



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA DE PROGRAMAS ESPECIAIS

Relatório Parcial das atividades do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Voluntário (PIC)

1. IDENTIFICAÇÃO

ALUNO (A): Daniel Barreto Campello Pereira

CURSO: Agronomia

PROGRAMA: (X) **PIBIC** () **PIC** () **PIBIC-EM**

ORIENTADOR (A): Marcus Metri Côrrea

DEPARTAMENTO/UNIDADE ACADÊMICA: DTR/UFRPE SEDE

RELATÓRIO: () PARCIAL (X) FINAL

2. TÍTULO DO PROJETO: Chuvas Intensas em Localidades do estado de Pernambuco

3. RESUMO DO RELATÓRIO:

Para um melhor dimensionamento de estruturas hidráulicas urbanas é necessário conhecer a relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas intensas da localidade. O objetivo deste trabalho consiste na determinação da equação de chuvas intensas para 6 estações pluviométricas inseridas no estado de Pernambuco. Para isso, precipitações máximas diárias, de uma série histórica mínima de 30 anos, serão desagregadas e será utilizado o GAM-IDF. Na análise de frequência das séries será utilizada a distribuição de GUMBEL, sendo avaliada a melhor distribuição pelo método de Anderson-Darling. Espera-se fornecer informações úteis para o melhor dimensionamento de obras hidráulicas em localidades do estado de Pernambuco.

Palavras-chaves: Precipitação; Equação IDF; Distribuição Estatística; Desagregação de chuvas

4. INTRODUÇÃO GERAL

No ciclo hidrológico, a chuva é a principal fonte de entrada de água no sistema, sendo crucial para compreender a dinâmica hídrica do ambiente físico. Medir a quantidade de chuva, além de entender sua distribuição temporal e espacial, é fundamental para estudos estratégicos relacionados ao planejamento ambiental.

Nesse contexto, as diferentes maneiras de apropriação e uso dos espaços urbanos e rurais têm provocado mudanças na superfície, com significativas implicações sobre o escoamento das águas pluviais. Isso frequentemente resulta em situações de calamidade, acarretando perdas econômicas e de vidas humanas. Infelizmente, fenômenos como enchentes, inundações, alagamentos, enxurradas e movimentos de massa tornaram-se comuns e são regularmente noticiados durante a estação chuvosa. Esse cenário é um ponto de convergência entre aspectos naturais e humanos, onde a chuva se transforma

em uma ameaça diante da vulnerabilidade das populações e da desigualdade na produção do espaço (Monteiro, 2009).

Diante desse cenário, é de suma importância compreender as características da precipitação em uma determinada localidade para atividades de planejamento e gestão, visando mitigar os riscos associados à variabilidade das chuvas, como tempestades intensas e períodos de seca (Silva Neto et al., 2022).

Os eventos de chuva são caracterizados por três parâmetros: intensidade, duração e frequência. A relação entre esses parâmetros é conhecida como a equação ou curva de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) (Tucci, 2013). Devido à sua relevância em projetos, as relações IDF devem ser constantemente atualizadas e disponibilizadas em um banco de dados acessível e simples (Netto et al., 1998).

A determinação das curvas IDF requer dados históricos de boa qualidade e contínuos por um longo período de tempo (EWEA et al., 2017). Esses registros históricos são obtidos por meio de pluviogramas gerados por aparelhos denominados pluviógrafos. A partir da interpretação dos pluviogramas, constroem-se as séries históricas representativas de chuvas, bem como a análise de frequência dessas séries. Posteriormente, calcula-se as intensidades máximas de precipitação para cada duração estabelecida e, finalmente, define-se a equação que representa analiticamente as curvas IDF.

Porém, na ausência das relações IDF para uma região específica onde se pretende realizar uma obra, podem ser utilizados dados de uma região próxima. No entanto, usar relações IDF de outras áreas pode levar ao subdimensionamento e inadequações nos projetos de drenagem, resultando em alagamentos durante chuvas intensas (Tucci, 2013).

Além disso, dados pluviográficos nem sempre estão disponíveis, e em muitos casos restam apenas dados pluviométricos para as análises hidrológicas (Bielénki Junior et al., 2016). Diante dessa realidade, se faz necessário a aplicação de metodologias de estimativas de curvas IDF, com pouco ou nenhum dado pluviográfico. Uma das alternativas possíveis é utilizar a desagregação de chuvas máximas diárias.

A técnica de desagregação é de uso corrente na engenharia e baseia-se nos coeficientes de desagregação (CETESB, 1986), como também o método das isozonas (Torricco, 1975). Trabalhos mais recentes estão utilizando o modelo de Bartlett-Lewis do Pulso Retangular Modificado (Damé et al., 2008).

É neste contexto em que se insere esta pesquisa, procurando contribuir para a situação de carência de curvas IDF para os municípios do estado de Pernambuco, e também contribuir para os estudos de desagregação de chuvas máximas diárias.

5. OBJETIVOS

Geral

Ajustar a função cumulativa de probabilidade Gumbel aos dados de precipitação máxima diária anual, obter a equação de chuvas intensas

Específicos

1. Analisar a qualidade dos dados de precipitação das estações meteorológicas inseridas no estado de Pernambuco;
2. Avaliar a consistência dos dados de precipitação das estações escolhidas à distribuição de probabilidade de Gumbel pelo teste de Anderson-Darling;
3. Estimar as equações de chuvas intensas pelo GAM-IDF.

6. MATERIAL E MÉTODOS

A área de cobertura do estudo compreenderá o estado de Pernambuco. Pernambuco é uma das 27 unidades federativas do Brasil. Está localizado no centro-leste da região Nordeste e tem como limites os estados da Paraíba (N), do Ceará (NO), de Alagoas (SE), da Bahia (S) e do Piauí (O), além de ser banhado pelo oceano Atlântico (L). Ocupa uma área de 98.311 km² e possui 184 municípios. Além disso, também fazem parte do seu território os arquipélagos de Fernando de Noronha e São Pedro e São Paulo (Figura 1).

Mapa de Pernambuco

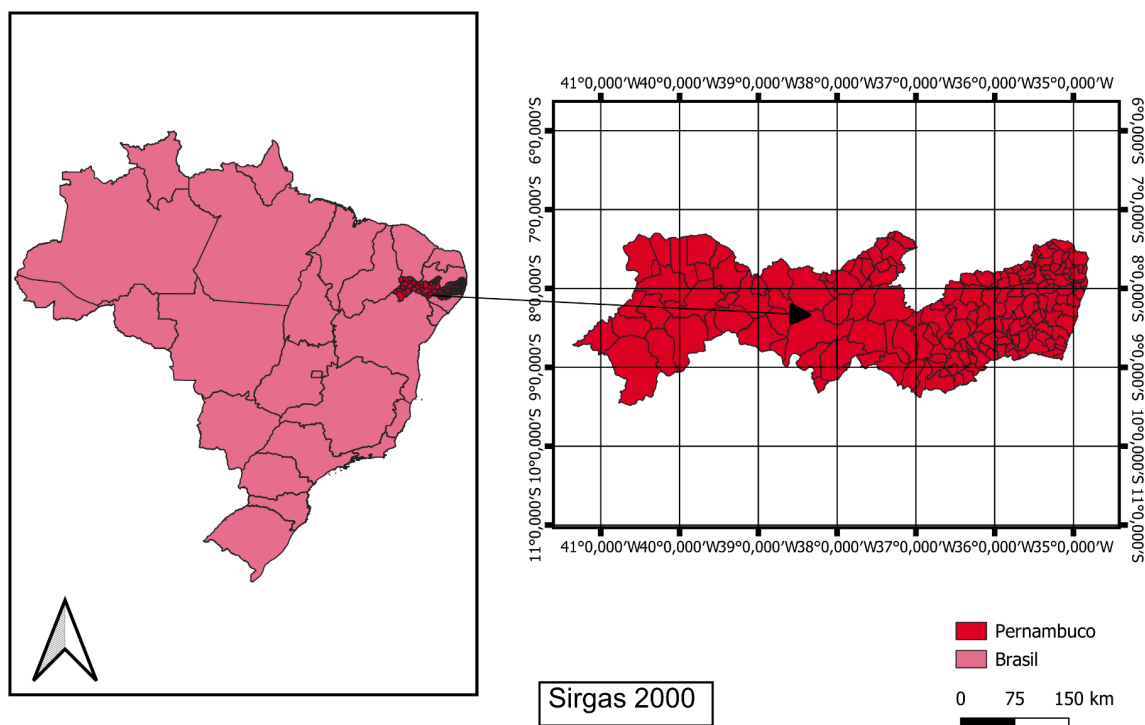


fig 1. Estado de PE

A obtenção das informações pluviométricas se deu através dos bancos de dados Meteorológicos da Agência Nacional de Águas (ANA), Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Com dados de precipitação diária de um período mínimo de 30 anos. A descrição do procedimento adotado para aplicar a distribuição Gumbel, de acordo com Mello e Viola (2013) encontra-se a seguir, nas equações 1 a 5.

$$F_{obs} = \frac{i}{N+1} \quad (1)$$

em que i é posição em que os dados ocupam dentro da série histórica ordenada e N é o tamanho da série histórica. A Função de Densidade da Probabilidade (FDP) da distribuição Gumbel é dada por:

$$f(x) = \alpha \cdot e^{[-\alpha \cdot (x-\mu) - e^{-\alpha \cdot (x-\mu)}]} \quad (2)$$

A integração da FDP fornece a função cumulativa de probabilidade (FCP), que na forma de excedência, é dada por:

$$P(X \geq x) = 1 - e^{-e^{-\alpha \cdot (x-\mu)}} \quad (3)$$

A distribuição de Gumbel apresenta 2 parâmetros (α e μ), que são calculados pelas expressões abaixo, considerando o método dos momentos (Aragão et al., 2013; Mello e Viola, 2013):

$$\alpha = \frac{1,2826}{s} \quad (4)$$

$$\mu = \bar{x} - 0,45 \cdot s \quad (5)$$

Para estimativa de uma variável hidrológica (X) em função do tempo de retorno (TR), aplica-se a equação 6:

$$X_{TR} = \frac{-LN[-LN(1-\frac{1}{TR})]}{\alpha} + \mu \quad (6)$$

Deve-se destacar a necessidade de se comprovar previamente se a distribuição de Gumbel é adequada para a série histórica a ser trabalhada, o que pode ser feito a partir de testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov (Mello e Silva, 2013). Verificada a aderência dos dados à distribuição de probabilidades, serão calculadas as chuvas intensas diárias para os tempos de retorno de 20 a 50 anos, respeitando a série histórica. Então, será realizada a desagregação da chuva para as durações de 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 e 1440 minutos pela metodologia proposta pela CETESB (1986). Para a determinação das equações de chuvas intensas (relação IDF), empregou-se o software GAM-IDF, desenvolvido pelo Laboratório de Hidrologia e Modelagem Hidrológica da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). A ferramenta foi utilizada para ajustar as séries de precipitações máximas anuais a diferentes distribuições de probabilidade, como Gumbel. A qualidade do ajuste de cada distribuição foi verificada por meio do teste de aderência de Anderson-Darling, permitindo a seleção do modelo mais representativo para a geração das equações IDF da localidade:

$$i = \frac{K \cdot TR^a}{(b+t)^c} \quad (7)$$

em que i = intensidade média máxima de precipitação, mm/h; TR = tempo de retorno, anos; t = tempo de duração da chuva, minutos; k , a , b e c são parâmetros de ajuste relativos à localidade

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos dados históricos de precipitação nas plataformas da HidroWeb, INMET, e APAC Para os municípios de Goiana, Vitória de Santo Antão, Caruaru, Arcoverde, Serra Talhada e Petrolina. A partir da qual foi construída uma série histórica de 30 anos (fig 2). Para cada ano, identificou-se o dia com o maior volume de chuva registrado, utilizando apenas os anos com os 12 meses completos. Esse processo foi feito para cada município

Os dados foram organizados no Microsoft Excel, e processados no GAM-IDF. Um pressuposto essencial para a aplicação software GAM-IDF é a de que a série de dados não apresente tendência estatisticamente significativa. Para validar esta condição, é aplicado o teste não-paramétrico de Mann-Kendall a um nível de significância de 5%. A detecção de uma tendência significativa nos dados de entrada impediria sua utilização, sendo uma etapa eliminatória na análise. Após esse teste é realizada a desagregação das chuvas de um dia em para diferentes durações, conforme o modelo proposto da CETESB (fig 3). As análises incluíram a aplicação da distribuição de Gumbel para ampliação da série para os tempos de retorno de 50 e 100 anos, verificação de sua aderência por meio do teste de Anderson-Darling. Após a validação, foram aplicadas as transformações necessárias para obtenção dos parâmetros da equação IDF (fig 7 a 21).

Ano	Data	Precipitação (mm)
2024	16/02/2024	61,5
2023	15/06/2023	125
2022	29/05/2022	66,2
2021	14/05/2021	57,2
2020	15/06/2020	56,2
2019	14/06/2019	66,7
2018	18/05/2018	32,5
2017	21/07/2017	69,4
2016	25/05/2016	52,1
2015	04/07/2015	68,9
2014	29/05/2014	34,6
2013	20/04/2013	47,2
2012	20/06/2012	46,8
2011	20/05/2011	77,6
2010	19/06/2010	180,4
2009	04/02/2009	19
2008	05/06/2008	12,8
2007	26/06/2007	19,2
2006	21/06/2006	31,5
2005	04/06/2005	138,7
2004	16/07/2004	42,1
2003	19/02/2003	34,2
2002	10/07/2002	68
2001	01/07/2001	37
2000	19/07/2000	92
1999	05/07/1999	65,2
1998	16/07/1998	118
1997	29/06/1997	52
1996	20/07/1996	71
1995	21/06/1995	57,8

Figura 2 – Série histórica anual do município de vitória de Santo Antão

QUADRO 1: Coeficientes de desagregação de chuva de 24 horas utilizando o método das Relações de Durações.	
Relação entre Alturas Pluviométricas	Coeficiente de Desagregação
5 min para 30 min	0,34
10 min para 30 min	0,54
15 min para 30 min	0,70
20 min para 30 min	0,81
25 min para 30 min	0,91
30 min para 1 h	0,74
1 h para 24h	0,42
2 h para 24h	0,48
3 h para 24h	0,54
6 h para 24h	0,72
8 h para 24h	0,78
10 h para 24h	0,82
12 h para 24 h	0,85
24 h para 1 dia	1,14

FONTE: CETESB (1986) apud ARAGÃO et al. (2013).

Figura 3 - Coeficiente de desagregação das lâminas precipitadas

Resumo dos Resultados

Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%	Não há tendência
Função densidade de probabilidade (FDP)	Gumbel
Parâmetros da FDP	ξ : 89.9242, α : 32.7188
Teste de Anderson Darling ao nível de significância de 5%	Estatística: 0.4049 p-valor: 0.8428 Resultado do teste: FDP se ajusta
Parâmetros da IDF	a: 938.696, b: 0.197, c: 9.236, d: 0.707
Nash e Sutcliffe (NS)	0.9951
RMSE (mm/h)	6.2486

Função Densidade de Probabilidade - FDP

$$F = e^{\left[-e^{\left\{ \frac{-(x-89.9242)}{32.7188} \right\}} \right]}$$

Modelo Matemático IDF

$$I = \frac{938.696 \cdot TR^{0.197}}{(9.236 + t)^{0.707}}$$

Curvas IDF

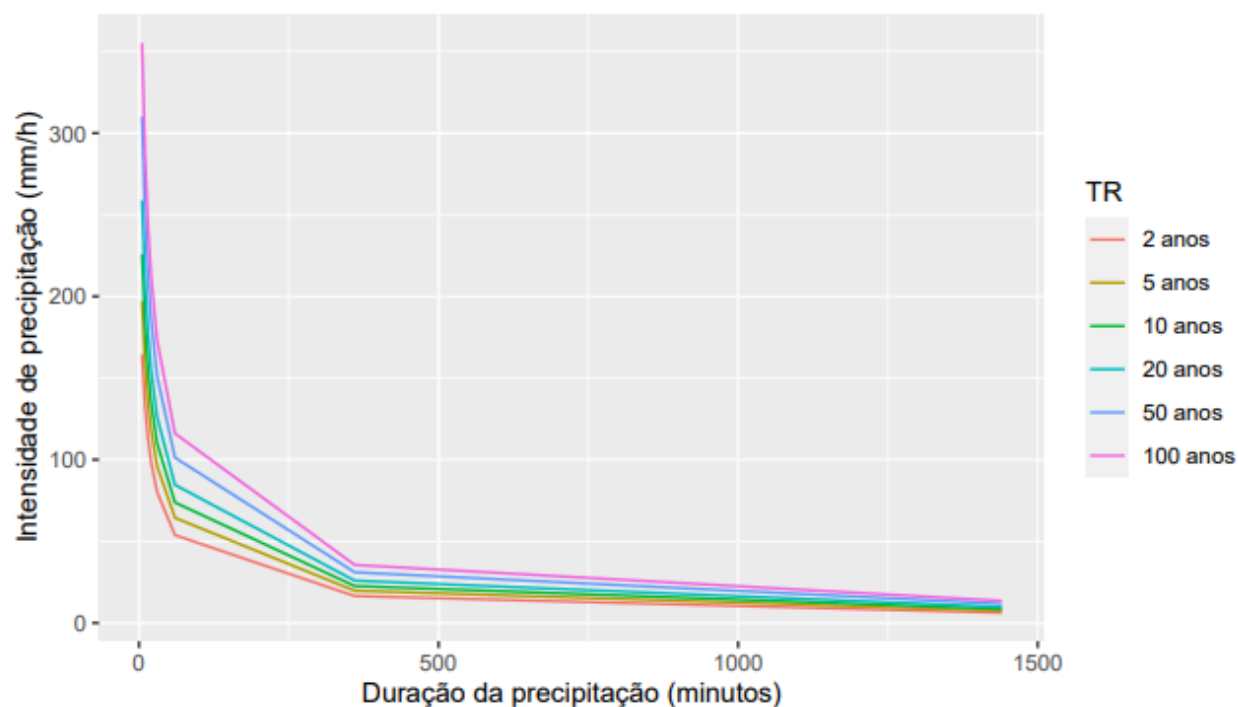


Figura 4 - Parâmetros IDF de Goiana.

Resumo dos Resultados

Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%	Não há tendência
Função densidade de probabilidade (FDP)	Gumbel
Parâmetros da FDP	ξ : 1082.7836, α : 6164.6394
Teste de Anderson Darling ao nível de significância de 5%	Estatística: 11.6254 p-valor: 0 Resultado do teste: FDP não se ajusta
Parâmetros da IDF	a: 14615.730, b: 0.386, c: 2.700, d: 0.488
Nash e Sutcliffe (NS)	0.7572
RMSE (mm/h)	5331.4231

Função Densidade de Probabilidade - FDP

$$F = e^{\left[-e^{\left\{ \frac{-(x-1082.7836)}{6164.6394} \right\}} \right]}$$

Modelo Matemático IDF

$$I = \frac{14615.730 \cdot TR^{0.386}}{(2.700 + t)^{0.488}}$$

Curvas IDF

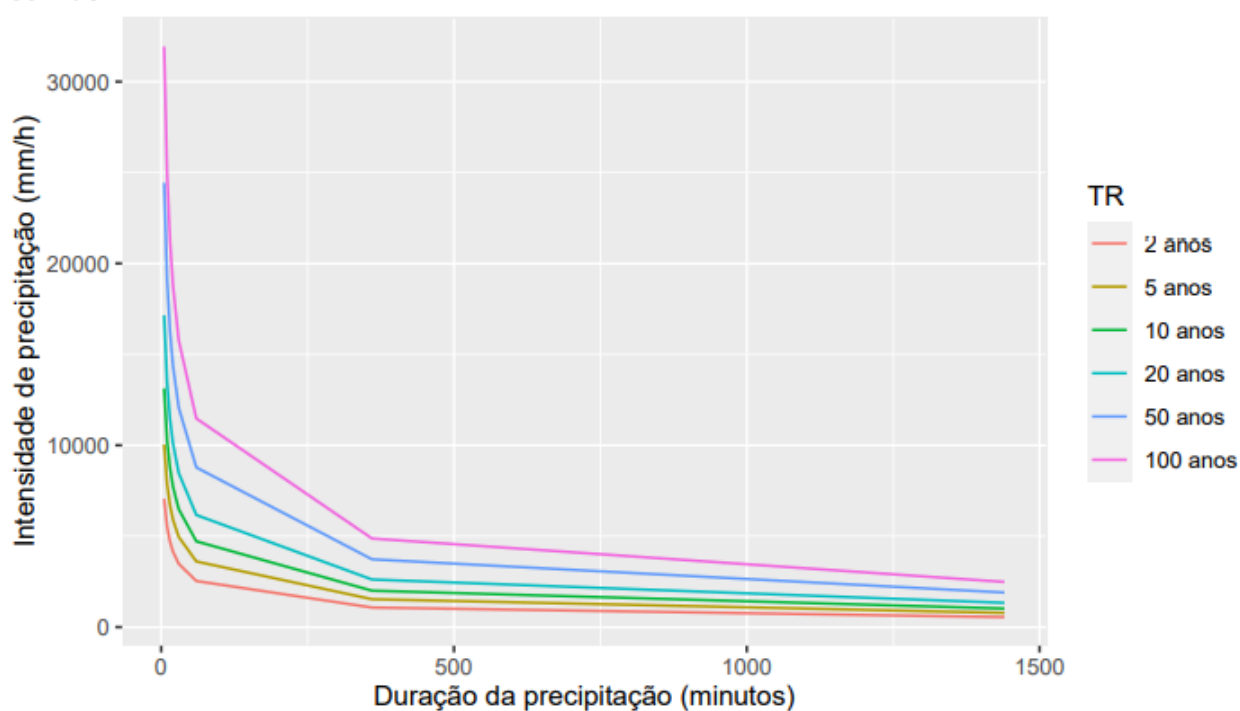


Figura 5 - Parâmetros IDF de Vitória de Santo Antão.

Resumo dos Resultados

Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%	Não há tendência
Função densidade de probabilidade (FDP)	Gumbel
Parâmetros da FDP	ξ : 37.6418, α : 21.9703
Teste de Anderson Darling ao nível de significância de 5%	Estatística: 0.7138 p-valor: 0.5461 Resultado do teste: FDP se ajusta
Parâmetros da IDF	a: 446.631, b: 0.242, c: 9.305, d: 0.709
Nash e Sutcliffe (NS)	0.991
RMSE (mm/h)	4.8205

Função Densidade de Probabilidade - FDP

$$F = e^{\left[-e^{\left\{\frac{-(x-37.6418)}{21.9703}\right\}}\right]}$$

Modelo Matemático IDF

$$I = \frac{446.631 \cdot TR^{0.242}}{(9.305 + t)^{0.709}}$$

Curvas IDF

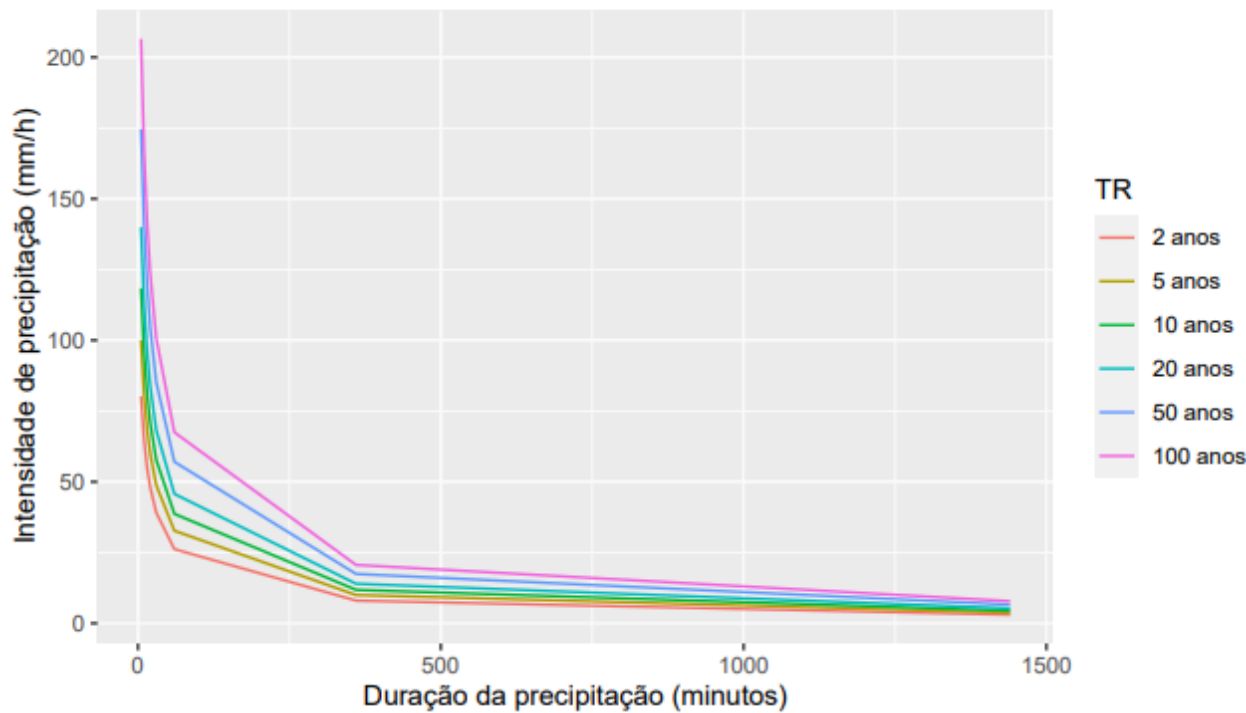


Figura 6 - Parâmetros IDF de Caruaru.

Resumo dos Resultados

Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%	Não há tendência
Função densidade de probabilidade (FDP)	Gumbel
Parâmetros da FDP	ξ : 47.6835, α : 24.1444
Teste de Anderson Darling ao nível de significância de 5%	Estatística: 0.6435 p-valor: 0.6065 Resultado do teste: FDP se ajusta
Parâmetros da IDF	a: 561.583, b: 0.229, c: 9.499, d: 0.718
Nash e Sutcliffe (NS)	0.9923
RMSE (mm/h)	5.0979

Função Densidade de Probabilidade - FDP

$$F = e^{\left[-e^{\left\{\frac{-(x-47.6835)}{24.1444}\right\}}\right]}$$

Modelo Matemático IDF

$$I = \frac{561.583 \cdot TR^{0.229}}{(9.499 + t)^{0.718}}$$

Curvas IDF

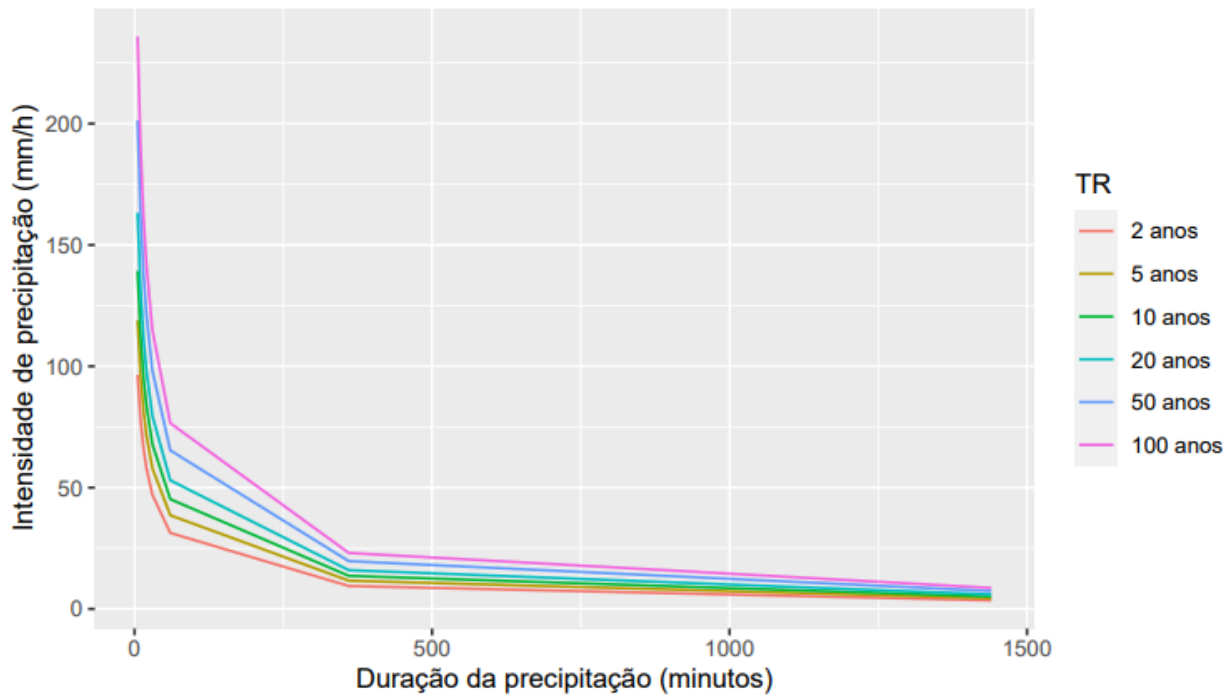


Figura 7 - Parâmetros IDF de Arcoverde.

Resumo dos Resultados

Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%	Não há tendência
Função densidade de probabilidade (FDP)	Gumbel
Parâmetros da FDP	ξ : 67.8509, α : 27.556
Teste de Anderson Darling ao nível de significância de 5%	Estatística: 0.2222 p-valor: 0.9831 Resultado do teste: FDP se ajusta
Parâmetros da IDF	a: 720.771, b: 0.207, c: 9.169, d: 0.706
Nash e Sutcliffe (NS)	0.9942
RMSE (mm/h)	5.4453

Função Densidade de Probabilidade - FDP

$$F = e^{\left[-e^{\left\{ \frac{-(x-67.8509)}{27.556} \right\}} \right]}$$

Modelo Matemático IDF

$$I = \frac{720.771 \cdot TR^{0.207}}{(9.169 + t)^{0.706}}$$

Curvas IDF

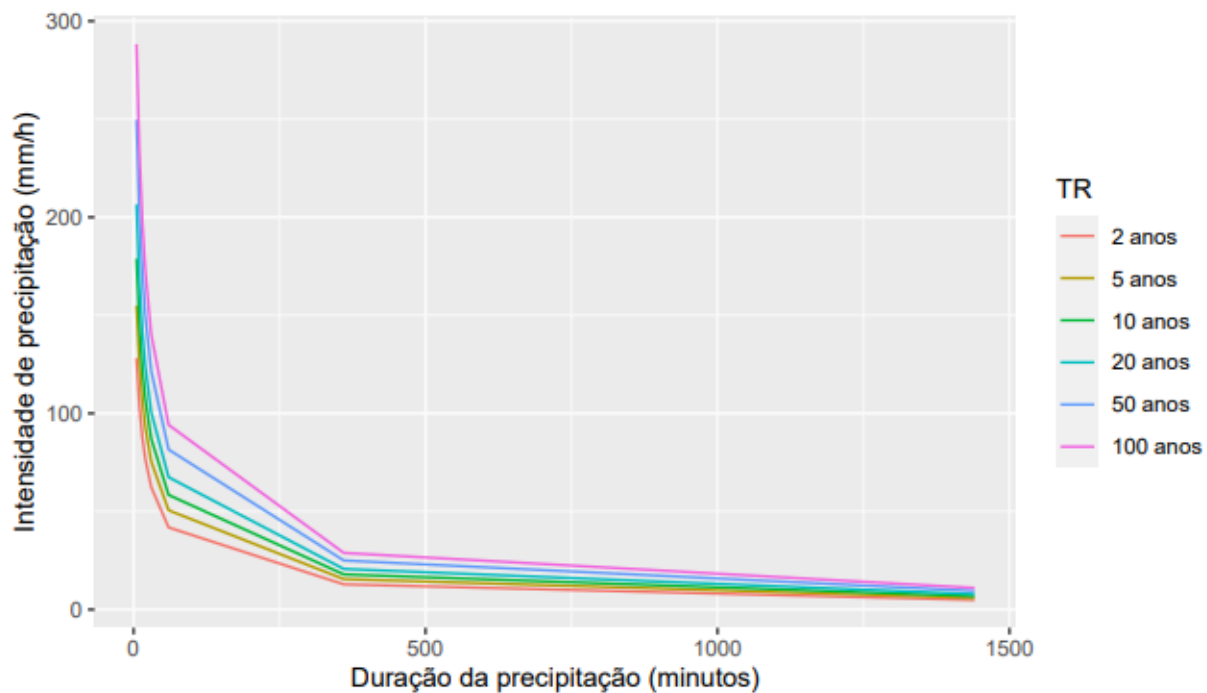


Figura 8 - Parâmetros IDF de Serra Talhada.

Resumo dos Resultados

Teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%	Não há tendência
Função densidade de probabilidade (FDP)	Gumbel
Parâmetros da FDP	ξ : 49.3626, α : 19.6241
Teste de Anderson Darling ao nível de significância de 5%	Estatística: 0.1343 p-valor: 0.9995 Resultado do teste: FDP se ajusta
Parâmetros da IDF	a: 530.465, b: 0.206, c: 9.296, d: 0.710
Nash e Sutcliffe (NS)	0.9944
RMSE (mm/h)	3.8531

Função Densidade de Probabilidade - FDP

$$F = e^{\left[-e^{\left\{ \frac{-(x-49.3626)}{19.6241} \right\}} \right]}$$

Modelo Matemático IDF

$$I = \frac{530.465 \cdot TR^{0.206}}{(9.296 + t)^{0.710}}$$

Curvas IDF

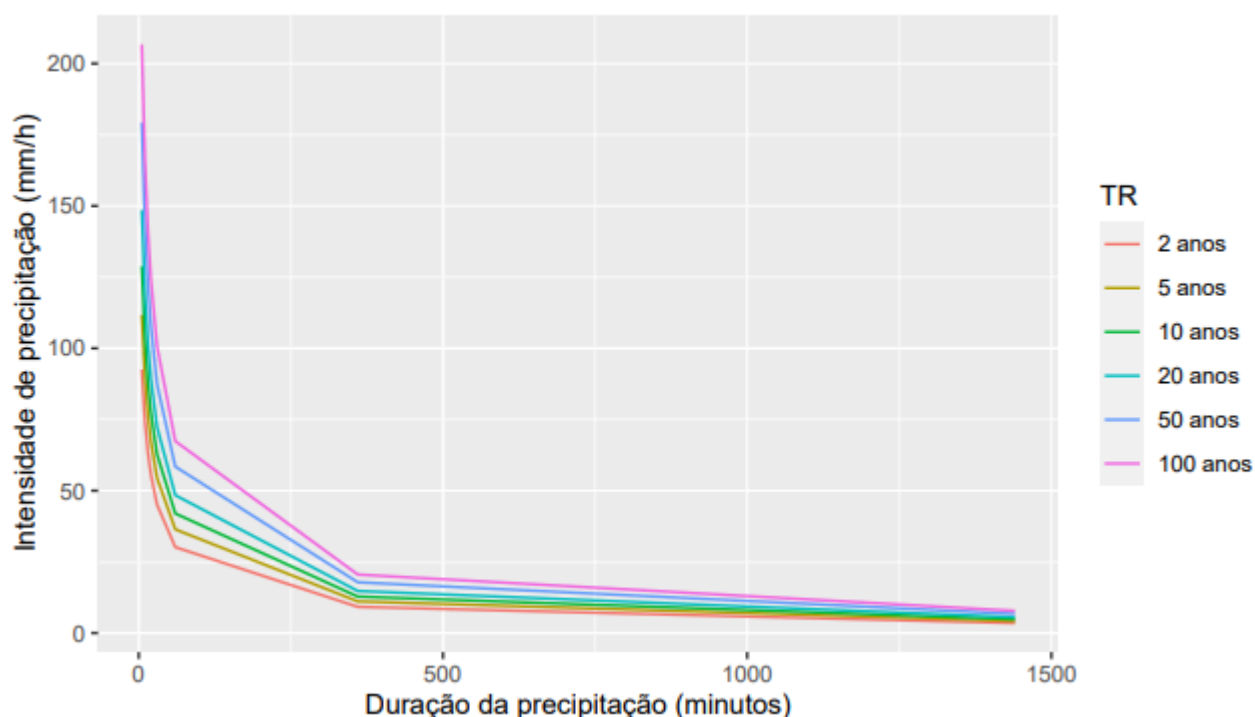


Figura 9 - Parâmetros IDF de Petrolina.

7. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO (correspondente ao de Plano de Trabalho submetido no processo seletivo)

	2024				2025							
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Revisão bibliográfica	X	X	X			X	X	X				
análise das estações meteorológicas da ANA e do INMET	X	X	X			X	X	X				
Escolha de 5 estações com dados consistidos com mais de 20 anos de dados de chuva diárias				X					X			
Aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov aos dados para verificação da adequação da distribuição de Gumbel					X					X		
Estimar as equações de chuvas intensas)					X	X				X	X	
Apresentação de Relatórios									X			X
Apresentação de trabalhos em Congresso/Simpósio												X

*Planejamento dentro do esperado, havendo uma pequena adaptação no cronograma.

9. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS/FINAIS

A partir da análise realizada nos municípios de Goiana, Vitória de Santo Antão, Caruaru, Arcoverde, Serra Talhada e Petrolina, foi possível corroborar a metodologia proposta para determinação das equações de chuvas intensas. Os dados foram adequadamente processados, desagregados e submetidos à análise estatística, confirmando a aplicabilidade da distribuição de Gumbel para o conjunto de chuvas máximas anuais. A utilização do Microsoft Excel como ferramenta de apoio permitiu um tratamento sistemático e eficiente dos dados, viabilizando a organização da série histórica. O GAM-IDF foi responsável por processar os dados fornecidos e submetê-los a fórmulas, construção de gráficos e execução das regressões lineares. A análise dos resultados demonstrou boa aderência dos dados ao modelo proposto e forneceu parâmetros consistentes para a construção das curvas IDF.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, R. D.; SANTANA, G. R. D.; COSTA, C. E. F. F. D.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E. D.; SRINIVASAN, V.S. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.3, p.243-252, 2013.
- BARRETO, H.B.F. Relação intensidade-duração-frequência para precipitação extrema em Mossoró-RN. *Gl. Sci. Technol*, v.07, n.3, p.103-109, 2014.
- BIELENKI JUNIOR, C. et al. Determinação de curva intensidade-duração-frequência por meio de emprego do método paramétrico de ajustamento de observações. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 19, p. 2237 - 8642, 2016.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Drenagem urbana: manual de projeto. 1.ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1986, 466p.
- DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 28, p. 245 - 255, 2008.
- EWEA, H.A.; ELFEKI, A.M.; AL-AMRI, N.S. Development of intensity-duration-frequency curves for the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal Geomatic, Natural Hazards and Risk*, v,8, p.570-584, 2017.
- MELLO, C. R. D.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.37-44, 2013
- MONTEIRO, A. As cidades e a precipitação: uma relação demasiado briguenta. *Revista Brasileira de Climatologia*, Dourados, v.5, p.7-25, 2009
- NETTO, A.; FERNANDEZ, F. M.; ARAUJO, R.; ITO, E. A. Manual de Hidráulica. Edgard Blucher LTDA. 669p., 1998
- RADEL, V. Y. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência de precipitação do município de Vianópolis - Goiás utilizando o software GAM-IDF. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2023
- SILVA NETO, V.L.; SOUZA, L.B.; VIOLA, M.R.; MORAIS, M.A.V. Equação de chuvas intensas e precipitação máxima provável para a cidade de Goiás-GO, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.30, p. 611-625, 2022.
- TORRICO, J.J.T. Práticas hidrológicas. Rio de Janeiro: Transcon, 120p. 1975.
- TUCCI, C. E. M. (2013). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS. ABRH. 943p.

11. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

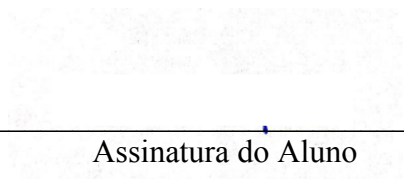
Participações de congressos na área

12. DIFICULDADES ENCONTRADAS

Dificuldade em encontrar uma série recente, atualizada e completa de dados de precipitação nos municípios.

13. PARECER DO ORIENTADOR

Assinatura do Orientador



Assinatura do Aluno

Recife, 22 de agosto de 2025.