

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

ALINE RODRIGUES DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA CONSTRUÇÃO DE EQUAÇÕES IDF
APLICADO AO MUNICÍPIO DE IBATIBA – ES**

Ibatiba
2023

ALINE RODRIGUES DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA CONSTRUÇÃO DE EQUAÇÕES IDF
APLICADO AO MUNICÍPIO DE IBATIBA – ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Me. Luiz Santiago Souza do Nascimento de Lacerda
Coorientadora: Dr^a. Luana Lavagnoli Moreira

Ibatiba

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Ifes - Campus Ibatiba)

S587a Silveira, Aline Rodrigues da, 1999 -
Avaliação de métodos para construção de equações IDF
aplicado ao município de Ibatiba - ES / Aline Rodrigues da
Silveira. – 2023.
39 f. : il.

Orientador: Luiz Santiago Souza do Nascimento de Lacerda.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto
Federal do Espírito Santo, 2023.

1. Educação Ambiental - Monografias. 2. Chuvas –
Frequência da intensidade. 3. Pluviometria. I. Lacerda, Luiz
Santiago Souza do Nascimento de Lacerda. II. Instituto Federal
do Espírito Santo. Campus Ibatiba. III. Título.

CDD 628


ALINE RODRIGUES DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA CONSTRUÇÃO DE EQUAÇÕES IDF
APLICADO AO MUNICÍPIO DE IBATIBA – ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.


Aprovado em: 27 de novembro de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 LUIZ SANTIAGO SOUZA DO NASCIMENTO DE LACERDA
Data: 27/11/2023 11:32:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Me. Luiz Santiago Souza do Nascimento de Lacerda
Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba

Orientador

Documento assinado digitalmente
 EUNICE PORTO CAMARA
Data: 27/11/2023 14:49:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Eunice Porto Câmara
Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Ibatiba

Membro Interno

Documento assinado digitalmente
 DIMAGHI SCHWAMBACK
Data: 27/11/2023 13:09:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Dimaghi Schwamback
Universidade de São Paulo
Membro Externo

Para Helio Amorim da Silveira e Edilene Amorim Rodrigues da Silveira, que me incentivaram a nunca desistir da busca pelo conhecimento e conclusão da graduação.

Para Iallana Rodrigues da Silveira, que sempre me apoiou na trajetória até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para chegar até aqui superando todos os obstáculos. A Maria Santíssima por sempre interceder a seu filho em meu favor.

Aos meus pais, Helio Amorim da Silveira e Edilene Amorim Rodrigues da Silveira, pelos ensinamentos e valores passados ao longo da vida. Por mesmo não possuindo ensino fundamental completo, sempre me incentivaram e apoiaram de forma incondicional.

A minha irmã Iallana Rodrigues da Silveira, por acreditar no meu sonho e me incentivar a buscar sua realização.

A minha avó Marlene Amorim Rodrigues, pelo apoio e acolhimento em sua casa durante o período da graduação.

Ao meu orientador Luiz Santiago e minha coorientadora Luana, pela orientação, assim como pelo suporte, apoio e incentivo.

Aos professores do Ifes Campus Ibatiba que sempre me ajudaram a expandir meus conhecimentos e contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

A Laysa Melyssa e Matheus Henrique, pela amizade e por estarem ao meu lado durante a graduação, sendo apoio um do outro nos momentos bons e ruins.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

As equações de chuvas intensas são uma alternativa para a determinação de precipitações críticas utilizadas em projetos de engenharia. O uso de modelos matemáticos para determinação de chuvas intensas trata-se de um mecanismo prático para obtenção de dados aplicáveis a esses projetos, sendo muito usual a locais que não possuem dados pluviométricos. Como o município de Ibatiba não possui dados suficientes, a utilização dessa metodologia torna-se um meio viável de determinar as precipitações. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar métodos para construção de equações que relacionam intensidade, duração e frequência aplicados ao município de Ibatiba-ES, além de comparar os resultados obtidos pelas equações com um dado obtido através de interpolação. Os métodos utilizados foram: Chow-Gumbel, Bell, software Plúvio e o Atlas pluviométrico do Brasil. Utilizou-se uma série de dados de precipitação do período de 1990 a 2019 de uma estação pluviométrica do município de Ibatiba. Para estimar as curvas IDF, a partir dos registros históricos foram estabelecidas as durações de 5, 30, 60, 360, 720 e 1440 minutos e um período de retorno de 50 anos. Os valores de intensidades máximas obtidos pelos métodos de Chow-Gumbel, Bell e software Plúvio foram comparados com os dados resultantes da equação do Atlas através do teste-F. A aplicação do teste indicou que as intensidades estimadas pelos diferentes métodos são equivalentes aos resultados obtidos pela equação do Atlas, ou seja, do ponto de vista estatístico não existe diferença significativa entre os valores. A partir da análise das equações IDF definidas neste trabalho, os projetos de engenharia realizados no município poderão ser projetados com melhor precisão. A projeção mais segura de tais projetos viabiliza planejamentos orçamentários sem sub ou superdimensionamento de obras, gerando economia e segurança aos envolvidos

Palavras-chave: Chuvas intensas. Curvas IDF. Atlas pluviométrico do Brasil.

ABSTRACT

The heavy rainfall equations are an alternative for determining critical rainfall used in engineering projects. The use of mathematical models to determine intense rainfall is a practical mechanism for obtaining data applicable to these projects, and is very common in places that do not have rainfall data. As the city of Ibatiba does not have sufficient data, the use of this methodology becomes a viable means of determining precipitation. Therefore, the objective of the work was to evaluate methods for constructing equations that relate intensity, duration and frequency applied to the city of Ibatiba-ES, in addition to comparing the results obtained by the equations with data obtained through interpolation. The methods used were: Chow-Gumbel, Bell, Plúvio software and the Brazilian rainfall atlas. A series of precipitation data from the period 1990 to 2019 was used from a rain gauge station in the municipality of Iúna. To estimate the IDF curves, durations of 5, 30, 60, 360, 720 and 1440 minutes and a return period of 50 years were established from historical records. The maximum intensity values obtained by the Chow-Gumbel, Bell and Plúvio software methods were compared with the data resulting from the Atlas equation using the F-test. The application of the test indicated that the intensities estimated by the different methods are equivalent to the results obtained by the Atlas equation, that is, from a statistical point of view there is no significant difference between the values. Based on the analysis of the IDF equations defined in this work, engineering projects carried out in the municipality can be designed with better precision. The safer projection of such projects makes budget planning possible without under- or over-sizing of works, generating savings and security for those involved.

Keywords: Intense rains. IDF curves. Brazilian rainfall atlas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pluviômetro	16
Figura 2 - Pluviógrafo	16
Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo.....	26
Figura 4 – Fluxograma	27
Figura 5 - Saída de dados do <i>software</i> Plúvio para a estação Santa Cruz do Caparaó, lúna - ES	29
Figura 6 - Intensidades pluviométricas calculadas para diferentes durações e métodos	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média aritmética e desvio padrão da variável reduzida y	21
Tabela 2 - Relações entre as alturas pluviométricas	21
Tabela 3 - Precipitações máximas anuais (mm) da estação Santa Cruz - Caparaó - lúna - ES	31
Tabela 4 - Equações IDF obtidas pelos diferentes métodos	32
Tabela 5 - Resultado do Teste-F.....	33

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
ES	Espírito Santo
GPRH	Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos
IDF	Intensidade – duração – frequência
IFES	Instituto Federal do Espírito Santo
INCAPER	Instituto Capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural
MG	Minas Gerais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	PRECIPITAÇÃO	15
3.2	PREENCHIMENTO DE FALHAS	16
3.2.1	Método de ponderação regional	17
3.2.2	Método de regressão linear	17
3.3	BACIA HIDROGRÁFICA	18
3.4	CHUVAS INTENSAS.....	18
3.5	MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS.....	19
3.5.1	Método de Chow-Gumbel	19
3.5.2	Método de Bell	22
3.5.3	Software Plúvio	23
3.5.4	Atlas pluviométrico do Brasil	24
4	METODOLOGIA	26
4.1	DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	27
4.1.1	Preenchimento de falhas	27

4.2	DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO IDF	28
4.2.1	Método de Chow-Gumbel	28
4.2.2	Método de Bell	29
4.2.3	Software Plúvio	29
4.3	COMPARAÇÃO DAS EQUAÇÕES	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos elementos meteorológicos que tem maior influência sobre as condições ambientais, sendo a precipitação na forma de chuva a principal forma de entrada de água em uma bacia hidrográfica (DAMÉ *et al.*, 2008).

O conhecimento da distribuição espacial e temporal da chuva e sua quantificação são de fundamental importância para traçar estratégias quanto a disponibilidade de água para abastecimento público e/ou industrial, irrigação, além de aumentos de vazão, riscos de inundação e possíveis impactos no solo. Além disso, o conhecimento das grandezas que caracterizam uma precipitação máxima é de grande interesse em projetos de obras hidráulicas, tais como infraestrutura de drenagem, uma vez que as mesmas devem ser dimensionadas de forma a resistir um evento intenso de precipitação (SANTOS, 2018).

Chuvas intensas podem ser estimadas a partir de modelos matemáticos que determinam as relações intensidade-duração-frequência (IDF), sendo essas variáveis definidas por particularidades de cada região. Alternativas como os métodos de Chow-Gumbel e Bell podem ser utilizadas para a determinação das equações a partir de dados de precipitação (GRECCO *et al.*, 2012).

A obtenção dessas equações IDF para eventos extremos de chuva fica comprometida em virtude da escassez de dados pluviográficos ou ainda devido à falta de dados de precipitações com duração menor que o período de 24 horas para a determinação de chuvas máximas médias de mesmo período (BACK, 2009).

No Brasil, a maior parte dos dados de precipitação disponíveis são referentes às lâminas de água (altura) diárias. Séries históricas com dados de duração menor que 24 horas são raros devido escassez de dados de chuva discretizados no tempo.

Para as regiões que não possuem dados suficientes, pode-se utilizar a equação do pluviógrafo mais próximo do local de interesse e que apresente homogeneidade climática, ou ainda interpolando resultados obtidos no entorno da região de interesse (SAMPAIO, 2011).

O uso de modelos matemáticos para determinação de chuvas intensas trata-se de um mecanismo prático para obtenção de dados aplicáveis a projetos de engenharia, sendo muito usual em locais que não possuem dados pluviométricos (MELLO *et al.*, 2003).

Como o município de Ibatiba não possui dados de uma série histórica de eventos de chuvas, os modelos matemáticos podem ser utilizados a fim de se obter essas informações. Sendo assim, o presente trabalho avalia diferentes métodos para construção de equações IDF deste município.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar métodos para construção de equações IDF (intensidade - duração - frequência) aplicado ao município de Ibatiba – ES.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o trabalho proposto foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Determinar as curvas de IDF através dos métodos empíricos;
- Comparar as intensidades pluviométricas estimadas pelas equações IDF estabelecidas através de dados pluviométricos com os resultados da equação disponibilizada pelo Atlas Pluviométrico do Brasil;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O dimensionamento de projetos de obras de drenagem urbana que envolvem escoamento superficial é realizado com base na intensidade máxima de chuva com um determinado risco de ser igualada ou superada, definido pelo período de retorno. Equações que relacionam intensidade, duração e frequência de precipitação de uma região podem ser utilizadas para determinação desse evento de chuva, logo a definição criteriosa desta equação é importante para o correto desenvolvimento do dimensionamento.

3.1 PRECIPITAÇÃO

O vapor de água que está presente na atmosfera pode ser considerado um reservatório de água que após a condensação torna possível a ocorrência de precipitação, que pode acontecer na forma de neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada a depender do estado físico em que a água se encontra. Com isso, pode-se concluir que a precipitação é a água que provém da atmosfera e atinge a superfície terrestre (TUCCI, 2012).

A quantidade de água precipitada é usualmente expressa em virtude da espessura da lâmina de água que se deposita em uma superfície com um metro quadrado de área admitindo-se que não ocorra infiltração, evaporação ou escoamento para regiões fora dessa área delimitada. Um milímetro de chuva é equivalente ao volume de um litro por metro quadrado de superfície (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Para a realização de estudos hidrológicos, dados característicos das precipitações são necessários. A medição da quantidade de chuva em um determinado local tem como objetivo a obtenção de uma série de dados com informações de precipitação de vários anos. O pluviômetro e o pluviógrafo são exemplos de instrumentos utilizados para essa medição e obtenção de dados pluviométricos (TUCCI, 2012).

O pluviômetro (Figura 1) é um recipiente que tem capacidade para armazenar a máxima precipitação de um determinado intervalo de tempo fixo, geralmente vinte e quatro horas. É um instrumento que necessita da presença de um observador para realizar a leitura do volume de água (Ibid, 2012).

O pluviógrafo (Figura 2) é um equipamento automático que permite a medição das intensidades de chuva em intervalos menores do que os obtidos com as observações dos pluviômetros. Nele, são registrados automaticamente em um papel graduado as alturas pluviométricas e sua duração (Ibid, 2012).

Figura 1 – Pluviômetro



Fonte: Embrapa (2022).

Figura 2 - Pluviógrafo



Fonte: A autora (2023)

O objetivo de um posto de medição de chuvas é obter uma série de precipitações ao longo dos anos. A existência de períodos sem informações ou com falhas nas observações podem ocorrer, seja devido a problemas com os aparelhos de registros e/ou com o operador do posto. Os dados coletados que apresentam algum problema na medição devem ser submetidos a uma análise e processamento para correção dessas falhas antes de serem utilizados (TUCCI, 2012).

3.2 PREENCHIMENTO DE FALHAS

O preenchimento de falhas em séries temporais de precipitação é um importante processo para aplicações em hidrologia, visando o aproveitamento de longas séries, evitando que as mesmas sejam descartadas. O preenchimento de falhas para

correção de erros nas medições ocorre a partir de dados históricos do mesmo posto estudado e/ou postos vizinhos com as mesmas características climáticas semelhantes (BRUBACHER *et al.*, 2020).

Entre os métodos para realização do preenchimento de falhas estão: método de ponderação regional e o método de regressão linear.

3.2.1 Método de ponderação regional

Segundo Tucci (2012), o método de ponderação regional é utilizado para preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitação, visando a homogeneização do período de informações. Para um grupo de postos de medição, são selecionados pelo menos três que possuam no mínimo dez anos de dados. Os postos escolhidos devem estar numa região climatológica semelhante ao posto a ser preenchido.

O preenchimento das falhas por esse método é realizado com base na equação (1)

$$P = 3^{-1} \cdot (X_1 \cdot (Xm_1)^{-1} + X_2 \cdot (Xm_2)^{-1} + X_3 \cdot (Xm_3)^{-1}) \cdot P_m \quad (1)$$

Onde,

P = Precipitação do posto a ser estimada;

X_1, X_2, X_3 = Precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas;

Xm_1, Xm_2, Xm_3 = Precipitações médias nas três estações circunvizinhas;

P_m = Precipitação média do posto.

3.2.2 Método de regressão linear

A partir da regressão linear múltipla a precipitação no posto com falhas é correlacionada estatisticamente com a precipitação de postos vizinhos. Essa metodologia correlaciona as observações correspondentes entre vários pontos vizinhos, e as estimativas dos parâmetros da equação podem ser obtidas graficamente ou por meio de critérios de mínimos quadrados para calibração dos valores de forma iterativa (TUCCI, 2012).

3.3 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é a área de captação natural da água originada a partir de um evento de precipitação, onde o escoamento tende a um ponto de saída denominado exutório (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2018), o termo bacia hidrográfica pode ser definido como uma porção de terra delimitada por divisores topográficos que é drenada por um rio principal e seus afluentes. Trata-se de uma divisão física de acordo com curvas de nível sobre o relevo que divide o escoamento das águas da chuva, geralmente passa pelas regiões mais elevadas no entorno do rio principal. A partir desses pontos, o escoamento dos cursos d'água tende a direção do ponto mais baixo da área topográfica, onde se encontra a foz.

O estudo da precipitação em uma bacia hidrográfica, principalmente de eventos de chuvas intensas é imprescindível, uma vez que a partir da obtenção dessas informações será possível a elaboração de projetos de obras hidráulicas, tais como obras de drenagem urbana, além de se evitar problemas como erosão do solo, inundações, prejuízos na agricultura, danos em sistemas de drenagem, dentre outros (ARAÚJO *et al.*, 2008).

3.4 CHUVAS INTENSAS

Dentre as grandezas que caracterizam uma chuva estão a duração, a intensidade e a frequência. Por duração entende-se como sendo o tempo em que a chuva cai, ou seja, a diferença de tempo entre o início e o término do evento, expressa geralmente em minutos ou horas. A intensidade é a quantidade de água que cai por unidade de tempo, representa uma taxa de ocorrência ao longo do tempo, tendo como unidade usual $\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ou $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Já a frequência representa o número de vezes que ocorre ou é superado um determinado evento de precipitação (TUCCI, 2012).

À medida que se aumenta a intensidade de chuva, diminui a frequência de ocorrência, ou seja, chuvas intensas tendem a ocorrer com maiores intervalos de tempo. Enquanto chuvas pouco intensas são de ocorrência mais frequente (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

O período de retorno trata-se do tempo médio no qual um evento pode ser igualado ou superado, geralmente expresso em anos. Esse período é o inverso da probabilidade da ocorrência de um determinado evento em um ano qualquer, ou seja, se o período de retorno for de 100 anos, isso significa que pelo menos uma vez nesse tempo a chuva seja igualada ou superada, há a probabilidade de 1% de ocorrência. (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013).

As equações de chuvas intensas que relacionam intensidade-duração-frequência têm tido grande importância em cenários que envolvem previsão de eventos extremos de precipitação, uma vez que a ocorrência desse fato influencia na geração de sedimentos, erosão do solo, aumento da vazão, entre outros. Por meio da leitura de dados de séries históricas representativas extraídas de pluviogramas é possível estabelecer essas relações com uso de modelos matemáticos (SANTOS *et al.*, 2009). Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (2016), as relações IDF podem ser utilizadas para determinar se um evento de precipitação ocorrido foi raro ou ordinário. Além disso, podem ser utilizadas no dimensionamento de estruturas drenagem pluvial.

3.5 MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

Na literatura existe uma série de metodologias disponíveis para construção de equações de chuva intensa partindo-se de dados pluviométricos, entre os quais estão o método das isozonas, de Chen, de Chow-Gumbel e de Bell.

Equações IDF também podem ser estimadas por meio de *softwares*, como o HidroChuSC, que se trata de um programa para obtenção de chuvas intensas para projetos de drenagem urbana no estado de Santa Catarina. Outro *software* utilizado é o Plúvio, que possibilita a obtenção da equação de chuvas intensas para qualquer localidade dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Tocantins, e para os demais estados do Brasil, apenas para as localidades onde já existem as equações.

3.5.1 Método de Chow-Gumbel

O método de Chow-Gumbel ajusta as distribuições probabilísticas de Gumbel à série de máximas precipitações anuais de um dia a partir de valores de média aritmética e desvio padrão.

A aplicação do método apresentado por Cetesb (1986) segue os seguintes passos:

- Seleção das máximas precipitações anuais de um dia duração;
- Ajuste da distribuição probabilística de Gumbel à série de máximas precipitações anuais de um dia.

Esse ajuste é feito segundo a equação (2)

$$y = -\ln(-\ln(1 - T^{-1})) \quad (2)$$

Onde,

y = variável reduzida;

T = período de retorno (anos).

Assim podem ser estimadas as precipitações máximas anuais de um dia associadas a diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 75 e 100 anos) conforme a equação (3)

$$P = X_{méd} + (y - y_{méd}) \cdot S_y^{-1} \cdot S_x \quad (3)$$

Onde,

$X_{méd}$ = média das máximas de chuva (mm);

y = variável reduzida;

$y_{méd}$ = média da variável reduzida (mm);

S_y = desvio padrão da variável reduzida (mm);

S_x = desvio padrão das máximas de chuva (mm).

Os valores de $y_{méd}$ e S_y são obtidos a partir da Tabela 1 em função do número de anos da série histórica.

Tabela 1 - Média aritmética e desvio padrão da variável reduzida y

N	\bar{y}	S _y	n	\bar{y}	S _y	N	\bar{y}	S _y
10	0,4952	0,9496	24	0,5296	1,0865	38	0,5424	1,1365
11	0,4996	0,9676	25	0,5309	1,0914	39	0,543	1,129
12	0,5035	0,9833	26	0,5321	1,0961	40	0,5436	1,1413
13	0,507	0,9971	27	0,5332	1,1005	41	0,5442	1,1436
14	0,51	1,0095	28	0,5343	1,1147	42	0,5448	1,1458
15	0,5128	1,0206	29	0,5353	1,1086	43	0,5453	1,1479
16	0,5154	1,0306	30	0,5362	1,1124	44	0,5458	1,1499
17	0,5177	1,0397	31	0,5371	1,1159	45	0,5463	1,1518
18	0,5198	1,0481	32	0,538	1,1193	46	0,5468	1,1537
19	0,5217	1,0557	33	0,5388	1,1225	47	0,5472	1,1555
20	0,5236	1,0628	34	0,5396	1,1256	48	0,5477	1,1573
21	0,5252	1,0694	35	0,5403	1,1285	49	0,5481	1,159
22	0,5268	1,0755	36	0,5411	1,1313	50	0,5485	1,1607
23	0,5282	1,0812	37	0,5414	1,1339			

Fonte: CETESB (1996)

A partir dos totais precipitados de um dia, pode-se obter as precipitações para durações de 24 horas. Conforme observa Cetesb (1986), a relação entre as chuvas máximas de 24 horas e um dia é aproximadamente constante, com coeficientes de conversão variando entre 1,13 e 1,15, dependendo do período de retorno. Neste caso, foi empregado o valor de 1,14, independentemente do período de retorno considerado.

Por fim pode-se fazer a determinação, a partir da avaliação da chuva com duração de 24 horas, das chuvas com mesma frequência de ocorrência, mas de menor duração conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Relações entre as alturas pluviométricas

Relações entre as alturas pluviométricas para diferentes durações	Valores encontrados pelo DNOS
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/3min	0,70

Relações entre as alturas pluviométricas para diferentes durações	Valores encontrados pelo DNOS
25min/30min	0,91
5min/1h	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,82
12h/24h	0,85

Fonte: CETESB (1996).

A definição de equações IDF é feita no formato estabelecido pela equação (4).

$$i = K \cdot T^a \cdot ((t + b)^c)^{-1} \quad (4)$$

Onde,

i = intensidade (mm/minuto);

T = período de retorno (anos);

t = duração da chuva (minutos);

K , a , b e c são parâmetros que devem ser determinados localmente.

K , b e c são parâmetros que descrevem características locais, enquanto a trata-se de um parâmetro regional constante.

3.5.2 Método de Bell

O método de Bell apresentado e discutido pelo autor Righetto (1998) estima a altura pluviométrica de uma precipitação para uma dada duração (t) e período de retorno (T). O mesmo é feito a partir de um padrão de chuva intensa com 60 minutos de duração e 2 anos de período de retorno ($h_{60,2}$), conforme a equação (5)

$$h_{t,T} = (a_0 \cdot \ln T + a_1) \cdot (a_2 \cdot t^b - a_3) \cdot h_{60,2} \quad (5)$$

Onde,

$h_{t,T}$ = chuva de projeto (mm);

T = período de retorno (anos);

t = duração da chuva (min);

$h_{60,2}$ = chuva intensa padrão de 60 minutos de duração e 2 anos de período de retorno;

a_0, a_1, a_2, a_3 e b tratam-se de parâmetros regionais.

Righetto (1998) apresenta que este método foi desenvolvido tendo como base precipitações de vários locais do Brasil, gerando a partir disso uma equação generalizada que relaciona os parâmetros intensidade, duração e frequência da precipitação conforme a equação (6)

$$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,70) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot h_{60,2} \quad (6)$$

Dispondo-se de uma série histórica com totais diários, após o ajuste à distribuição probabilística de Gumbel para determinação das máximas anuais para diferentes períodos de retorno é possível calcular $h_{60,2}$ através da relação expressa pela equação (7)

$$h_{60,2} = 0,51 \cdot h_{dia,2} \quad (7)$$

Onde, $h_{dia,2}$ corresponde a precipitação máxima de um dia e dois anos de período de retorno.

3.5.3 Software Plúvio

O Plúvio é um *software* desenvolvido e disponibilizado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa que utilizando a metodologia de interpolação, a determinação da equação de chuvas intensas para estados como Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Paraná.

Para a obtenção da equação, o programa utiliza os dados de latitude e longitude da estação desejada de forma a se calcular os parâmetros. O fator de ponderação utilizado para cada uma das localidades é correspondente ao inverso da quinta

potência da distância entre a localidade em que se tem interesse na equação e as localidades em que o parâmetro é conhecido (CECÍLIO & PRUSKI, 2003).

O *software* Plúvio fornece os valores dos coeficientes K , a , b e c , facilitando a determinação da intensidade da precipitação através da equação (4).

3.5.4 Atlas pluviométrico do Brasil

Segundo a CPRM (2016), o projeto Atlas Pluviométrico do Brasil tem como finalidade reunir, consolidar e organizar informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional operada pela CPRM. Um dos objetivos desse projeto é a determinação da relação IDF para pontos que possuem registros contínuos de dados de chuva.

Para os locais onde não existem registros de precipitações obtidos a partir de pluviógrafos, as relações IDF são estabelecidas por desagregação das precipitações máximas diárias. Esse método consiste na estimativa das alturas de chuvas de durações inferiores à 24 horas utilizando os dados de precipitações diárias (PINTO, 2013).

As curvas que representam as relações IDF obtidas a partir da desagregação são expressas conforme as equações (8) e (9).

$$P = (A \cdot \ln(T) + B) \cdot \ln(t + (\alpha \cdot 60^{-1})) + (C \cdot \ln(T) + D) \quad (8)$$

$$i = P \cdot t^{-1} \quad (9)$$

Onde,

P = altura da precipitação (mm)

i = intensidade da precipitação (mm/h);

T = período de retorno (anos);

t = duração da chuva (horas);

A , B , C e D são parâmetros que devem ser determinados localmente;

α = parâmetro de correção da duração, em minutos.

No projeto Atlas Pluviométrico são ajustadas duas equações, sendo uma com um conjunto de parâmetros estimados para durações de 5 minutos a 1 hora e outra com

parâmetros definidos para durações superiores a 1 hora e menores ou iguais a 24 horas (PINTO, 2013).

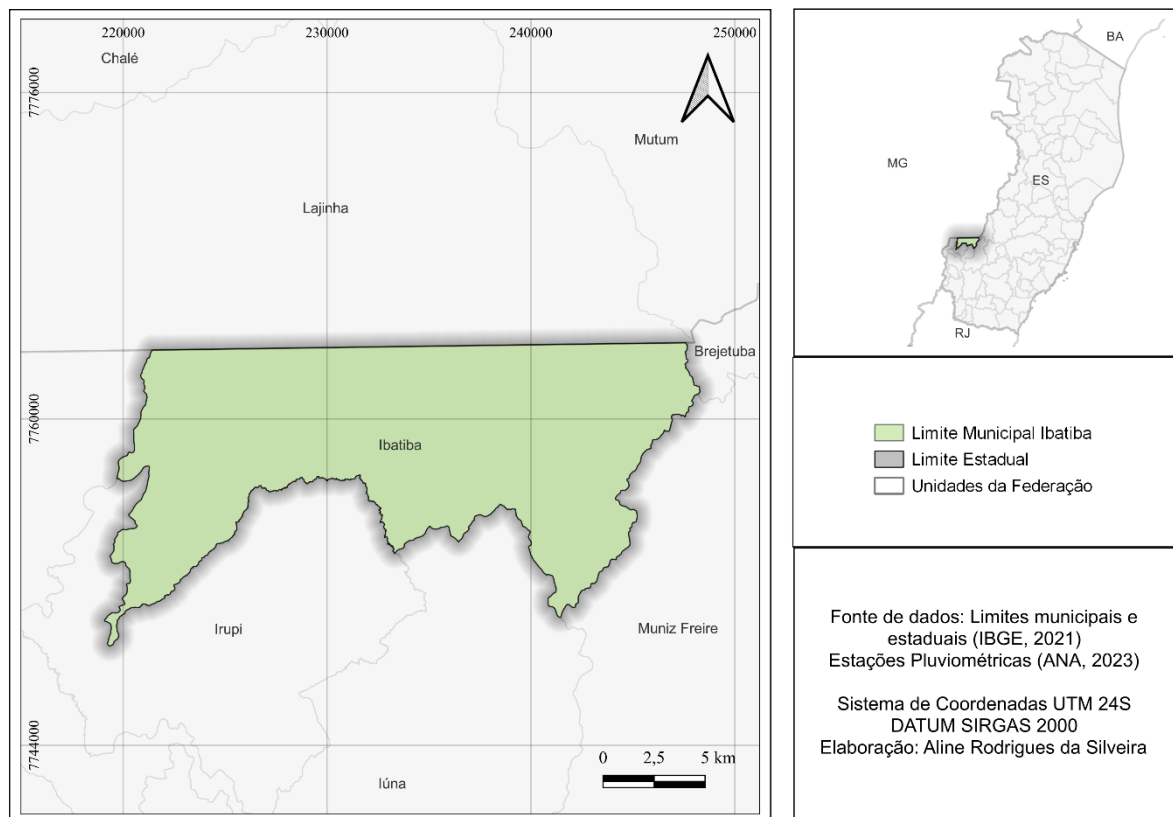
4 METODOLOGIA

O município está situado à latitude sul de 20°14'04" e longitude oeste de Greenwich de 41°30'37", possui uma área territorial de 240 km², com altitudes variando de 650 a 1500 m. Faz divisa com os municípios de Irupi - ES, Iúna - ES, Muniz Freire - ES, Brejetuba - ES, Mutum - MG e Lajinha – MG e está inserido na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (INCAPER, 2020).

O clima de Ibatiba está classificado como "Cwb", conforme Koppen, ou seja, clima temperado quente, com estação seca no inverno. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C e a do mês mais frio é inferior a 18 °C. A média anual de precipitação no município de Ibatiba é de 1.223 mm, sendo dividida em dois períodos. Um chuvoso, entre os meses de outubro a abril, e um período menos chuvoso entre os meses de maio a setembro (INCAPER, 2020).

A Figura 3 apresenta a localização da área de estudo.

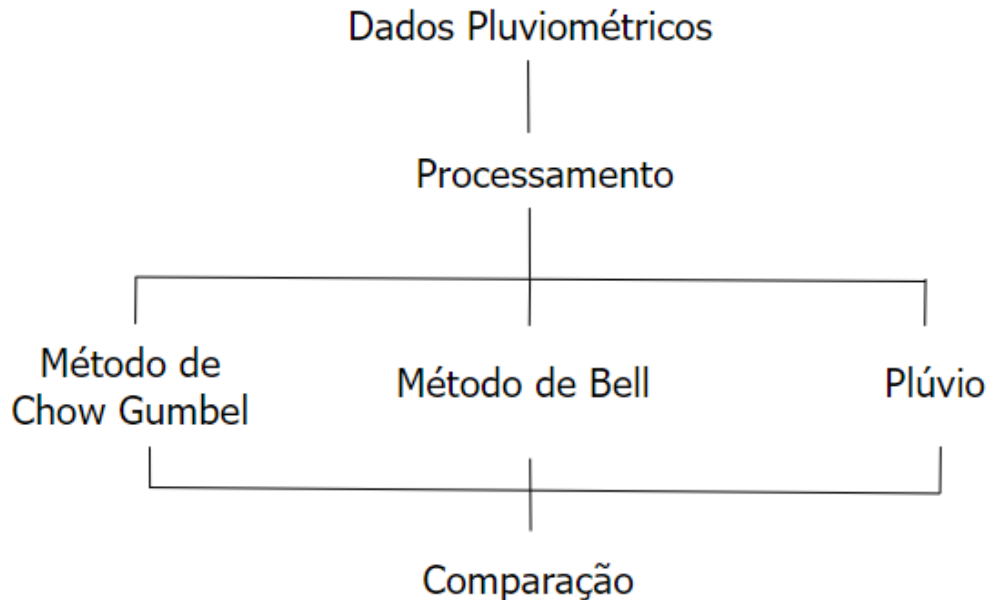
Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: A autora (2023)

O fluxograma (Figura 4), apresenta uma síntese do processo metodológico adotado para o desenvolvimento do trabalho.

Figura 4 – Fluxograma



Fonte: A autora (2023)

4.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para construção da equação IDF é necessário uma série histórica com dados de, pelo menos, 30 anos. O município de Ibatiba - ES não possui estação com dados suficientes, portanto, as informações pluviométricas foram obtidas por meio da estação pluviométrica mais próxima instalada no município de Lúna - Espírito Santo. A estação Santa Cruz - Caparaó, código 2041017, tem como responsável a ANA e é operada pela CPRM.

Os registros pluviométricos utilizados neste trabalho para o estabelecimento das equações IDF foram obtidos a partir da base de dados gerenciada pela ANA. A manipulação da série histórica selecionada foi feita por meio do *software* HIDRO 1.4, sendo este produzido e disponibilizado gratuitamente pela ANA.

4.1.1 Preenchimento de falhas

Os dados utilizados para a realização do preenchimento de falhas foram obtidos através do HidroWeb, sendo referentes as estações localizadas nos municípios de

lúna, Ibitirama, Muniz Freire e Mutum para o período de 1990 a 2019, totalizando 30 anos de registros. A correção da falha foi feita para o mês de março de 2015 para a estação que fica em lúna, a fim de se verificar se a precipitação referente a esse mês seria a maior para o referido ano.

As informações foram organizadas em uma planilha eletrônica Excel a fim de facilitar o cálculo. A correção foi realizada seguindo o método da ponderação regional, conforme a equação (1).

4.2 DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO IDF

Para o presente trabalho optou-se pela escolha dos métodos de Chow-Gumbel, Bell e do *software* Plúvio 2.1 para construção das equações de chuvas intensas para posterior comparação dos resultados gerados com aqueles obtidos a partir da equação pré-estabelecida pelo Atlas Pluviométrico para o município.

4.2.1 Método de Chow-Gumbel

Para a determinação da equação de chuvas intensas pelo método de Chow-Gumbel, inicialmente foi feita a seleção das máximas alturas de chuvas anuais de uma estação, seguida pelo ajuste à distribuição de Gumbel. Posteriormente, calculou-se a estimativa das máximas anuais de duração de um dia para diferentes períodos de retorno e por fim, foi realizada a desagregação das máximas anuais de duração de um dia para 24 h e durações menores conforme Tabela 2. A partir da determinação das alturas pluviométricas e das durações foram estimadas as intensidades de chuva para os períodos de retorno desejados.

Com auxílio da programação não linear por meio do suplemento *Solver* disponível na planilha eletrônica Excel, foram determinados os parâmetros da equação de chuva intensa na forma da equação estabelecida em (4). Por meio dessa ferramenta, é possível minimizar as diferenças entre as intensidades de precipitação calculadas pela equação (4) e as intensidades resultantes da aplicação da distribuição probabilística de Gumbel.

4.2.2 Método de Bell

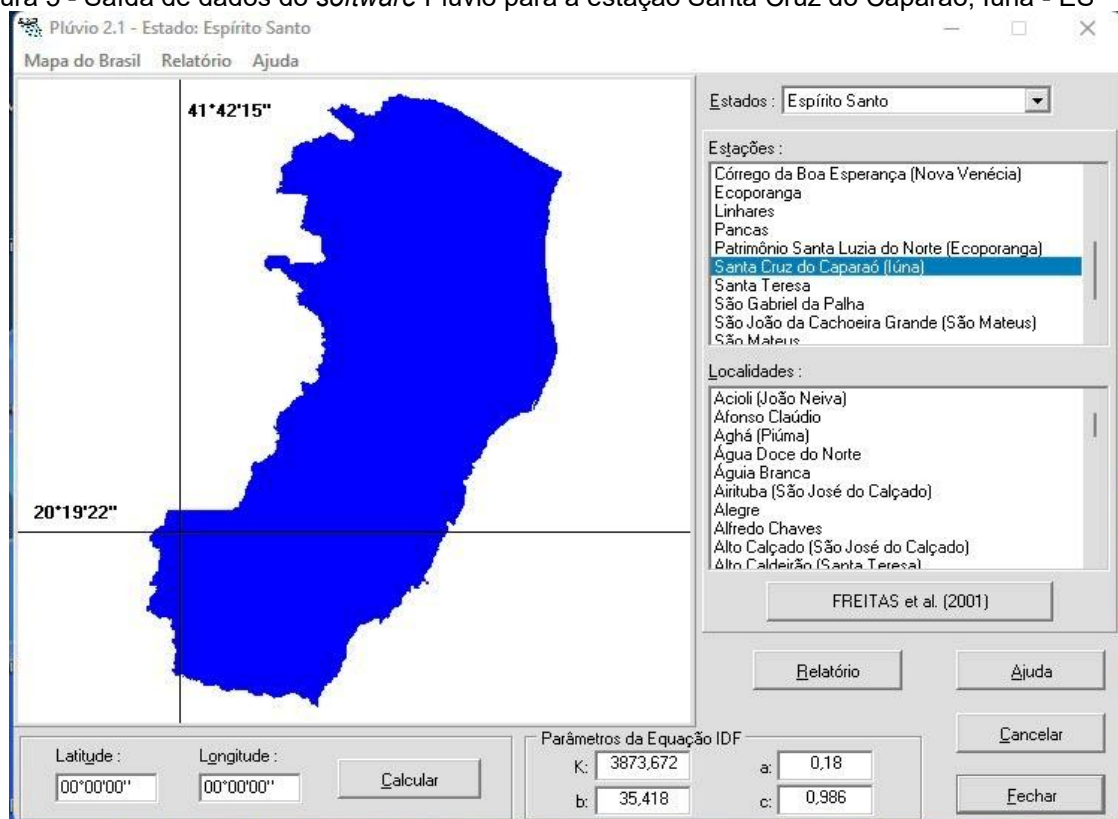
Para determinação da equação pelo método de Bell, os dados de precipitação da série histórica foram ajustados à distribuição probabilística de Gumbel para posterior determinação da precipitação máxima de um dia e dois anos de período de retorno conforme o método de Chow-Gumbel. Conseqüentemente, após essa determinação foi possível calcular $h_{60,2}$ utilizando a equação (7).

4.2.3 Software Plúvio

O *software* Plúvio fornece os parâmetros k , a , b e c da equação IDF a partir das informações disponíveis para os estados no qual foram caracterizados esses parâmetros. Com esses valores determinados para a estação de interesse, eles foram substituídos na equação (4).

Na Figura 5 é apresentado as saídas de dados do *software* Plúvio para a estação de Santa Cruz do Caparaó – Iúna ES.

Figura 5 - Saída de dados do *software* Plúvio para a estação Santa Cruz do Caparaó, Iúna - ES



Fonte: *Software* Plúvio 2.1

4.3 COMPARAÇÃO DAS EQUAÇÕES

A comparação das respostas oferecidas pelas equações IDF determinadas pelos métodos de Chow-Gumbel, Bell, do *software* Plúvio e a disponibilizada pelo Atlas Pluviométrico do Brasil para o município foi realizada para intensidades pluviométricas para um período de retorno de 50 anos com durações de 5, 30, 60, 360, 720 e 1440 minutos.

Essa comparação foi realizada por meio do Teste-F, tomando como base a equação disponibilizada pelo Atlas Pluviométrico do Brasil, a fim de se verificar se existe diferenças significativas entre os resultados obtidos entre as equações construídas e aquela que já existe para o município. Segundo esse teste, a diferença pode ser considerada significativa quando seu resultado é igual ou inferior a 0,05.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do banco de dados disponibilizado pela ANA, foram selecionados 30 registros de precipitações máximas anuais para os anos de 1990 a 2019. Para 2015 foi feita a correção de falhas para se determinar a máxima precipitação, uma vez que houveram falhas no monitoramento. As precipitações estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Precipitações máximas anuais (mm) da estação Santa Cruz - Caparaó - Iúna - ES

Ano	Precipitação máxima anual (mm)	Ano	Precipitação máxima anual (mm)
1990	46,20	2005	66,00
1991	97,20	2006	86,00
1992	82,80	2007	79,00
1993	81,60	2008	80,70
1994	110,00	2009	119,40
1995	93,20	2010	104,60
1996	93,20	2011	87,80
1997	101,6	2012	70,60
1998	73,20	2013	81,50
1999	80,50	2014	120,40
2000	70,40	2015	78,00
2001	74,80	2016	94,20
2002	64,90	2017	94,40
2003	81,80	2018	87,00
2004	82,40	2019	55,40

Fonte: Hidroweb (2022)

Por meio da série histórica foram definidos os coeficientes das equações IDF dos métodos de Chow-Gumbel e Bell. O *software* Plúvio e o Atlas fornecem esses dados para construção da equação. Definidos os coeficientes, foi possível elaborar as equações que representam o comportamento das chuvas intensas do município de Ibatiba. Na Tabela 4, encontram-se listadas as equações IDF obtidas pelos diferentes métodos, onde T é o período de retorno em anos, t é o tempo de duração em minutos e i é a intensidade em mm/h.

Tabela 4 - Equações IDF obtidas pelos diferentes métodos

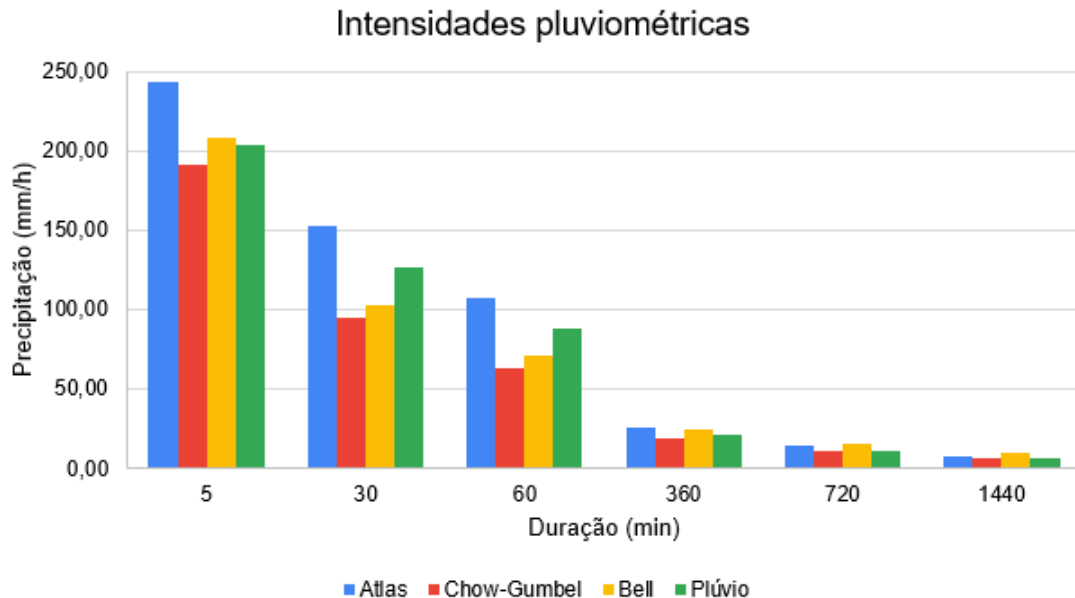
Método	Equação
Chow -	$i = 14,951 \cdot T^{0,140} \cdot ((t + 11,352)^{0,750})^{-1}$
Gumbel	
Bell	$h_{t,T} = (0,31 \cdot \ln T + 0,70) \cdot (0,38 \cdot t^{0,31} - 0,39) \cdot 38,79$
Plúvio	$i = 3873,672 \cdot T^{0,18} \cdot ((t + 35,418)^{0,986})^{-1}$
Atlas *	$i = [(9,1033 \cdot \ln T + 17,0744) \cdot \ln(t + (8,1 \cdot 60^{-1}))] + 17,3654 \cdot \ln T + 32,5444 \cdot t^{-1}$
Atlas **	$i = [(2,4242 \cdot \ln T + 4,5453) \cdot \ln(t + (-48,9 \cdot 60^{-1}))] + 22,6116 \cdot \ln T + 42,3764 \cdot t^{-1}$

* Durações de 10 minutos a 1 hora
 Fonte: A autora (2023)

** Durações superiores a 1 hora até 24 horas

Tomando como base um período de retorno de 50 anos e durações de 5, 30, 60, 360, 720 e 1440 minutos as curvas geradas pelas equações dos métodos de Chow-Gumbel, Bell e do *software* Plúvio foram comparadas com a curva originada pela equação do Atlas, conforme representado na Figura 6.

Figura 6 - Intensidades pluviométricas calculadas para diferentes durações e métodos



Fonte: A autora (2023)

Para eventos com duração de 5 minutos, os valores de precipitação variaram entre 200 e 245 mm/h, para 30 minutos os valores ficaram entre 95 e 154 mm, para 60

minutos o intervalo foi entre 63 e 107 mm, 360 minutos entre 18 e 26 mm, 720 minutos entre 11 e 16 mm e 1440 minutos entre 5 a 10 mm. Para eventos de duração de 5, 30, 60 e 360 minutos, os máximos valores obtidos são resultantes da equação do Atlas, enquanto que para 720 e 1440 minutos, os maiores valores são provenientes da equação do método de Bell. Esses resultados mostram que a equação do Atlas Pluviométrico proporciona os maiores resultados de precipitação na maioria dos casos que foram analisados.

A análise estatística empregada para comparação das respostas de pares de equações IDF, realizada com o auxílio do teste F, foi realizada para o período de retorno e as durações estabelecidas.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de F e P resultantes da aplicação do teste F para comparação das respostas produzidas pela equação do Atlas e as equações estabelecidas pelos métodos de Chow-Gumbel, Bell e o *software* Plúvio para o município de Ibatiba - ES.

Tabela 5 - Resultado do Teste-F

Métodos pareados	F	P
Atlas – Chow-Gumbel	1,771	0,273
Atlas - Bell	1,521	0,328
Atlas - Plúvio	1,431	0,352

Fonte: A autora (2023)

Os valores de F obtidos a partir da aplicação do teste foram 1,771 para a comparação Atlas – Chow-Gumbel, 1,521 para Atlas – Bell e 1,431 para Atlas – Plúvio. A variação dos resultados obtidos pelas equações dos diferentes métodos não apresenta diferenças muito significativas. Ou seja, a variação entre grupos não é muito superior a variação que ocorre dentro do grupo.

Analisando os valores de P para as comparações Atlas – Chow-Gumbel, Atlas – Bell e Atlas – Plúvio (0,273; 0,328 e 0,352, respectivamente) pode-se observar que para todas as comparações ele foi maior que 0,05, logo esse valor não é significativo estatisticamente.

Sendo assim, a aplicação do teste F indicou que as intensidades pluviométricas estimadas pelos métodos de Chow-Gumbel, Bell e *software* Plúvio são equivalentes

aos resultados obtidos pela equação do Atlas, ou seja, não existe diferença significativa entre os valores.

Em seus estudos desenvolvidos para os estados da Bahia, Goiás e Paraná, Almeida (2015) verificou que existe equivalência entre as intensidades pluviométricas estimadas a partir das equações definidas pelo método de Chow-Gumbel e aquelas obtidas com auxílio de outras equações estabelecidas por meio de registros pluviográficos para períodos de retorno de 20, 50 e 100, independente da duração considerada. Almeida *et al.* (2017) também identificou a equivalência entre as intensidades estimadas pelos métodos de Chow-Gumbel e Bell para quaisquer durações ou períodos de retorno considerados.

Damé *et al.* (2008) observou que para um período de retorno de 2 e 10 anos, as quatro metodologias para obtenção de equações IDF estudadas são consideradas adequadas, uma vez que não houve diferença significativa. Já para um período de retorno de 5 anos os resultados são contraditórios.

Portanto, percebe-se que esses trabalhos corroboram com o que foi apresentado nesta pesquisa.

As relações IDF são importantes na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

6 CONCLUSÃO

A utilização de métodos de determinação de chuvas intensas para locais que não possuem séries históricas com dados suficientes é uma ferramenta útil e necessária quando se pensa principalmente no dimensionamento de obras hidráulicas, tais como de drenagem urbana. A análise da melhor equação é importante, pois os valores resultantes são utilizados em projetos de obras que impactam um grande número de pessoas.

A aplicação do teste F indicou que as intensidades pluviométricas estimadas pelos diferentes métodos são equivalentes aos resultados obtidos pela equação do Atlas, ou seja, não existe diferença significativa entre os valores. Sendo assim, as metodologias empregadas mostraram-se convenientes para a área de estudo.

A partir da análise das equações IDF definidas neste trabalho, os projetos de engenharia realizados em Ibatiba, como estruturas hidráulicas, obras para aproveitamento de águas pluviais, bacias de retenção com diversas finalidades, entre elas, prevenção de enchentes, poderão ser projetados com melhor precisão. A projeção mais segura de tais projetos viabiliza planejamentos orçamentários sem sub ou superdimensionamento de obras, gerando economia e segurança aos envolvidos. Para a elaboração de trabalhos futuros, recomenda-se avaliar a equivalência entre as equações desenvolvidas com registros pluviográficos para outros períodos de retorno, pensando em obras de micro drenagem, onde o período menor. Ou ainda, utilizar outras metodologias para comparação dos resultados das equações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Comitês de Bacia Hidrográfica**, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh/comites-de-bacia-hidrografica>. Acesso em: 16 abr. 2022.

ALMEIDA, K. N. **Avaliação do desempenho de métodos expeditos de determinação de equações de intensidade-duração-frequência**. 2015. 106 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/avaliacao_do_desempenho_de_metodos_expeditos_de_determinacao_de_equacoes_de_intensidade-duracao-frequencia_-_karinne_nascimento_de_almeida.pdf. Acesso em: 14 nov. 2023.

ALMEIDA, K. N. *et al.* Emprego dos métodos expeditos de Chow Gumbel e Bell para formulação de equações de chuvas intensas – uma análise de desempenho. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 12, n.2, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/RRJLvzbPrHtFhscjxxrmZJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2023.

ARAÚJO, L. E. *et al.* Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.23, n.2, p. 162-169, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/FSVpjkvPkkKcXhYKmgzz3kC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 out. 2023.

BACK, A. J. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.2, p.170-175, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/SpKRvpswgjwFGD9LRtvVtF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 jun. 2022.

BRUBACHER, J. P. *et al.* Preenchimento de falhas em séries temporais de precipitação diária no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 35, n.2, p. 335-344, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/tqBPBJkKh76fdMBrC7CdDyJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 dez. 2023.

CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.501-504, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Wnyxg3rJy7WnQr99F95jz4B/?lang=pt>. Acesso em: 30 abr 2022.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013. 350 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Drenagem Urbana – Manual de Projeto**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Equações Intensidade-Duração-Frequência. Município: Ibatiba – ES**. Teresina, 2016.

DAMÉ, R. C. F. *et al.* Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas – RS. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 245-255, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/HZnRj8GgjrzXtGpzWb3GRdB/?lang=pt> Acesso em: 04 jun. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 2022. **Pesquisa destaca a importância do monitoramento de chuvas intensas**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69454866/pesquisa-destaca-a-importancia-do-monitoramento-de-chuvas-intensas> Acesso em: 25 jun. 2022.

GRECCO, L. B. *et al.* Influência da seleção de variáveis hidrológicas no projeto de sistemas urbanos de macrodrenagem — Estudos de caso para o município de Vitória — ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p.197-206, 2012. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=96&SUMARIO=1478> Acesso em: 09 jun. 2022.

HIDROWEB. **Séries Históricas de Estações**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> Acesso em: 15 maio 2022.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural – PROATER 2020 – 2023 – Ibatiba – ES**, 2020. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/ibatiba.pdf> Acesso em: 15 maio 2022.

MELLO, C. R. *et al.* Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 121-128, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/3qXj6RBCB6j7rYZmCXdL5Qm/?lang=pt> Acesso em: 30 abr. 2022.

PINTO, E. J. A. Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico. **CPRM**. Belo Horizonte. 2013. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/11560> Acesso em: 18 jun. 2022.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.

SAMPAIO, M. V. **Determinação e espacialização das equações de chuvas intensas em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul**. 2011. 145 f. Tese

(Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria – RS, 2011. Disponível em:
<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3593/SAMPAIO%2c%20MARCELA%20VILAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 18 jun. 2022.

SANTOS, G. G. *et al.* Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, 2009. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/bpWzDG7K6ysskvVTrxmmv4G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 abr. 2022.

SANTOS, P. R. **Análise de métodos para obtenção de chuvas intensas para a cidade de Maceió**. 2018. 148 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió, 2018. Disponível em:
<http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3609/1/An%c3%a1lise%20de%20m%c3%a9todos%20para%20obten%c3%a7%c3%a3o%20de%20chuvas%20intensas%20para%20a%20cidade%20de%20Macei%c3%b3.pdf> Acesso em: 24 jun. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 . ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. 944 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2006. 463 p

