

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

**Autores: Aline Rodrigues da Silveira, Laysa Melyssa Miranda Rodrigues²,
Matheus Henrique da Silva³**

¹Instituto Federal do Espírito Santo/Campus Ibatiba, Avenida 7 de Novembro, 40, Centro - 29395000
- Ibatiba-ES, Brasil,
alinerodriguesilveira@gmail.com

²Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Ambiental, Avenida Fernando
Ferrari, 514, Campus Universitário de Goiabeiras - 29075-910 - Vitória-ES, Brasil,
laysa.rodrigues@edu.ufes.br

³Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Alegre / Departamento de Engenharia Florestal,
Avenida Carlos Lindemberg, s/n, Centro, Jerônimo Monteiro, Brasil,
matheushenriquema023@gmail.com

Resumo

O uso de modelos matemáticos para determinação de chuvas intensas trata-se de um mecanismo prático para obtenção das precipitações máximas, sendo comumente utilizada em locais que não possuem dados pluviométricos. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar métodos para construção de equações IDF para o município de Ibatiba-ES. 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 Iúna. Para estimar as curvas IDF 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 Pluviométrico do Brasil 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.

Palavras-chave: Chuvas intensas. Curvas IDF. Comparação.

Área do Conhecimento: Engenharias

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).

A compreensão da variabilidade da chuva, tanto espacial quanto temporal auxilia no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Este planejamento possibilita avaliar a disponibilidade de água para os usos consuntivos, além de auxiliar na prevenção de inundações e na mitigação de impactos sobre o solo. Vale ressaltar a importância desta variável em dimensionamento de obras de hidráulicas, uma vez que as mesmas devem ser dimensionadas para suportar os eventos intensos 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. 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

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

duração menor que o período de 24 horas para a determinação de chuvas máximas médias de mesmo período (BACK, 2009).

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.

Metodologia

O município de Ibatiba (Figura 1) 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 Irupĩ - ES, Iúna - ES, Muniz Freire - ES, Brejetuba - ES, Mutum - MG e Lajinha - MG e está inserido na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (INCAPER, 2020).

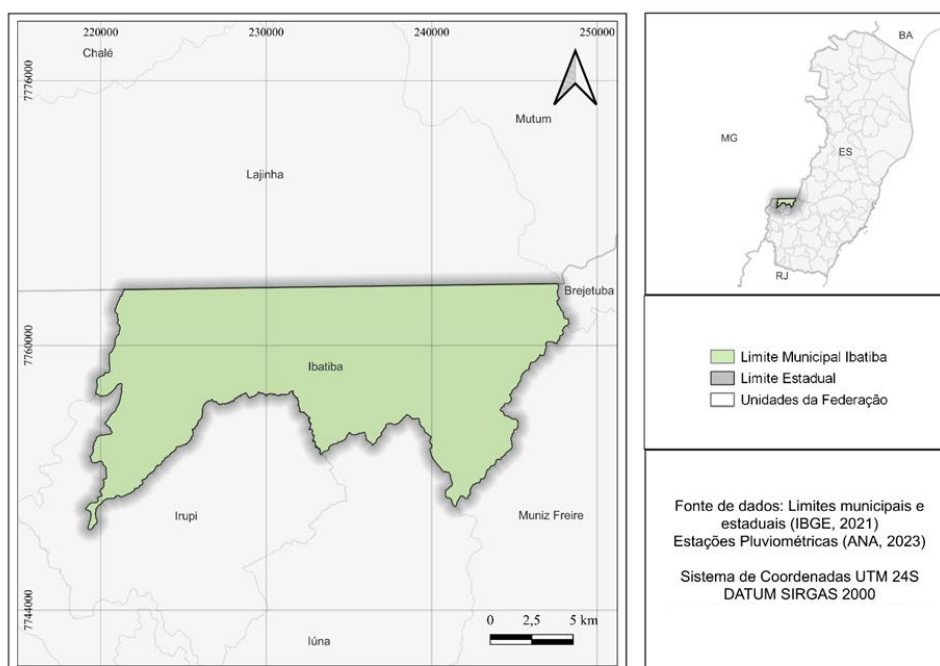
O clima de Ibatiba está classificado como "Cwb", conforme Koppen, ou seja, clima temperado quente, com estação seca no inverno. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C e a do mês mais frio é inferior a 18 °C. A média anual de precipitação no município de Ibatiba é de 1.223 mm, sendo 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).

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 Iúna - Espírito Santo. A estação Santa Cruz - Caparaó, código 2041017. Os registros pluviométricos foram obtidos a partir da base de dados do HIDROWEB, gerenciado pela ANA. A manipulação da série histórica selecionada foi feita por meio do *software* HIDRO 1.4.

Após a aquisição dos dados, foi feito o preenchimento de falhas na planilha eletrônica Excel por meio do método de ponderação regional, tendo como base as estações pluviométricas vizinhas, sendo essas Ibitirama, Muniz Freire e Mutum, para o período de 1990 a 2019, totalizando 30 anos de registros. Foram utilizados os métodos de Chow-Gumbel, Bell e do *software* Plúvio 2.1 para construção das equações de chuvas intensas para posterior comparação com a equação pré-estabelecida pelo Atlas Pluviométrico do Brasil para o município de Ibatiba.

Figura 1 - Localização do município de Ibatiba

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO



Fonte: Os autores

A comparação das respostas oferecidas pelas equações IDF determinadas pelos métodos 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.

Resultados

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 houve falhas no monitoramento. As precipitações estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - 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

Tabela 1 - Precipitações máximas anuais (mm) da estação Santa Cruz - Caparaó - Iúna - ES

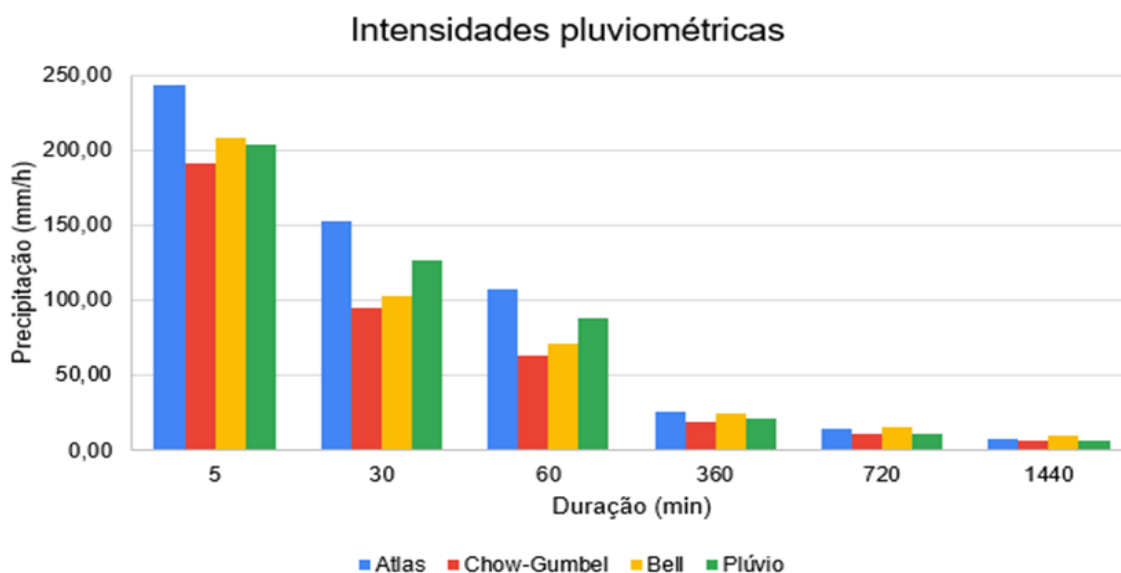
A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Ano	Precipitação máxima anual (mm)	Ano	Precipitação máxima anual (mm)
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: Os Autores

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. Tomando como base um período de retorno de 50 anos e durações de 5, 30, 60, 360, 720 e 1440 minutos, as curvas geradas métodos foram comparadas com a curva originada pela equação do Atlas, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 - Intensidades pluviométricas calculadas para diferentes durações e métodos



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 2 estão apresentados os valores de F e P resultantes da aplicação do teste F para comparação

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

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 2 - 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: Os Autores

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.

Discussão

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.

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 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.

Referências

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_meto dos_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.

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/SpKRvpSWGwjwFGD9LRtvVtF/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 08 jun. 2022.

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/HZnRj8GgjrZtGpzWb3GRdB/?lang=pt> Acesso em: 04 jun. 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.

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, 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%20pa ra%20obten%c3%a7%c3%a3o%20de%20chuvas%20intensas%20para%20a%20cidade%20de%20M acei%c3%b3.pdf> Acesso em: 24 jun. 2022.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).