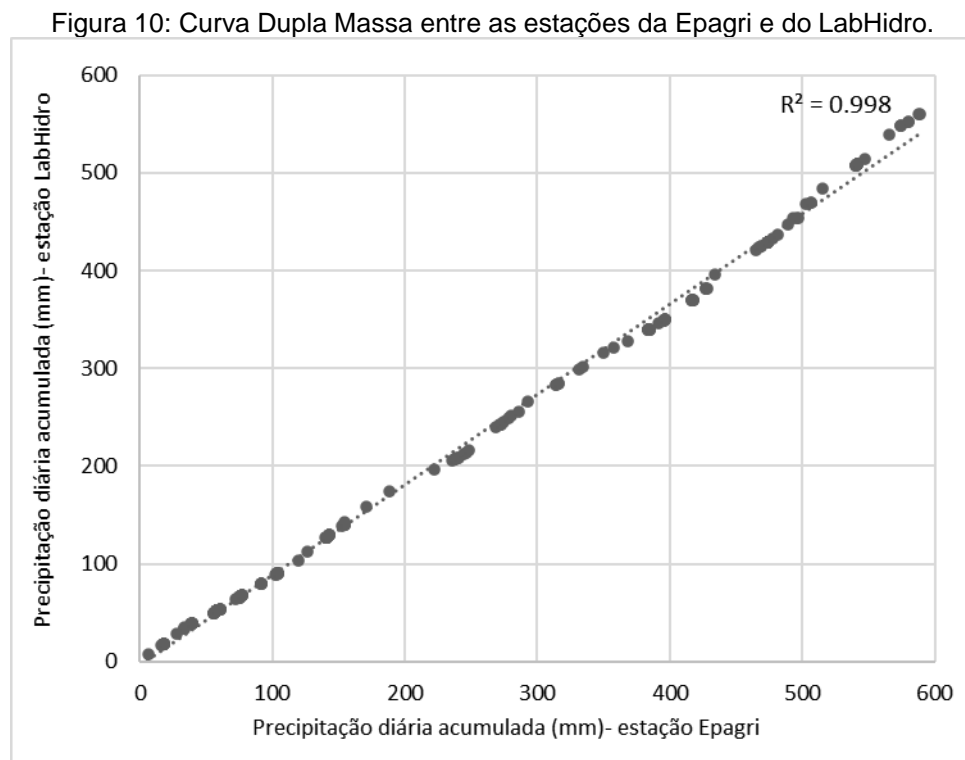
Fonte: SILVA, 2012.

Para a análise de chuvas horárias utilizou-se o método de Tokay e Short (1996). Os autores propõem uma separação de eventos de acordo com a intensidade de precipitação por hora: menor que 1mm- muito fraca; de 1 a 2 mm- fraca; de 2 a 5 mm- moderada; de 5 a 10 mm- forte; de 10 a 20 mm- muito forte; acima de 20 mm- extrema. Foi estipulado um valor mínimo de 0,1 mm para descartar os valores zerados. O período disponível para a análise de precipitação horária foi de maio de 2001 a junho de 2023.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CURVA DE DUPLA MASSA

A Figura 10 mostra a análise de consistência dos dados das estações Epagri e LabHidro pelo método da Dupla Massa. Conforme Tucci (2007), os postos pluviométricos são considerados sem inconsistências quando o gráfico resultante da análise seja uma única reta. Pode-se analisar que as duas estações pluviométricas selecionadas possuem comportamento de precipitação semelhantes, visto que o gráfico gerado é uma reta com coeficiente de determinação R^2 de 0,998. Dessa forma, é possível realizar o preenchimento das falhas da Epagri com os dados do LabHidro.



Fonte: Autora.

5.2 ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Os valores de precipitação total mensal e anual da bacia hidrográfica do Rio do Meio estão apresentados na Tabela 2. As estatísticas foram calculadas a partir da série histórica de 1997 a junho de 2023. Para o cálculo do total anual foram considerados apenas os anos com doze meses completos de dados. Os valores de precipitação total mensal variam de 1,4 a 642,2 mm enquanto que, para o total anual,

variam de 1141,9 a 2506,5 mm. Apresentam média de 137,7 mm e desvio padrão de 94,4 mm para o total mensal e média de 1716,3 mm e desvio padrão de 468,8 mm para o total anual.

O número máximo de dias sem chuva ocorreu em 2003, em que 226 dias não registraram precipitação. O mínimo de dias sem chuva foi em 2015, sendo 156 dias sem registro de precipitação. No ano de 2015, segundo Santana (2020), ocorreu o fenômeno El Niño de intensidade muito forte, que provoca chuvas intensas ou constantes na região Sul do Brasil. Em média a bacia fica 195 dias no ano sem chuva e 170 dias com chuva, o que significa que, em quase metade dos dias do ano há registros de precipitação.

A chuva mínima anual foi de 1141,9 mm em 2007, um ano em que ocorreu o fenômeno de La Niña de intensidade forte, em que, ao contrário do El Niño, são registradas secas mais severas na região Sul do país. Já a chuva máxima anual registrada foi de 2506,5 mm e ocorreu em 2008, ano em que o clima ainda estava sob a influência da La Niña, porém de intensidade fraca. A chuva média mensal na bacia é de 137,7 mm, sendo janeiro o mês com a maior média e julho com a menor média.

A chuva diária máxima registrada foi de 262,6 mm no dia 31 de janeiro de 2008. Neste dia, conforme a notícia do Floripa Amanhã, dados meteorológicos confirmaram que não havia registros dessa intensidade de chuva na capital há pelo menos 30 anos, e mais de 500 pessoas ficaram desabrigadas. Entre os bairros mais atingidos estava o Santa Mônica, onde se localiza o exutório da bacia do Rio do Meio.

Tabela 2: Estatísticas para os totais mensais e anuais de precipitação da série histórica na bacia do Rio do Meio - 1997 a junho de 2023.

Estatísticas	Número de dias sem chuva por ano	Chuva diária (mm)	Chuva mensal (mm)	Chuva anual (mm)
Mínimo	156	0	1,4	1141,9
Máximo	226	262,6	642,2	2506,5
Média	195	4,6	137,7	1716,3
Mediana	195	0	119,6	1562,8
Desvio padrão	18	12,3	94,4	468,8

Fonte: Autora.

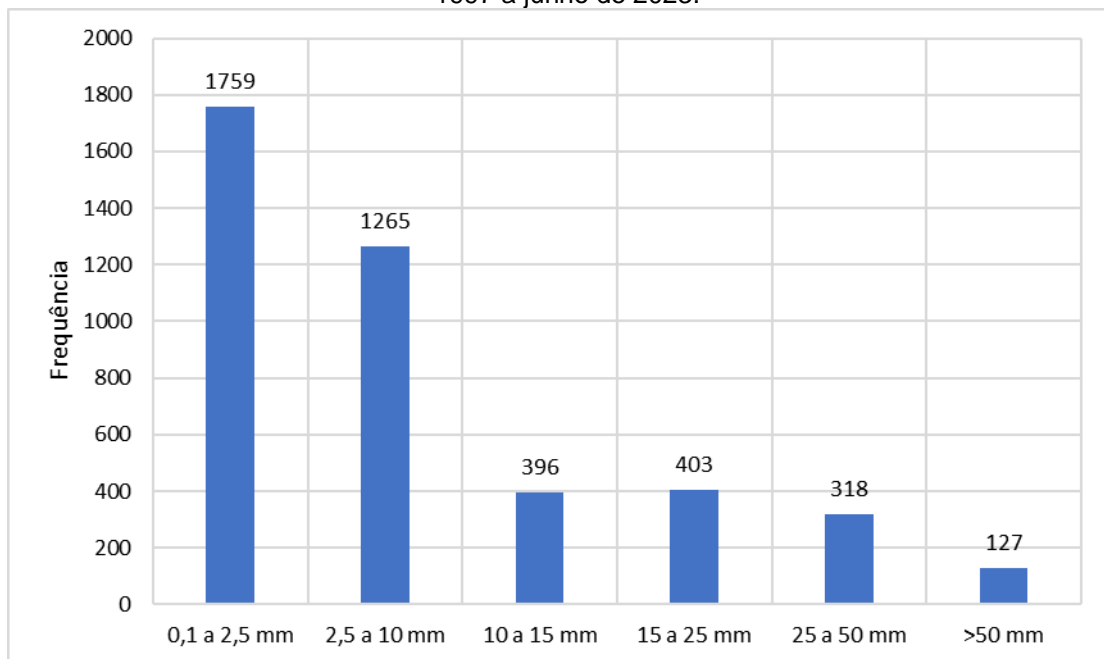
A Tabela 3 e a Figura 11 apresentam a frequência de precipitação diária de acordo com a classificação do INMET para a bacia do Rio do Meio. A maior parte da precipitação foi classificada como chuvisco (41%), que varia de 0,1 a 2,5 mm, e chuva fraca (30%), que varia de 2,5 a 10 mm por dia. Já as chuvas extremas, maiores que 50 mm por dia, representam 3% dos registros.

Tabela 3: Frequência de precipitação diária classificada segundo o INMET, na bacia do Rio do Meio - 1997 a junho de 2023.

Intervalo	Frequência	Percentual	Classificação
0,1 a 2,5 mm	1759	41%	Chuvisco
2,5 a 10 mm	1265	30%	Chuva fraca
10 a 15 mm	396	9%	Chuva moderada
15 a 25 mm	403	9%	Chuva relativamente forte
25 a 50 mm	318	7%	Chuva forte
>50 mm	127	3%	Chuva extrema

Fonte: Autora.

Figura 11: Frequência de precipitação diária classificada segundo o INMET, na bacia do Rio do Meio - 1997 a junho de 2023.

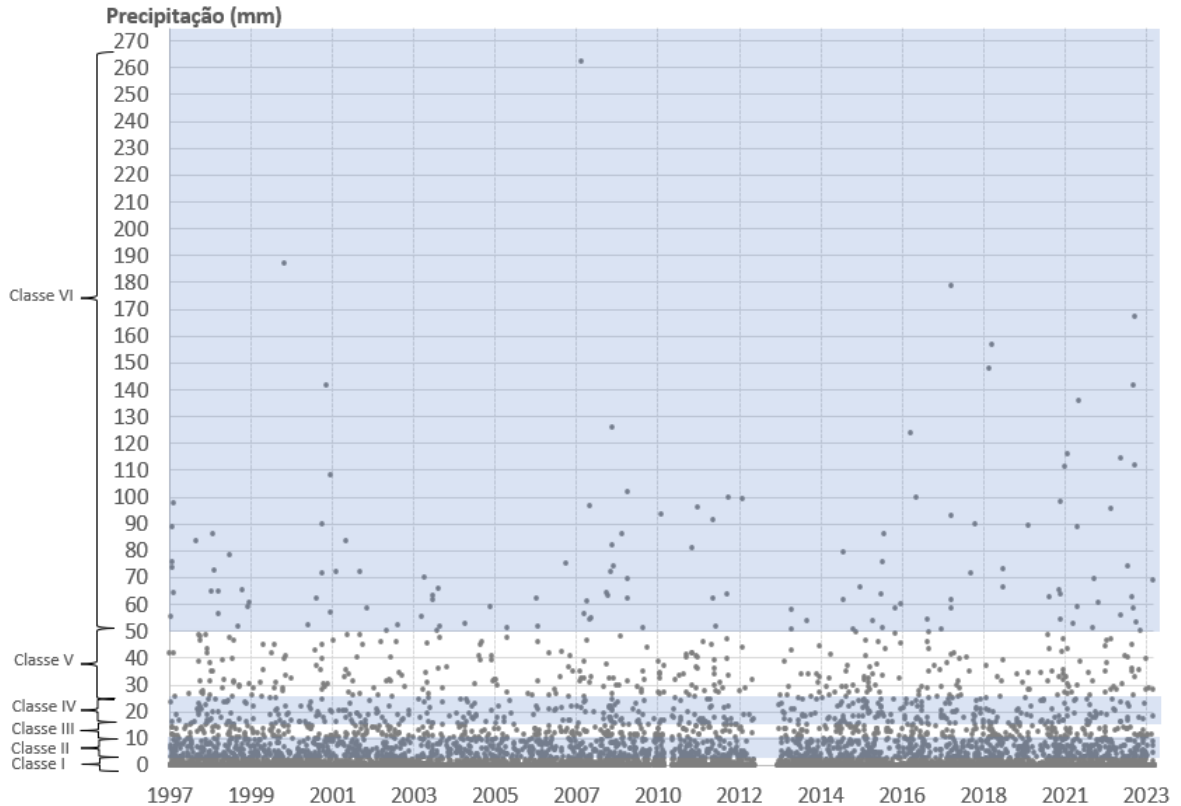


Fonte: Autora.

A Figura 12 apresenta a dispersão da precipitação diária da série histórica. As precipitações estão classificadas segundo a divisão do INMET (Classe I a VI), em que foram selecionadas chuvas de no mínimo 0,1 mm/dia, totalizando 4268 dias de chuva

na série. É possível notar que a maior quantidade de eventos de chuva está localizada nas classes I e II. A classe VI, apesar de apresentar menos registros, ainda apresenta uma quantia significativa de eventos considerados extremos.

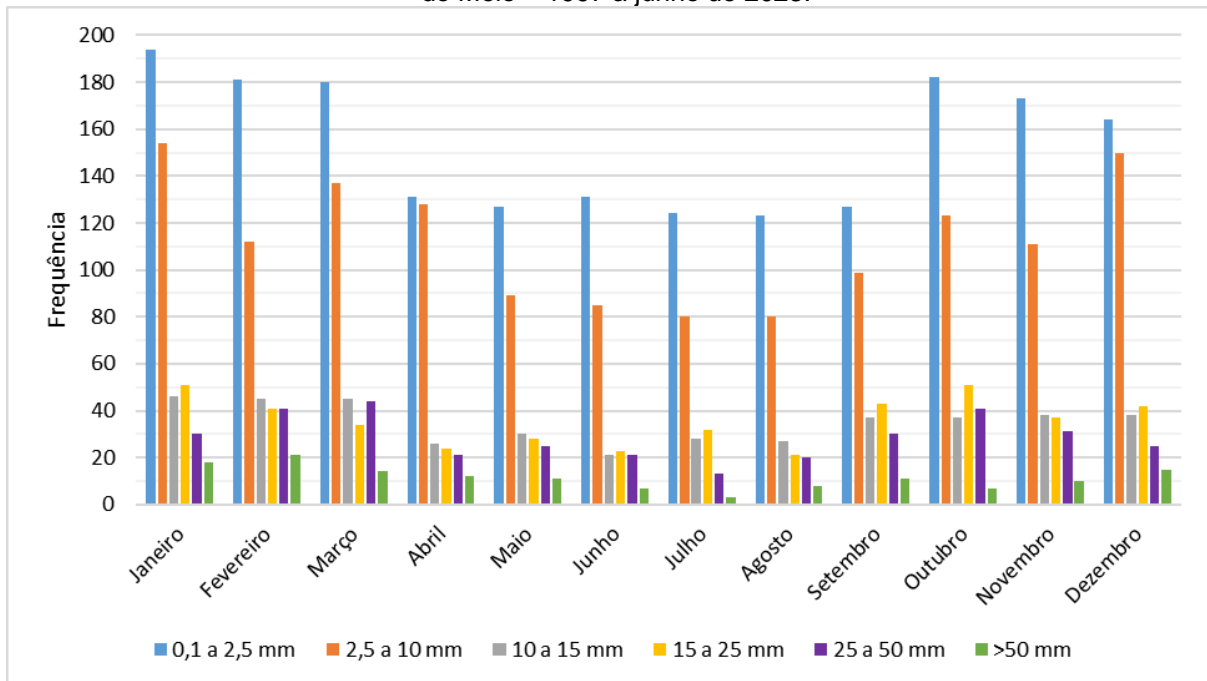
Figura 12: Dispersão da precipitação diária na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

Na Figura 13 é possível analisar que há predominância dos registros de precipitação entre as classes de 0,1 a 2,5 mm e 2,5 a 10 mm nos meses de outubro a março, que condiz com a época chuvosa da região Sul (primavera e verão). Nos meses de abril a setembro, mesmo com menor frequência, ainda há considerável registro de chuvas, constatando que não há estação seca na bacia do Rio do Meio. Mesmo no mês de julho, que é o mês menos chuvoso, há registros de chuvas extremas (maiores que 50 mm/dia). Pelo método do Percentil 99, chegou-se ao valor de 76,9 mm/dia.

Figura 13: Frequência de precipitação em classes e meses a partir de dados diários na bacia do Rio do Meio – 1997 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

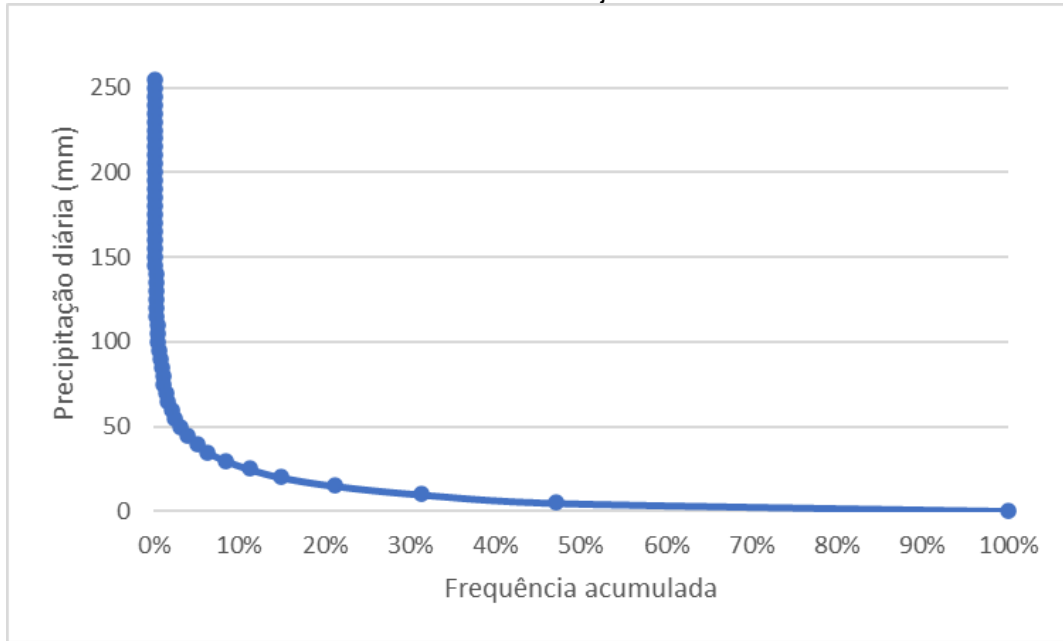
Silva e Franca (2021) classificaram os episódios de chuva extrema no Distrito Federal no período de 1990-2019, a partir da metodologia do INMET. A maior parte dos registros foi classificada como chuvisco (34%) e chuva fraca (30%). Pelo método do Percentil 99 chegou-se ao valor de 73,2 mm/dia e foram identificados 27 casos de eventos pluviométricos extremos no DF, chegando ao valor máximo de 131 mm. Ao comparar com a bacia do Rio do Meio, pode-se analisar que a bacia possui uma quantidade maior de eventos classificados como extremos (acima do Percentil 99) e que chegam ao valor de 262 mm/dia.

Gouvea *et al.* (2018) analisaram valores normais e extremos para a chuva na bacia do rio Itajaí, utilizando a classificação diária recomendada pelo INMET. A classe de 0,1- 2,5 mm é a mais comum, com ocorrência superior a 14,5%. A classe de chuvas maiores que 50 mm apresenta 5% de frequência. Esse percentual está acima do encontrado nesta classe para a bacia do Rio do Meio. Pode-se analisar que a região Leste e Norte de Santa Catarina apresentam maior frequência de chuvas extremas.

A Figura 14 apresenta a curva de precipitação a partir do método de definição de evento frequente. Os dados de precipitação foram ordenados em ordem decrescente e divididos em classes a cada 5 mm, resultando em 52 classes. A partir do gráfico é possível estabelecer a chuva frequente em 80% do tempo, que é de até

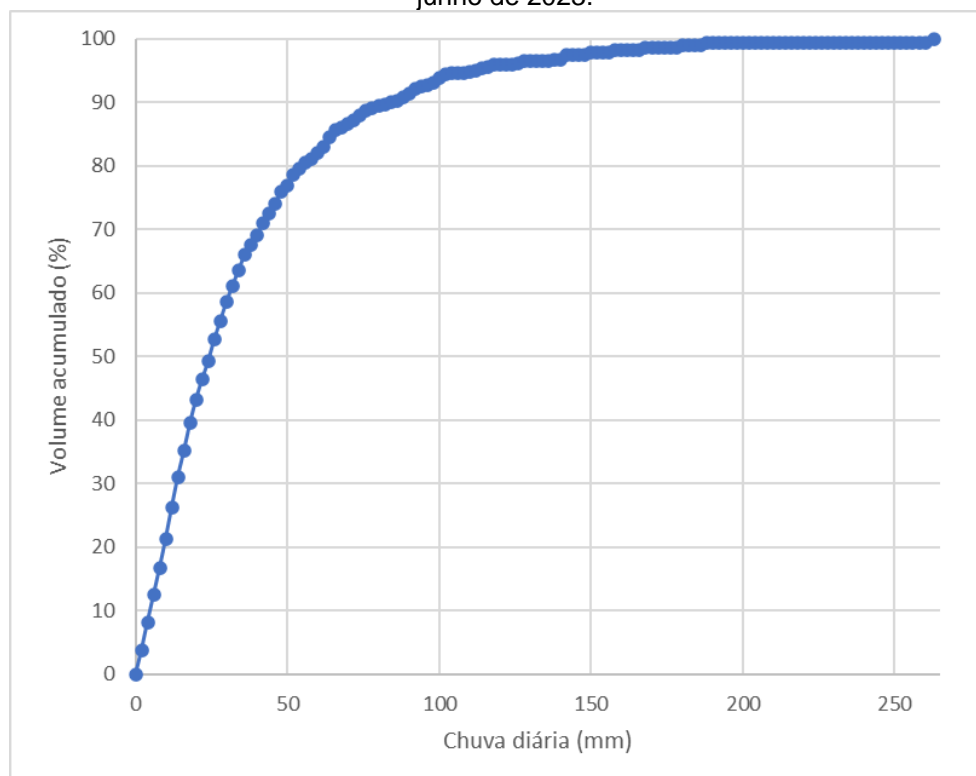
1 mm/dia. Já as chuvas que ocorrem em 20% do tempo são as maiores de 15 mm/dia. As que ocorrem em apenas 1% do tempo são as maiores de 75 mm/dia. A Figura 15 apresenta a curva de volume acumulado a partir da chuva diária.

Figura 14: Curva de precipitação diária a partir do método de definição de evento frequente na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

Figura 15: Curva de volume acumulado a partir da chuva diária na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

A partir do valor do Percentil 99, foram identificados 42 eventos de precipitação que ultrapassaram esse valor e então classificados pela sua frequência, conforme apresentado na Tabela 4 e Figura 16. A maior frequência está entre os valores de 76,9 a 100 mm que representam 55% do total, e em seguida os valores de 100 a 125 mm representam 21%. O intervalo de 125 a 150 mm representa 12%, os intervalos de 150 a 175 mm e 175 a 200 mm representam 5% cada, e o intervalo maior que 200 mm representa 2%, com um registro.

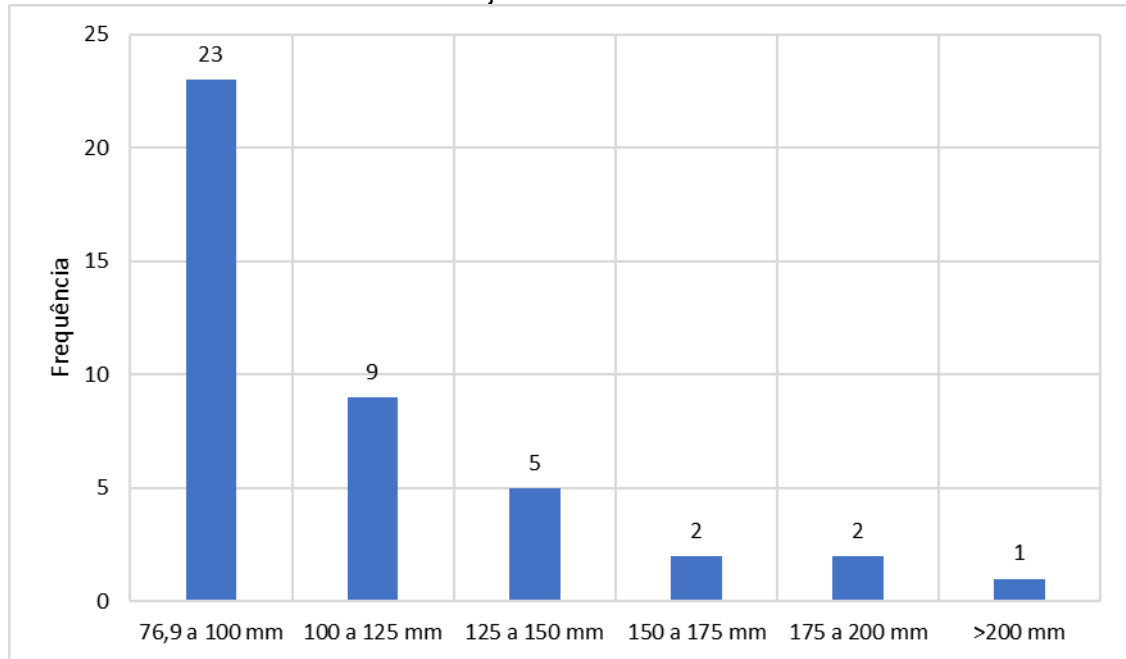
Verifica-se que os eventos de precipitação diária entre 76,9 mm e 100 mm podem ser reproduzidos pelo menos uma vez a cada 1 ano e 10 meses. Já os eventos entre 100 a 125 mm, ocorrem a cada 4 anos e 8 meses, e entre 125 e 150 mm ocorrem a cada 8 anos e 5 meses. Os eventos pluviométricos entre 150 e 200 mm, podem retornar em até 21 anos. O tempo de retorno de precipitações maiores que 200 mm/dia foi estimado em 42 anos.

Tabela 4: Tempo de retorno das chuvas extremas diárias na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.

Intervalo	Frequência	Frequência relativa	Tempo de retorno
76,9 a 100 mm	23	54,8%	1 ano e 10 meses
100 a 125 mm	9	21,4%	4 anos e 8 meses
125 a 150 mm	5	11,9%	8 anos e 5 meses
150 a 175 mm	2	4,8%	21 anos
175 a 200 mm	2	4,8%	21 anos
>200 mm	1	2,4%	42 anos

Fonte: Autora.

Figura 16: Frequência das chuvas extremas diárias em classes na bacia do Rio do Meio -1997 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

Os eventos pluviométricos entre 150 mm e 175 mm chamam a atenção pelo seu tempo de retorno e pelas ocorrências ao longo da série. São dois eventos registrados nas datas de fevereiro de 2019 e dezembro de 2022. Apesar de as estatísticas mostrarem que o tempo de retorno é de 21 anos, esses dois eventos aconteceram com menos de 4 anos de diferença.

Sanches et al (2019) estudou os eventos extremos no sudoeste do Rio Grande do Sul e identificou o valor extremo de precipitação diária de 71,5 mm a partir do Percentil 99, próximo ao valor encontrado para a bacia do Rio do Meio. A região também apresentou valores próximos para o tempo de retorno de até 100 mm de chuva, que foi de 1 ano e 7 meses. Pode-se analisar que a bacia apresenta eventos maiores de chuva diária do que a região do Rio Grande do Sul, que obteve valor máximo de 183,9 mm durante os 90 anos de série histórica.

A classificação de níveis de intensidade para as chuvas extremas está apresentada na Tabela 5. Foram selecionadas as precipitações maiores ou igual a 50 mm/dia, que resultaram em uma média de 77,6 mm e desvio padrão de 32,5 mm. As chuvas abaixo da média são consideradas normais, e acima da média estão divididas em quatro níveis de intensidade.

O Nível I, de intensidade pequena, varia de 77,6 a 110,1 mm/dia e foram registrados 27 eventos na série. O Nível II, de intensidade média, varia de 110,1 a

142,6 mm/dia com 9 eventos registrados. O Nível III, de intensidade grande, varia de 142,6 a 175,1 mm/dia e possui uma frequência de 3 eventos. Já no Nível IV, de intensidade muito grande, estão as chuvas maiores que 175,1 mm/dia, com 3 eventos ao longo da série.

Tabela 5: Classificação de eventos extremos de chuva diária baseado na média dos máximos valores e os limites da intensidade da precipitação máxima para a bacia do Rio do Meio- 1997 a junho de 2023.

Nível	Intervalo	Intensidade
Nível I	$77,6 \leq P < 110,1$	Pequena
Nível II	$110,1 \leq P < 142,6$	Média
Nível III	$142,6 \leq P < 175,1$	Grande
Nível IV	$P \geq 175,1$	Muito grande

Fonte: Autora.

Macedo e Santos (2021) realizaram a análise de níveis de chuva em Forquilha, município localizado no semiárido nordestino. A normalidade de chuvas situou-se abaixo de 78 mm, enquanto que o Nível IV situam-se chuvas maiores que 116 mm. Se comparado com a bacia do Rio do Meio, embora as médias estejam próximas, o Nível IV da bacia é bem maior que o de Forquilhas. Nota-se que as duas regiões possuem clima e pluviosidade distintos.

O autor Silva (2012) cita em seu estudo a cidade de Curitiba e Ponta Grossa, no Paraná, em que o nível normal ficou situado abaixo de 59 e 67 mm, enquanto que para o nível máximo as chuvas ficam acima de 138 e 95 mm, respectivamente. Apesar das cidades estarem localizadas na região Sul, assim como a bacia do Rio do Meio, percebe-se uma diferença entre os níveis de intensidade, já que para a bacia, uma chuva de 138 mm estaria classificada no Nível II, por exemplo. Com isso pode-se dizer que a bacia possui uma pluviosidade mais elevada que outros lugares da região Sul.

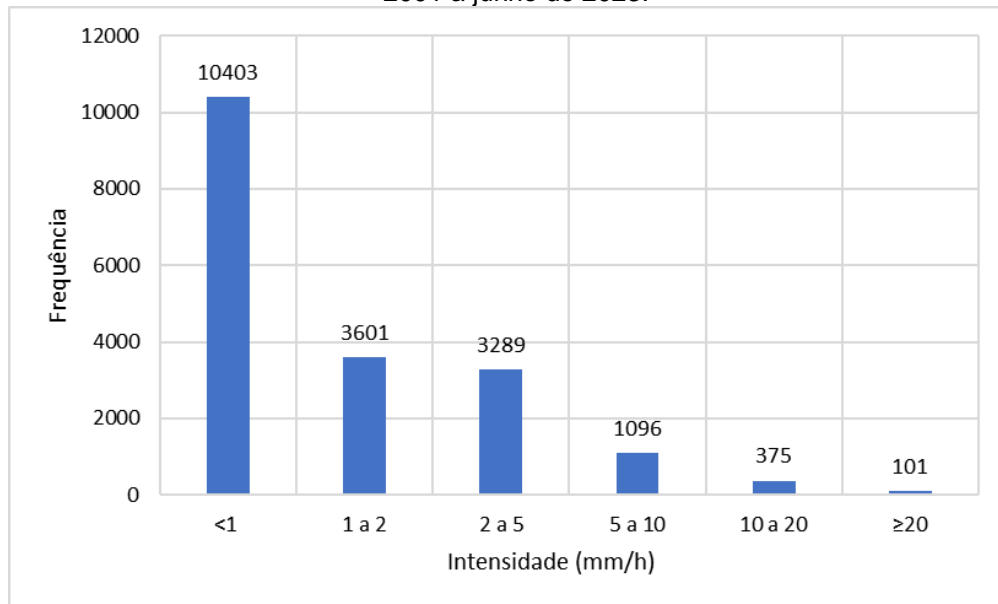
A análise de chuva horária pelo método de Tokay e Short (1996) está apresentada na Tabela 6 e Figura 17. Mais da metade dos registros são de chuvas consideradas muito fracas (<1 mm/h). O percentual de chuvas consideradas forte, muito forte e extrema somados são de 8,3%, demonstrando uma alta frequência de eventos passíveis de causarem estragos. As chuvas consideradas extremas representaram 0,5% dos registros, com 101 eventos de chuvas maiores que 20 mm por hora.

Tabela 6: Classificação de intensidade de precipitação horária para a bacia do Rio do Meio- maio de 2001 a junho de 2023.

Intensidade (mm/h)	Frequência	Percentual	Classificação
<1	10403	55,1%	Muito fraca
$1 \leq I < 2$	3601	19,1%	Fraca
$2 \leq I < 5$	3289	17,4%	Moderada
$5 \leq I < 10$	1096	5,8%	Forte
$10 \leq I < 20$	375	2,0%	Muito forte
≥ 20	101	0,5%	Extrema

Fonte: Autora.

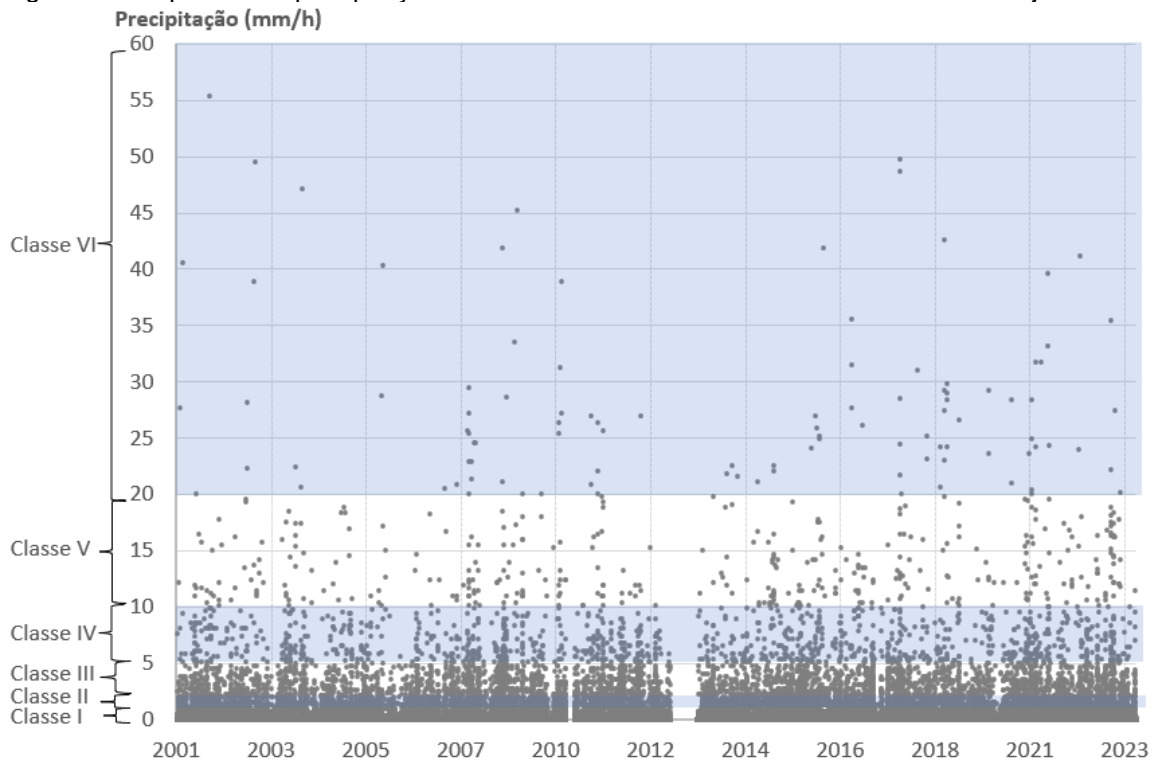
Figura 17: Classificação de intensidade de precipitação horária para a bacia do Rio do Meio- maio de 2001 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

A Figura 18 apresenta a dispersão da precipitação horária na bacia. Pode-se analisar que a bacia apresenta vários eventos de chuva extrema (Classe VI), maiores que 20 mm/h. Além disso, muitos registros ficaram bem acima desse valor, sendo que há 12 eventos maiores que 40 mm/h na série. O valor máximo registrado foi de 55,37 mm/h em 06 de fevereiro de 2002.

Figura 18: Dispersão da precipitação horária na bacia do Rio do Meio- maio de 2001 a junho de 2023.



Fonte: Autora.

Após a análise de chuvas intensas na bacia do Rio do Meio pode-se comparar que os resultados obtidos através de diferentes metodologias foram semelhantes. Enquanto que pelo método do Percentil 99 obteve-se o valor de 76,9 mm/dia, pelo método do evento frequente as chuvas que ocorrem em apenas 1% do tempo são as maiores de 75 mm/dia. Já pela classificação de níveis de intensidade, as chuvas extremas são as maiores que 77,6 mm/dia.

Os resultados obtidos para a bacia do Rio do Meio estão de acordo com o esperado, sendo os maiores percentuais concentrados abaixo de 50 mm/dia, no entanto, o que se destaca é a frequência de registros de chuva extrema, que podem apresentar efeitos negativos consideráveis. É possível concluir que as chuvas intensas na bacia ocorrem pelo menos uma vez a cada 1 ano e 10 meses. Ao longo dos 26 anos de série histórica analisada foram registrados 42 eventos de precipitação extrema diária, o que indica que o tempo de retorno pode ser ainda menor.

Ainda, tanto os dados diários quanto os dados horários de precipitação mostraram eventos muito mais elevados do que o valor considerado extremo. Nota-se que há vários registros de chuvas maiores que 20 mm/h, que são considerados intensos. A bacia do Rio do Meio é considerada uma bacia pequena, portanto, chuvas

intensas de duração a 1 hora ou inferior podem causar inundações que se convertem em danos sociais e materiais.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou caracterizar eventos intensos de precipitação na bacia do Rio do Meio, no campus da UFSC. Através de diferentes metodologias foi possível estimar chuvas intensas para a bacia e indicar valores de intensidade de chuva. Foram analisados dados diários de precipitação através da classificação do INMET, do Percentil 99, do método de evento frequente e de níveis de intensidade conforme Silva (2012). Para a análise de chuvas horárias utilizou-se o método de Tokay e Short (1996).

As metodologias resultaram valores semelhantes para as chuvas extremas na bacia. De acordo com a classificação do INMET, a maior parte da precipitação foi classificada como chuvisco (41%), que varia de 0,1 a 2,5 mm, e chuva fraca (30%), que varia de 2,5 a 10 mm por dia. As chuvas extremas, acima de 50 mm, somaram 3% dos registros diários. Há predominância dos registros de chuva entre os meses de outubro a março, sendo que o período menos chuvoso é de abril a setembro.

Pelo método do evento frequente foi possível estabelecer a chuva frequente em 80% do tempo, que é de até 1 mm/dia. Já as que ocorrem em apenas 1% do tempo são as maiores de 75 mm/dia. Pelo Percentil 99 obteve-se o valor de 76,9 mm/dia e foram identificados 42 eventos de precipitação que ultrapassaram esse limiar. Verificou-se que os eventos de chuva diária entre 76,9 mm e 100 mm podem ocorrer pelo menos uma vez a cada 1 ano e 10 meses, já o tempo de retorno de chuvas maiores que 200 mm/dia foi estimado em 42 anos.

A classificação de níveis de intensidade para as chuvas extremas resultou em quatro níveis. De 77,6 a 110,1 mm/dia são chuvas consideradas de intensidade pequena, de 110,1 a 142,6 mm/dia são de intensidade média, de 142,6 a 175,1 mm/dia intensidade grande e as chuvas maiores que 175,1 mm/dia são consideradas de intensidade muito grande para a bacia do Rio do Meio.

Na análise de chuva horária, a maior parte dos registros são de chuvas consideradas muito fracas (<1 mm/h). Porém, a quantidade de chuvas fortes (5 a 10 mm/h), muito fortes (10 a 20 mm/h) e extremas (>20 mm/h) são significativas na bacia, somando 8,3% dos registros.

De maneira geral, com os resultados obtidos neste estudo, pode-se analisar que a bacia apresenta grande quantidade de chuvas e chuvas de alta intensidade. A análise das chuvas consideradas extremas resultou em valores de chuvas maiores

que 75 ou 77 mm/dia. Em comparação com outros estudos, a bacia apresenta uma alta pluviosidade, com chuvas extremas mesmo no mês menos chuvoso. Verifica-se também a influência dos fenômenos El Niño e La Niña no regime de chuvas da bacia, presente nos anos que se registraram alta ou baixa pluviosidade.

A principal dificuldade encontrada durante a realização desta pesquisa foi as falhas nos dados de precipitação, entretanto, isso é algo comum nas séries de dados. A estação da Epagri apresenta uma grande falha entre os anos de 2012 a 2013, em que se pode ter perdido informações sobre chuvas intensas nesse período. A estação do LabHidro também apresenta dados espaçados, com grandes períodos de falha. Dessa forma, mesmo realizando o preenchimento de dados ainda se teve dias com falhas na série histórica analisada.

Como recomendação para trabalhos futuros sugere-se a análise mais aprofundada de dados horários na bacia. Também é importante implementar um monitoramento pluviométrico da bacia em escala sub horária, de maneira contínua e ininterrupta, visto que a bacia do Rio do Meio é pequena, onde chuvas (intensas) de duração inferior a 1 hora causam alagamentos. Assim, seriam de grande utilidade dados de chuva em escala de 5 a 10 minutos, a fim de detalhar os processos que geram inundações na bacia.

REFERÊNCIAS

- ANA- Agência Nacional de Águas. **Rede Hidrometeorológica Nacional**. 2018. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>.
- BACK, A. J. *et al.* **Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 2127-2134. 2011.
- BEMFICA, Daniela da Costa. **Análise da Aplicabilidade de Padrões de Chuva de Projeto a Porto Alegre**. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- CARVALHO, Leila M. V. *et al.* **The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall**. American Meteorological Society. Journal Of Climate, v. 17, n. 1, p. 88-108, jan. 2004. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)0172.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0442(2004)0172.0.co;2).
- CHOW, V.; MAIDMENT, D.; MAYS, L. **Design storms**. Applied Hydrology, v. 14. New York: McGraw-Hill, 1988.
- COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. 1 ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013.
- FLORIANÓPOLIS. **Plano Diretor de Urbanismo de Florianópolis**. Florianópolis: PMF, 2014.
- FLORIANÓPOLIS. Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM); Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). Prefeitura Municipal de Florianópolis (PMF). **Plano Municipal da Mata Atlântica: Florianópolis – Santa Catarina**. 116 p. Florianópolis, 2020. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/sistemas/pmma/index.html>. Acesso em: 14 de outubro de 2023.

FLORIPA AMANHÃ. **Chuva provoca alagamentos e deslizamentos na Grande Florianópolis.** Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://floripamanha.org/2008/02/chuva-provoca-alagamentos-e-deslizamentos-na-grande-florianopolis/>. Acesso em 14/11/2023.

FONTOURA, Jéssica Ribeiro. **Padrões de distribuição temporal das precipitações intensas no Rio Grande do Sul.** 242 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2019.

FRICH, P.; ALEXANDER, L. V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; KLEIN-TANK, A. M. G e PETERSON, T. **Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century.** *Climate Research*, 19, p 193-212. 2002

GAO, X.; JEREMY S. P.; FILIPPO G. **Projected changes in mean and extreme precipitation over the Mediterranean region from a high resolution double nested RCM simulation.** *Geophysical Research letters*, 33. 2006.

GONÇALVES, Luan; TEIXEIRA, Bernardo. **Eventos de Chuva Característicos: Metodologia Adaptada e Aplicada a Poços de Infiltração na Cidade de São Carlos-SP.** *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 18, n. 1, p. 24, 28 out. 2021. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. <http://dx.doi.org/10.21168/rega.v18e24>.

GONÇALVES, Luan Serafim Mendes. **Desenvolvimento de Ferramenta para Simulação de Dispositivos de Drenagem Urbana Sustentável Utilizando Eventos de Chuva Característicos.** 269 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Urbana, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2022.

GOUVEA, Regina Luiza *et al.* **Análise de Frequência de Precipitação e Caracterização de Anos Secos e Chuvosos para a Bacia do Rio Itajaí.** *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 309-323, jan/jun 2018.

GROMAIRE, Marie-Christine. **Material da disciplina Urban Stormwater Management oferecida no PPGEA.** PPGEA-UFSC: Florianópolis, 2020.

HUFF, F. A. **Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms.** Water Resources Research, v. 3, n. 4, p. 1007-1018. 1967.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020.** Brasília, 2020.

IPCC. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** Sixth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 p. 2022. DOI:10.1017/9781009325844.

KOTTEGODA, N. T. ; KASSIM, A. H. M. **Classification of Storm Profiles Using Crossing Properties.** Journal of Hydrology, 127, p. 37-53. 1991.

LABHIDRO. Laboratório de Hidrologia. **Dados da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Santa Catarina.** Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2020. Disponível em: www.labhidro.ufsc.br/pt/dados-ufsc

MACÊDO, Joalana Araújo; SANTOS, Jader de Oliveira. **Caracterização de eventos máximos de precipitação no semiárido cearense.** Naea, v. 30, n. 1, ed. 528, p. 1-16. 2021.

MONTEIRO, J. B. Desastres naturais no estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos. 257 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17661.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de. **Chuvas extremas no Brasil: modelos e aplicações.** UFLA. Lavras, 2019.

PIELKE, Roger A.. **Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall.** Reviews of Geophysics, v. 39, n. 2, p 151-177. American Geophysical Union (AGU). 2001. DOI:10.1029/1999RG000072.

PILGRIM, D. H.; CORDERY, I. **Rainfall Temporal Patterns for Design Floods.** Journal of the Hydraulics Division, 101, HY1, p. 81-95. 1975.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area.** Hidrology papers, Colorado, n.12, p.1-53, 1966.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. Volume 1. RiMa Editora, 2 ed. 840 p. São Carlos, 2023.

RIBEIRO, Felipe Garcia *et al.* **O Impacto Econômico dos Desastres Naturais: O Caso das Chuvas de 2008 em Santa Catarina**. Planejamento e Políticas Públicas, n. 43. p 300-322. jul/dez, 2014.

SALDANHA, Claudinéia Brazil *et al.* **O Evento de Chuva Intensa de Janeiro de 2009 Sobre a Região de Pelotas-RS**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 17, n. 2, p. 555-265. jun, 2012.

SANCHES, F. *et al.* **Extreme Rainfall Events in the Southwest of Rio Grande do Sul (Brazil) and Its Association with the Sandization Process**. American Journal of Climate Change, 2019, p. 441-453. Disponível em: https://www.scirp.org/pdf/AJCC_2019101116010577.pdf.

SANTANA, Paula Lidia. **Avaliação do Impacto da Urbanização Sobre o Regime Fluviométrico de Vazões na Bacia Hidrográfica do Rio do Meio - Florianópolis/SC**. 99 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/241061>.

SANTOS, Denise Dias dos; GALVANI, Emerson. **Proposta para Determinação de Eventos Extremos de Chuva no Litoral Norte Paulista**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 25, p. 702-718, 22 nov. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.67605>.

SILVA, Cristiano Alves da. **Os desastres Pluviométricos nas Grandes e Médias Cidades do Paraná**. Universidade Federal do Paraná (UFPR). 144 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Geografia do Setor de Ciências da Terra. Curitiba, 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/32051>

SILVA, Alícia de Almeida; FRANCA, Rafael Rodrigues da. **Identificação e Classificação de Episódios de Chuva Extrema no Distrito Federal – Período 1990-2019**. Espaço & Geografia, Brasília, v. 24, n. 2, p. 134-153, ago. 2021.

TEIXEIRA, Mateus da Silva. **Caracterização física e dinâmica de episódios de chuvas intensas nas regiões sul e sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em

Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2010/02.05.00.27>

TOKAY, A.; SHORT, DA. **Evidence from tropical raindrop spectra of the origin of rain from stratiform versus convective clouds.** Journal of Applied Meteorology. v. 35, p. 355- 371. 1996.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4, 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

UCHÔA, Lucas Matias; NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das. **Estudo de critérios para separação de eventos chuvosos.** XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas. Porto Alegre, out. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres- CEPED. **Relatório dos danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais em Santa Catarina: 1995 - 2014.** Florianópolis, 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. AGECOM. **Administração da UFSC avalia estragos causados pelas chuvas.** Florianópolis, 01 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://noticias.ufsc.br/2022/12/administracao-da-ufsc-avalia-estragos-causados-pelas-chuvas>. Acesso em: 17/07/2023.

VERA, C. *et al.* **Toward a Unified View of the American Monsoon Systems.** Journal of Climate, v. 19, p. 4977-5000, 2006.

YEN, B. C.; CHOW, V. T. **Design Hyetographs for Small Drainage Structures.** Journal of the Hydraulics Division, 106, HY6, p. 1055/1076. 1980.

APÊNDICE A- CURVA DE DUPLA MASSA

Data	Epagri		LabHidro	
	Precipitação Diária (mm)	Acumulado (mm)	Precipitação Diária (mm)	Acumulado (mm)
01/07/2019	6,20	6,20	7,16	7,16
02/07/2019	10,40	16,60	10,06	17,22
03/07/2019	1,40	18,00	0,91	18,14
04/07/2019	0,00	18,00	0,00	18,14
05/07/2019	0,00	18,00	0,00	18,14
06/07/2019	0,00	18,00	0,00	18,14
07/07/2019	0,00	18,00	0,00	18,14
08/07/2019	0,00	18,00	0,00	18,14
09/07/2019	0,20	18,20	0,00	18,14
10/07/2019	0,00	18,20	0,00	18,14
11/07/2019	0,00	18,20	0,00	18,14
12/07/2019	0,00	18,20	0,00	18,14
13/07/2019	0,00	18,20	0,00	18,14
14/07/2019	10,00	28,20	10,29	28,42
15/07/2019	5,20	33,40	5,99	34,42
16/07/2019	0,00	33,40	0,00	34,42
17/07/2019	0,00	33,40	0,46	34,87
18/07/2019	5,00	38,40	4,11	38,99
19/07/2019	1,20	39,60	0,69	39,67
20/07/2019	0,00	39,60	0,00	39,67
21/07/2019	0,00	39,60	0,00	39,67
22/07/2019	0,00	39,60	0,00	39,67
23/07/2019	0,00	39,60	0,00	39,67
24/07/2019	0,00	39,60	0,00	39,67
25/07/2019	0,00	39,60	0,00	39,67
26/07/2019	0,00	39,60	0,00	39,67
27/07/2019	16,00	55,60	10,39	50,06
28/07/2019	0,00	55,60	0,00	50,06
29/07/2019	0,00	55,60	0,00	50,06
30/07/2019	0,00	55,60	0,00	50,06
31/07/2019	0,00	55,60	0,00	50,06
01/08/2019	0,00	55,60	0,00	50,06
02/08/2019	2,20	57,80	1,83	51,89
03/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
04/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
05/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
06/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
07/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
08/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
09/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
10/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89

11/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
12/08/2019	0,00	57,80	0,00	51,89
13/08/2019	2,60	60,40	1,85	53,75
14/08/2019	0,00	60,40	0,00	53,75
15/08/2019	0,00	60,40	0,00	53,75
16/08/2019	0,00	60,40	0,00	53,75
17/08/2019	0,00	60,40	0,00	53,75
18/08/2019	11,40	71,80	10,08	63,83
19/08/2019	3,00	74,80	1,60	65,43
20/08/2019	0,00	74,80	0,00	65,43
21/08/2019	0,00	74,80	0,00	65,43
22/08/2019	0,00	74,80	0,00	65,43
23/08/2019	0,60	75,40	0,91	66,34
24/08/2019	0,00	75,40	0,00	66,34
25/08/2019	0,00	75,40	0,23	66,57
26/08/2019	1,60	77,00	0,91	67,49
27/08/2019	0,20	77,20	0,23	67,72
28/08/2019	0,00	77,20	0,00	67,72
29/08/2019	0,00	77,20	0,00	67,72
30/08/2019	0,00	77,20	0,00	67,72
31/08/2019	0,00	77,20	0,91	68,63
01/09/2019	14,80	92,00	10,80	79,43
02/09/2019	0,00	92,00	0,00	79,43
03/09/2019	0,00	92,00	0,00	79,43
04/09/2019	0,00	92,00	0,00	79,43
05/09/2019	0,00	92,00	0,00	79,43
06/09/2019	10,60	102,60	9,60	89,03
07/09/2019	0,80	103,40	0,69	89,71
08/09/2019	0,20	103,60	0,23	89,94
09/09/2019	0,00	103,60	0,00	89,94
10/09/2019	0,00	103,60	0,00	89,94
11/09/2019	0,00	103,60	0,00	89,94
12/09/2019	0,40	104,00	0,46	90,40
13/09/2019	0,00	104,00	0,00	90,40
14/09/2019	0,00	104,00	0,00	90,40
15/09/2019	0,20	104,20	0,23	90,63
16/09/2019	0,00	104,20	0,00	90,63
17/09/2019	0,00	104,20	0,00	90,63
18/09/2019	15,00	119,20	13,39	104,01
19/09/2019	7,60	126,80	8,69	112,70
20/09/2019	13,60	140,40	14,35	127,05
21/09/2019	0,20	140,60	0,00	127,05
22/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05
23/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05
24/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05
25/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05

26/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05
27/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05
28/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05
29/09/2019	0,00	140,60	0,00	127,05
30/09/2019	1,80	142,40	2,74	129,79
01/10/2019	0,00	142,40	0,00	129,79
02/10/2019	0,00	142,40	0,00	129,79
03/10/2019	0,40	142,80	0,23	130,02
04/10/2019	0,00	142,80	0,00	130,02
05/10/2019	0,00	142,80	0,00	130,02
06/10/2019	9,80	152,60	9,17	139,19
07/10/2019	1,80	154,40	0,91	140,11
08/10/2019	0,00	154,40	0,00	140,11
09/10/2019	0,00	154,40	0,00	140,11
10/10/2019	0,00	154,40	0,00	140,11
11/10/2019	0,00	154,40	0,00	140,11
12/10/2019	0,00	154,40	0,00	140,11
13/10/2019	0,00	154,40	2,13	142,24
14/10/2019	16,40	170,80	16,13	158,37
15/10/2019	17,60	188,40	16,05	174,42
16/10/2019	34,00	222,40	22,40	196,82
17/10/2019	13,00	235,40	9,60	206,43
18/10/2019	2,00	237,40	0,46	206,88
19/10/2019	0,00	237,40	0,00	206,88
20/10/2019	0,00	237,40	0,00	206,88
21/10/2019	2,20	239,60	1,83	208,71
22/10/2019	0,00	239,60	0,00	208,71
23/10/2019	1,00	240,60	0,00	208,71
24/10/2019	4,00	244,60	3,91	212,62
25/10/2019	2,00	246,60	1,60	214,22
26/10/2019	1,80	248,40	1,60	215,82
27/10/2019	20,60	269,00	24,49	240,31
28/10/2019	3,00	272,00	2,06	242,37
29/10/2019	0,20	272,20	0,00	242,37
30/10/2019	0,00	272,20	0,00	242,37
31/10/2019	2,40	274,60	2,74	245,11
01/11/2019	4,00	278,60	3,89	249,00
02/11/2019	1,40	280,00	2,74	251,74
03/11/2019	6,00	286,00	4,60	256,34
04/11/2019	6,80	292,80	9,32	265,66
05/11/2019	21,00	313,80	17,70	283,36
06/11/2019	0,00	313,80	0,00	283,36
07/11/2019	1,80	315,60	1,60	284,96
08/11/2019	0,00	315,60	0,00	284,96
09/11/2019	16,00	331,60	14,68	299,64
10/11/2019	2,40	334,00	2,29	301,93

11/11/2019	16,00	350,00	14,40	316,33
12/11/2019	7,20	357,20	4,83	321,16
13/11/2019	11,20	368,40	7,32	328,47
14/11/2019	15,00	383,40	11,43	339,90
15/11/2019	0,00	383,40	0,00	339,90
16/11/2019	0,00	383,40	0,00	339,90
17/11/2019	0,00	383,40	0,00	339,90
18/11/2019	0,00	383,40	0,00	339,90
19/11/2019	0,00	383,40	0,00	339,90
20/11/2019	0,00	383,40	0,00	339,90
21/11/2019	1,40	384,80	0,00	339,90
22/11/2019	0,00	384,80	0,00	339,90
23/11/2019	0,00	384,80	0,00	339,90
24/11/2019	0,00	384,80	0,00	339,90
25/11/2019	0,00	384,80	0,00	339,90
26/11/2019	6,80	391,60	6,17	346,08
27/11/2019	4,20	395,80	3,20	349,28
28/11/2019	0,00	395,80	0,00	349,28
29/11/2019	0,00	395,80	0,00	349,28
30/11/2019	0,00	395,80	0,00	349,28
01/12/2019	1,00	396,80	0,46	349,73
02/12/2019	0,00	396,80	0,00	349,73
03/12/2019	0,00	396,80	0,00	349,73
04/12/2019	0,00	396,80	0,00	349,73
05/12/2019	19,60	416,40	20,04	369,77
06/12/2019	0,00	416,40	0,00	369,77
07/12/2019	0,00	416,40	0,00	369,77
08/12/2019	0,00	416,40	0,00	369,77
09/12/2019	1,20	417,60	0,46	370,23
10/12/2019	0,00	417,60	0,00	370,23
11/12/2019	0,00	417,60	0,00	370,23
12/12/2019	10,00	427,60	11,81	382,04
13/12/2019	0,00	427,60	0,00	382,04
14/12/2019	0,00	427,60	0,00	382,04
15/12/2019	0,60	428,20	0,00	382,04
16/12/2019	5,80	434,00	14,71	396,75
17/12/2019	31,00	465,00	24,00	420,75
18/12/2019	2,40	467,40	3,43	424,18
19/12/2019	1,60	469,00	0,91	425,09
20/12/2019	0,00	469,00	0,00	425,09
21/12/2019	4,80	473,80	4,11	429,21
22/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
23/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
24/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
25/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
26/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21

27/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
28/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
29/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
30/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
31/12/2019	0,00	473,80	0,00	429,21
01/01/2020	4,20	478,00	3,89	433,10
02/01/2020	3,20	481,20	4,11	437,21
03/01/2020	7,80	489,00	10,72	447,93
04/01/2020	4,00	493,00	5,46	453,39
05/01/2020	3,20	496,20	0,46	453,85
06/01/2020	0,40	496,60	0,23	454,08
07/01/2020	5,80	502,40	14,96	469,04
08/01/2020	4,40	506,80	0,91	469,95
09/01/2020	0,20	507,00	0,00	469,95
10/01/2020	8,60	515,60	14,63	484,58
11/01/2020	25,20	540,80	23,19	507,77
12/01/2020	0,00	540,80	0,00	507,77
13/01/2020	0,00	540,80	0,00	507,77
14/01/2020	0,00	540,80	0,23	508,00
15/01/2020	0,00	540,80	0,00	508,00
16/01/2020	0,20	541,00	0,69	508,69
17/01/2020	0,00	541,00	0,00	508,69
18/01/2020	0,00	541,00	0,00	508,69
19/01/2020	0,00	541,00	0,00	508,69
20/01/2020	0,00	541,00	0,00	508,69
21/01/2020	0,00	541,00	0,00	508,69
22/01/2020	5,80	546,80	5,74	514,43
23/01/2020	18,80	565,60	25,25	539,67
24/01/2020	8,80	574,40	8,13	547,80
25/01/2020	0,00	574,40	0,00	547,80
26/01/2020	0,00	574,40	0,00	547,80
27/01/2020	6,20	580,60	3,94	551,74
28/01/2020	0,00	580,60	0,00	551,74
29/01/2020	7,60	588,20	8,23	559,97
30/01/2020	0,60	588,80	0,91	560,88

APÊNDICE B- MÉTODO DE EVENTO FREQUENTE

Intervalo		Número de ocorrências	Frequência acumulada (n)	Frequência acumulada (%)
263	255	1	1	0,02%
255	250	0	1	0.02%
250	245	0	1	0.02%
245	240	0	1	0.02%
240	235	0	1	0.02%
235	230	0	1	0.02%
230	225	0	1	0.02%
225	220	0	1	0.02%
220	215	0	1	0.02%
215	210	0	1	0.02%
210	205	0	1	0.02%
205	200	0	1	0.02%
200	195	0	1	0.02%
195	190	0	1	0.02%
190	185	1	2	0.05%
185	180	0	2	0.05%
180	175	1	3	0.07%
175	170	0	3	0.07%
170	165	1	4	0.09%
165	160	0	4	0.09%
160	155	1	5	0.12%
155	150	0	5	0.12%
150	145	1	6	0.14%
145	140	2	8	0.18%
140	135	1	9	0.21%
135	130	0	9	0.21%
130	125	1	10	0.23%
125	120	1	11	0.25%
120	115	1	12	0.28%
115	110	3	15	0.35%
110	105	1	16	0.37%
105	100	3	19	0.44%
100	95	6	25	0.58%
95	90	5	30	0.69%
90	85	8	38	0.88%
85	80	4	42	0.97%
80	75	5	47	1.09%
75	70	11	58	1.34%
70	65	10	68	1.57%
65	60	21	89	2.06%
60	55	14	103	2.38%

55	50	27	130	3.01%
50	45	34	164	3.79%
45	40	42	206	4.76%
40	35	50	256	5.92%
35	30	87	343	7.93%
30	25	116	459	10.61%
25	20	155	614	14.19%
20	15	259	873	20.18%
15	10	411	1284	29.68%
10	5	650	1934	44.71%
5	0.1	2392	4326	100.00%