

ATUALIZAÇÃO DE EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA EM CUNHA (SP): COMPARAÇÃO ENTRE DADOS OBSERVADOS RECENTES E PROJEÇÕES CLIMÁTICAS

Luciano Alves Cota e Souza ¹; Maria Luíza Teófilo Gandini ²; Aline de Araújo Nunes ³

RESUMO – As relações intensidade-duração-frequência (IDF) são fundamentais para o dimensionamento da drenagem urbana. Objetivou-se validar e atualizar as relações IDF para Cunha (SP) a partir de dados recentes do CEMADEN, comparando os resultados com as equações propostas por Gandini (2016), incluindo relações derivadas de modelos climáticos. Foram utilizados dados pluviométricos com resolução temporal de 10 minutos referentes ao período de 2015 a 2026. Após análise de consistência, a estação ETA 2 foi selecionada para o estudo. Os máximos anuais foram ajustados às distribuições Normal, Log-Normal, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III, Gumbel Teórica e Gumbel Finita, com seleção baseada no teste de Kolmogorov-Smirnov (10%). Posteriormente, foram ajustadas equações IDF para períodos de retorno entre 2 e 30 anos. Os resultados indicaram boa aderência estatística e adequado ajuste das equações IDF. Em comparação às relações propostas por Gandini (2016), observou-se subestimativa das intensidades de precipitação, principalmente para chuvas de curta duração. As equações derivadas de modelos climáticos apresentaram maiores diferenças em relação aos dados observados, indicando que as tendências projetadas de redução das precipitações extremas não se confirmaram no período analisado. Apesar da curta série histórica, os resultados reforçam a importância da atualização periódica das relações IDF com base em dados recentes.

Palavras-Chave – Relações IDF; Chuvas intensas; Modelagem climática.

ABSTRACT – The intensity-duration-frequency (IDF) relations are fundamental to the design of urban drainage systems. The objective was to validate and update the IDF relations for Cunha (SP) using recent CEMADEN data, and to compare the results with the equations proposed by Gandini (2016), including relationships derived from climate models. We used rainfall data with a 10-minute time resolution for the period from 2015 to 2026. After consistency analysis, ETA 2 was selected for the study. The annual maximums were adjusted to the normal distributions, Log-Normal, Pearson type III, Log-Pearson type III, Gumbel Theoretical, and Gumbel Finita, with selection based on the Kolmogorov-Smirnov test (10%). Subsequently, IDF equations were adjusted for return periods ranging from 2 to 30 years. The results indicated good statistical adherence and adequate adjustment of the IDF equations. Compared with the relationships proposed by Gandini (2016), it was observed that rainfall intensities were underestimated, especially for short-term rains. The equations derived from climate models showed greater differences relative to the observed data, indicating that the projected trends of reduced extreme rainfall were not confirmed during the period analyzed. Despite the short historical series, the results reinforce the importance of periodic updating of IDF relations based on recent data.

Keywords – IDF relations; Extreme rainfall; Climate modeling.

1) Departamento de Engenharia Urbana, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, luciano.souza1@aluno.ufop.edu.br

2) Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, maria.gandini@ufop.edu.br

3) Departamento de Engenharia Urbana, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, aline.nunes@ufop.edu.br

1. INTRODUÇÃO

As inundações e enchentes constituem processos naturais que se transformam em desastres quando atingem áreas urbanizadas e populações vulneráveis. A intensificação desses eventos está associada à impermeabilização do solo, ocupação inadequada das planícies de inundação e alterações nos padrões climáticos (Kobiyama *et al.*, 2006). Nesse contexto, as precipitações intensas exercem papel fundamental na geração do escoamento superficial, influenciando diretamente o dimensionamento de sistemas de drenagem urbana.

A adequada caracterização estatística das chuvas máximas é essencial para reduzir incertezas em projetos hidráulicos e subsidiar ações de prevenção de riscos hidrológicos. Entre os principais instrumentos utilizados destacam-se as relações intensidade-duração-frequência (IDF), amplamente aplicadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas por representarem o comportamento probabilístico das precipitações extremas (Bertoni e Tucci, 2001; Basso *et al.*, 2016).

A confiabilidade das equações IDF depende da qualidade e representatividade das séries pluviométricas utilizadas em sua elaboração. Entretanto, a incorporação de novos registros pode alterar significativamente os parâmetros ajustados, tornando necessárias revisões periódicas dessas relações (Corrêa *et al.*, 2024).

Nesse cenário, o município de Cunha apresenta relevância por integrar a região do Alto Vale do Paraíba e possuir histórico de eventos associados a cheias e inundações. Gandini (2016) desenvolveu equações IDF para o município e avaliou possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre as precipitações extremas locais, incluindo projeções obtidas a partir do modelo regional Eta aninhado aos modelos globais MIROC5 (*Model for Interdisciplinary Research on Climate*) e HadGEM2-ES (*Hadley Centre Global Environmental Model*).

Os Modelos Climáticos Globais são amplamente utilizados na geração de cenários climáticos futuros e apresentam bom desempenho na representação de variáveis em escala global. Porém, sua resolução espacial, entre aproximadamente 200 e 100 km, limita a representação de características locais, como o relevo das bacias hidrográficas, reduzindo a precisão das simulações em escala regional (Chou *et al.*, 2014; Mendoza *et al.*, 2016). Para minimizar essa limitação, empregam-se técnicas de *downscaling* ou desagregação espacial, que transferem as informações da escala global para escalas regionais ou locais (Wilby *et al.*, 1998). Nesse contexto, o CPTEC-INPE realizou simulações climáticas para a América do Sul utilizando o modelo regional Eta, desenvolvido para aplicações atmosféricas regionais, aninhado aos modelos globais HadGEM2-ES, do UK Met Office Hadley Centre, e MIROC5, da Japanese Research Community. As simulações contemplaram o

período histórico de 1961 a 2005 e projeções de 2007 a 2099 para os cenários RCP 4,5 e RCP 8,5 do IPCC (2014), os RCPs (*Representative Concentration Pathways*) são cenários climáticos futuros, baseados em diferentes níveis de emissão de gases de efeito estufa e seus respectivos impactos no forçamento radiativo até o ano de 2100. (Gandini, 2016).

Desde então, aproximadamente uma década de novos dados pluviométricos foi incorporada à rede de monitoramento, abrangendo o período de 2015 a 2026. Assim, este trabalho teve como objetivo validar e atualizar as relações IDF para Cunha (SP) com base em séries recentes do CEMADEN, comparando os resultados obtidos às equações propostas por Gandini (2016). Além da atualização das IDFs, buscou-se avaliar se o comportamento recente das chuvas intensas apresenta tendência compatível com as projeções climáticas anteriormente indicadas para a região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo e determinação dos máximos acumulados anuais

O estudo foi desenvolvido para o município de Cunha, localizado na região do Alto Vale do Paraíba, inserido na bacia do rio Paraíba do Sul (Figura 1). O município apresenta relevo montanhoso, clima tropical de altitude e elevados índices pluviométricos, com maiores precipitações concentradas entre os meses de novembro e março. A escolha da área de estudo justifica-se pela disponibilidade de registros pluviométricos recentes do CEMADEN e pela existência de relações intensidade-duração-frequência (IDF) previamente ajustadas por Gandini (2016), permitindo a comparação entre os dados históricos e o comportamento pluviométrico recente. Além disso, parte do território de Cunha integra a Mata Atlântica, um dos principais *hotspots* mundiais de biodiversidade, cuja conservação depende, entre outros fatores, da compreensão da variabilidade e dos eventos extremos de precipitação.

Foram utilizados dados pluviométricos do CEMADEN referentes ao período de outubro de 2015 a março de 2026, com resolução temporal de 10 minutos. Inicialmente, duas estações pluviométricas (ETA 1 e ETA 2 – Figura 1) localizadas no município foram avaliadas quanto à continuidade temporal, consistência dos registros e representatividade dos eventos extremos. A partir dessa análise, a estação ETA 2 foi selecionada para o desenvolvimento do estudo por apresentar melhor cobertura temporal e maior coerência dos registros durante os eventos de precipitação intensa. Os dados foram posteriormente organizados em anos hidrológicos, considerando o período de outubro a setembro, de modo a manter o ciclo chuvoso dentro de um mesmo intervalo de análise.

A partir da série contínua da estação ETA 2, foram calculados os máximos anuais de precipitação para diferentes durações, utilizando janelas móveis ao longo da série temporal. Foram avaliadas durações de 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, além de 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 e 24 horas.

Os acumulados máximos foram obtidos diretamente da série observada, sem aplicação de desagregação temporal artificial, buscando preservar as características dos eventos registrados pela estação automática. Os resultados obtidos para cada ano hidrológico e duração analisada são apresentados na Tabela 1. Os máximos acumulados anuais constituíram a base para caracterização das chuvas intensas recentes em Cunha (SP) e para a avaliação da compatibilidade entre os eventos observados e as relações IDF previamente propostas para a região, desenvolvidas a partir dos dados da estação Paraitinga (código Hidroweb: 2245164).

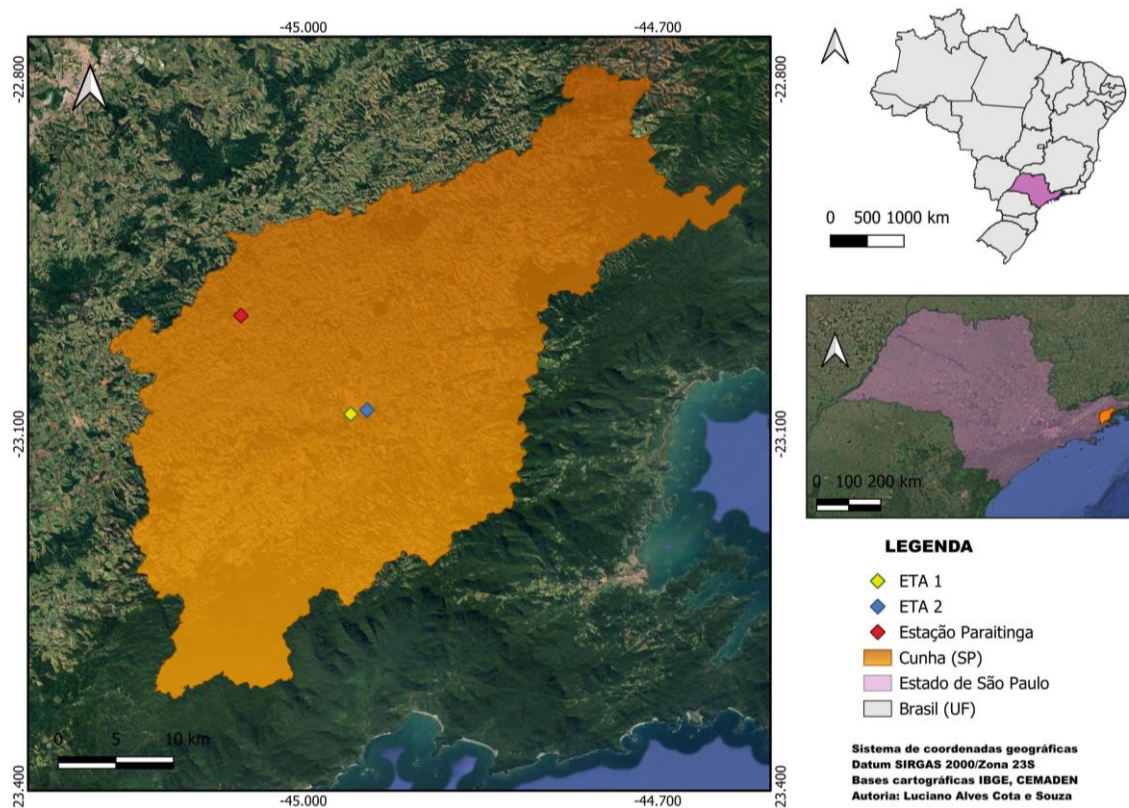


Figura 1 – Localização do município de Cunha (SP) e das estações pluviométricas analisadas.

Tabela 1 – Máximos anuais de precipitação da estação ETA 2.

Duração	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	1 h	3 h	6 h	9 h	12 h	15 h	18 h	21 h	24 h
2015 - 2016	21,0	36,8	49,6	60,2	70,4	79,6	87,6	87,6	109,8	115,0	115,0	126,0	126,4	126,4
2016 - 2017	22,6	35,6	46,6	52,4	55,8	57,4	61,2	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	63,2	74,6
2017 - 2018	16,8	31,4	32,6	39,0	39,2	39,2	42,2	49,6	50,8	50,8	55,0	58,0	58,0	58,0
2018 - 2019	23,2	33,0	37,4	41,0	44,6	48,2	50,4	53,4	63,2	63,2	65,2	65,6	65,8	65,8
2019 - 2020	18,4	28,2	34,2	40,2	41,6	42,6	47,8	52,2	66,0	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2
2020 - 2021	17,2	29,4	41,2	46,8	52,0	55,6	69,0	99,0	99,8	101,8	102,0	102,0	102,0	102,0
2021 - 2022	17,8	31,6	40,4	49,0	49,6	54,8	67,4	92,8	131,0	144,0	145,4	146,0	146,8	146,8
2022 - 2023	18,6	34,0	37,6	39,2	41,6	48,2	59,2	64,0	64,2	64,2	64,2	64,2	68,4	72,4
2023 - 2024	16,0	27,0	33,8	40,8	47,6	53,0	64,8	71,6	74,4	74,4	77,0	77,0	77,6	77,6
2024 - 2025	14,4	19,6	23,6	28,0	30,0	35,0	48,0	66,2	84,8	101,0	101,0	101,0	106,6	108,8
2025 - 2026	16,8	19,0	26,2	30,2	32,6	35,6	56,8	58,8	60,4	62,8	63,0	63,2	64,4	65,6

2.2. Relações IDF de referência e análise comparativa

Para o ajuste das relações intensidade-duração-frequência (IDF), as séries de máximos anuais (por anos hidrológicos entre 2015/2016 e 2025/2026) das 14 durações analisadas, variando de 10 minutos a 24 horas (Tabela 1), foram organizadas em ordem decrescente. Em seguida, cada valor foi associado à respectiva probabilidade empírica de excedência pelo método de Weibull, sendo posteriormente calculado o tempo de retorno correspondente. Cada série foi ajustada a seis distribuições de probabilidade. As distribuições avaliadas foram: Normal, Log-Normal, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III, Gumbel Teórica e Gumbel Finita.

A seleção da distribuição mais adequada para cada duração foi realizada por meio do teste bilateral de aderência de Kolmogorov-Smirnov, adotando-se nível de significância de 10% (Gandini e Queiroz, 2024). A escolha considerou a aderência entre os valores máximos anuais observados e os valores teóricos estimados, visando garantir maior representatividade estatística das chuvas extremas. Esse procedimento é amplamente recomendado em estudos hidrológicos, uma vez que a escolha adequada da distribuição de probabilidade influencia diretamente a estimativa das chuvas de projeto (Naghetini e Pinto, 2007). Quando mais de uma distribuição apresentou aderência satisfatória, adotou-se como critério de seleção aquela associada ao maior p-valor (Gandini e Queiroz, 2024).

Após a definição da distribuição de probabilidade mais representativa para cada duração, foram estimadas as precipitações associadas aos períodos de retorno de 2 - 5 - 7,5 - 10 - 12,5 - 15 - 17,5 - 20 - 22,5 - 25 - 27,5 - 30 anos. Posteriormente, as alturas pluviométricas foram convertidas em intensidades médias de precipitação, permitindo a construção das relações intensidade-duração-frequência.

Com os valores de intensidade obtidos, realizou-se o ajuste da equação IDF por regressão não linear, utilizando a ferramenta Solver do Excel. Assim como em Gandini (2016), o ajuste foi realizado considerando dois intervalos distintos de duração, de 10 a 60 minutos e de 60 a 1.440 minutos, visando reduzir os erros de estimativa associados ao comportamento distinto entre chuvas de curta e longa duração, conforme também discutido por Martins *et al.* (2017). Diferentemente de Gandini (2016), que utilizou durações mínimas de 5 minutos obtidas por desagregação de dados pluviométricos, neste estudo adotou-se duração mínima de 10 minutos, em função da resolução temporal dos dados observados utilizados.

Por fim, as equações IDF ajustadas a partir dos dados recentes do CEMADEN foram comparadas às relações propostas por Gandini (2016) para o município de Cunha. Destaca-se que o estudo supracitado não se limitou apenas à obtenção de IDFs baseadas em dados observados, mas também desenvolveu equações a partir de projeções do Modelo Eta, visando avaliar possíveis impac-

tos das mudanças climáticas sobre as precipitações extremas futuras.

Nesse contexto, a comparação realizada no presente trabalho buscou verificar se o comportamento das chuvas intensas observadas no período recente apresenta tendência compatível com as projeções anteriormente indicadas pelos modelos climáticos utilizados por Gandini (2016). Assim, a análise permitiu avaliar não apenas a representatividade das IDFs atualmente empregadas para o município, mas também indícios da confirmação, ou não, das tendências hidrológicas projetadas para a região.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ajuste das distribuições de probabilidade e teste de aderência

Todas as distribuições selecionadas apresentaram aderência satisfatória, com valores de D máximo inferiores ao valor crítico do teste (para a amostra de 11 valores e significância 10%, tem-se $D_{crítico} = 0,353$ conforme equação encontrada em Gandini e Queiroz (2024)) e p-valores superiores a 0,70, indicando compatibilidade estatística entre os valores observados e teóricos (Tabela 2). A distribuição de Pearson tipo III foi a mais recorrente, predominando principalmente nas durações mais longas, enquanto as distribuições Normal, Log-Normal, Log-Pearson tipo III, Gumbel Teórica e Gumbel Finita apresentaram melhor desempenho em algumas durações específicas.

Tabela 2 – Síntese dos ajustes de distribuição de probabilidade por duração.

Duração	Distribuição selecionada	D _{máx}	p-valor	Duração	Distribuição selecionada	D _{máx}	p-valor
10 min	Log-Pearson III	0,1700	0,8774	6 h	Gumbel Finita	0,1446	0,9629
20 min	Normal	0,2033	0,7019	9 h	Gumbel Tipo I	0,1615	0,9121
30 min	Pearson III	0,1472	0,9565	12 h	Pearson III	0,1933	0,7595
40 min	Normal	0,1894	0,7809	15 h	Pearson III	0,1893	0,7812
50 min	Log-Normal	0,1370	0,9775	18 h	Pearson III	0,1962	0,7428
1 h	Log-Normal	0,1532	0,9400	21 h	Pearson III	0,1829	0,8156
3 h	Pearson III	0,1378	0,9762	24 h	Pearson III	0,1582	0,9238

A predominância da distribuição Pearson tipo III nas maiores durações sugere comportamento estatístico relativamente estável para eventos multi-horários, enquanto as durações mais curtas apresentaram maior variabilidade entre distribuições. Esse comportamento é esperado em séries de precipitação extrema, uma vez que eventos convectivos de curta duração tendem a apresentar maior assimetria e variabilidade temporal.

Os resultados indicam que a série pluviométrica da ETA 2 apresenta consistência estatística adequada para subsidiar a estimativa de quantis de precipitação e o ajuste das relações IDF para Cunha (SP). Ainda assim, devido ao reduzido tamanho amostral, os resultados devem ser interpretados como representativos das condições recentes observadas, passíveis de atualização com a incorporação de novos anos hidrológicos.

3.2 Estimativa das precipitações máximas e ajuste das equações IDF

A partir das distribuições selecionadas, foram estimadas as precipitações máximas associadas aos períodos de retorno entre 2 e 30 anos. A limitação do período máximo de retorno em 30 anos foi adotada em função do reduzido tamanho da série observada, composta por 11 anos hidrológicos, buscando evitar extrapolações excessivas associadas a eventos raros. Os acumulados pluviométricos foram posteriormente convertidos em intensidades que foram utilizadas no ajuste das equações intensidade-duração-frequência utilizando o Solver do Excel com o método GRG Nonlinear (Gradiente Reduzido Generalizado Não Linear) que é um método de otimização usado para resolver problemas não lineares suaves, geralmente encontrando um ótimo local com base em informações de gradiente. Os parâmetros das equações são apresentados na Tabela 3, destacando que foi utilizado o formato: $i = (K \times Tr^m) / [(c + t_d)^n]$ em que, i é a intensidade (mm/h), Tr é o tempo de retorno (anos) e t_d é a duração da chuva (min).

Tabela 3 – Parâmetros das equações IDF ajustadas para a estação ETA 2, Cunha (SP).

Intervalo de duração	K	m	c	n	Diferença relativa média (%)
$10 \leq t_d \leq 60$ min	857,8766	0,1166	17,0159	0,6504	1,6449
$60 < t_d \leq 1.440$ min	961,9995	0,2085	0,1481	0,7784	4,1671

Os parâmetros ajustados apresentaram boa aderência aos quantis probabilísticos utilizados como referência, com diferença relativa média, entre as intensidades obtidas pela equação ajustada e as obtidas para cada duração a partir da melhor distribuição ajustada, de 1,64% para o intervalo de curta duração (10 a 60 minutos) e de 4,17% para o intervalo de longa duração (60 a 1.440 minutos). O melhor desempenho observado no intervalo de curta duração indica que a equação ajustada representa adequadamente os eventos associados à microdrenagem urbana, mais sensíveis às precipitações intensas de elevada concentração temporal.

Embora o intervalo de longa duração tenha apresentado diferença média superior, o desvio permaneceu inferior a 5%, valor considerado satisfatório para aplicações hidrológicas. Esse comportamento pode estar associado à maior variabilidade temporal dos eventos de longa duração e

à utilização de diferentes distribuições probabilísticas ao longo das durações avaliadas.

3.3 Comparação com as relações IDF de referência

As equações ajustadas neste estudo, denominadas IDF CEMADEN, foram comparadas com duas relações IDF propostas por Gandini (2016) para o município de Cunha: a IDF Observada Gandini (2016), obtida a partir de série pluviométrica histórica observada, e a IDF Modelo Climático Gandini (2016), derivada de projeções climáticas, conforme apresentado na Figura 2.

No intervalo de curta duração (10 a 60 minutos), a IDF Observada Gandini (2016) apresentou intensidades inferiores às estimadas pela IDF CEMADEN na maior parte das combinações avaliadas, com diferença média global de -10,07%. A subestimativa foi mais expressiva nos menores períodos de retorno, atingindo média de -20,47% para TR de 2 anos. Já a IDF Modelo Climático Gandini (2016) apresentou subestimativa em todos os pares analisados, com diferença média global de -25,42%.

Para o intervalo de longa duração (1 a 24 horas), observou-se comportamento semelhante. A IDF Observada Gandini (2016) apresentou diferença média global de -2,81%, enquanto a IDF Modelo Climático Gandini (2016) apresentou diferença média de -19,40%, indicando subestimativa sistemática das intensidades associadas aos dados recentes do CEMADEN.

IDF Observada Gandini (2016) – Estação 2245164 (Hidroweb)	
Latitude: -22,9997 e Longitude: -45,05	
Série histórica: 1972 a 1994	
$5 \leq t_d \leq 60 \text{ min}$	$i = \frac{544,6848 \times T_r^{0,1817}}{(7,2371 + t_d)^{0,6454}}$
$60 < t_d \leq 1.440 \text{ min}$	$i = \frac{774,8959 \times T_r^{0,1817}}{(5,4251 + t_d)^{0,7355}}$
IDF Modelo Climático Gandini (2016) – Cenário RCP 4,5	
Latitude: -23,00 e Longitude: -45,05	
Período futuro: 2007 a 2099	
$5 \leq t_d \leq 60 \text{ min}$	$i = \frac{452,0567 \times T_r^{0,1814}}{(7,2371 + t_d)^{0,6454}}$
$60 < t_d \leq 1.440 \text{ min}$	$i = \frac{643,1056 \times T_r^{0,1814}}{(5,4236 + t_d)^{0,7355}}$

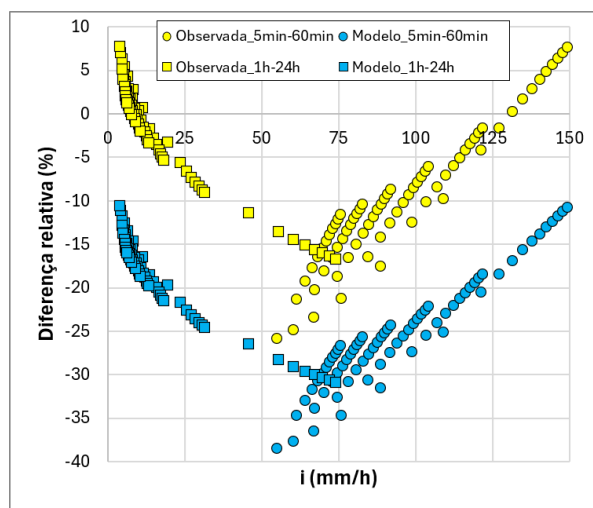


Figura 2 – Comparação entre as intensidades estimadas pelas equações IDF CEMADEN, IDF Observada Gandini (2016) e IDF Modelo Climático Gandini (2016).

De forma geral, os resultados demonstram que as relações IDF anteriormente desenvolvidas tendem a subestimar as precipitações intensas recentes observadas em Cunha, especialmente nas durações mais relevantes para aplicações de microdrenagem urbana. Esse comportamento possui implicações práticas importantes, uma vez que chuvas de curta duração e baixos períodos de retorno

são amplamente utilizados no dimensionamento de sarjetas, bocas-de-lobo, galerias pluviais e demais estruturas urbanas de drenagem.

Além da subestimativa observada nas equações baseadas em dados históricos, destaca-se que a IDF derivada dos modelos climáticos apresentou diferenças ainda maiores em relação às intensidades recentes observadas. Esse resultado é particularmente relevante, pois o estudo de Gandini (2016) indicava tendência de redução das precipitações extremas para a região, enquanto os dados recentes do CEMADEN evidenciaram intensidades superiores às projetadas. Tal comportamento reforça as incertezas inerentes às projeções climáticas aplicadas em escala local, especialmente em estudos de precipitações extremas, nos quais pequenas diferenças na representação estatística podem produzir impactos significativos nas estimativas de chuva de projeto e, consequentemente, no dimensionamento hidráulico.

Por outro lado, os resultados deste estudo também devem ser analisados com cautela, uma vez que as equações IDF ajustadas foram obtidas a partir de uma série relativamente curta, com 11 anos de dados observados. Em função dessa limitação amostral, optou-se por restringir as análises a períodos de retorno de até 30 anos, evitando extrapolações excessivas para eventos raros, cuja estimativa demandaria séries históricas mais extensas. Ainda assim, apesar da limitação temporal, os dados utilizados representam condições recentes efetivamente observadas, o que confere relevância prática às equações ajustadas, sobretudo para aplicações associadas à drenagem urbana e à avaliação de eventos mais frequentes.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho atualizou as relações intensidade-duração-frequência (IDF) para o município de Cunha a partir de dados recentes do CEMADEN, utilizando séries de precipitação com resolução temporal de 10 minutos entre 2015 e 2026. As distribuições de probabilidade apresentaram aderência satisfatória pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e as equações ajustadas mostraram bom desempenho para as durações avaliadas.

A comparação com as equações propostas por Gandini (2016) indicou subestimativa das intensidades de precipitação, principalmente para chuvas de curta duração. Além disso, os resultados observados não confirmaram a tendência de redução das precipitações extremas indicada pelas projeções climáticas do estudo anterior.

Apesar dos resultados obtidos, destaca-se que as equações ajustadas neste trabalho foram desenvolvidas a partir de uma série curta o que limita extrapolações para períodos de retorno elevados. Ainda assim, por serem baseadas em registros recentes e observados de precipitação, as relações obtidas representam de forma consistente o comportamento pluviométrico atual de Cunha (SP), sendo

úteis para aplicações especificamente em microdrenagem urbana e modelagem hidrológica local, especialmente em análises associadas a eventos mais frequentes.

AGRADECIMENTO – A segunda autora agradece ao seu tio, Luigi Guidorzi, cuja pergunta deu origem à ideia que instigou a produção deste artigo.

REFERÊNCIAS

- BASSO, S.; M. SCHIRMER; G. BOTTER. (2016). “*A physically based analytical model of flood frequency curves*”, Geophysical Research Letters, 43, 9070-9076, <https://doi.org/10.1002/2016GL069915>.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. (2001). “*Precipitação*”, in Hidrologia: Ciência e Aplicação. Org. por TUCCI, C. E. M., 2ª ed., ABRH/Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre - RS, cap. 5.
- CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DERECZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; MARENGO, J. (2014). “*Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios.*” American Journal of Climate Change, v. 3, n. 5, p. 512-527. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2014.35043>.
- CORRÊA, F. V.; BARBOSA, M. H.; CARVALHO, K. M.; CAMINHA, A. R.; GUIMARÃES, L. R.; THEBALDI, M. S.; SOUZA, G. R. (2024). “*Atualização de modelos de chuva intensa para municípios do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil*”. Caminhos de Geografia, Uberlândia - MG, v. 25, n. 102, p. 349-367.
- GANDINI, M. L. T. (2016). “*Análise estatística dos efeitos das mudanças climáticas em uma bacia hidrográfica.*” 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos - SP.
- GANDINI, M. L. T.; QUEIROZ, P. I. B. (2024). “*Compilation of methodology for the application of the Kolmogorov-Smirnov test and calculation of the p-value without the use of tables*” in Proceedings of 9th International Symposium on Integrated Water Resources Management (IWRM) | 14th International Workshop on Statistical Hydrology (STAHY) | I EBHE - Encontro Brasileiro de Hidrologia Estatística, Florianópolis-SC, Nov. 2024. Disponível em: <<https://anais.abrhydro.org.br/jobs.php?Event=240>>. Acesso em 17 de julho de 2026.
- IPCC (2014). “*Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]*”. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. de O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. de M. (2006). “*Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos.*” Curitiba - PR, 2ª ed. Ed. Organic Trading, 109 p.
- MARTINS, D.; KRUK, N. S.; MAGNI, N. L. G.; QUEIROZ, P. I. B. (2017). “*Comparação de duas metodologias de obtenção da equação de chuvas intensas para a cidade de Caraguatatuba (SP)*”. Revista DAE, v. 65, set. a dez. 2017, n. 207, p.34-49. DOI:10.4322/dae.2016.033
- MENDOZA, P. A.; MIZUKAMI, N.; IKEDA, K.; CLARK, M. P.; GUTMANN, E. D.; ARNOLD, J. R.; BREKKE, L. D.; RAJAGOPALAN, B. (2016). “*Effects of different regional climate model resolution and forcing scales on projected hydrologic changes.*” Journal of Hydrology, v. 541, p. 1003-1019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.010>.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. A. (2007). “*Hidrologia Estatística.*” CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte - MG, 561 p.
- WILBY, R. L.; WIGLEY, T. M. L.; CONWAY, D.; JONES, P. D.; HEWITSON, B. C.; MAIN, J.; WILKS, D. S. (1998). “*Statistical downscaling of general circulation model output: a comparison of methods.*” Water Resources Research, Washington, v. 34, n. 11, p. 2995-3008.