

COMPARAÇÃO DAS RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA OBTIDAS POR MEIO DE DADOS INTERPOLADOS E A PARTIR DE DADOS OBSERVADOS DE PRECIPITAÇÃO

Emanuele Baifus Manke^{1}; Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra²; Rita de Cássia Fraga Damé²; Viviane Rodrigues Dorneles³; Letícia Burket Mélló¹; Pamela Bilhafan Disconzi¹; Roberta Machado Karsburg¹; Patrick Morais Veber⁴; Gustavo Bubolz Klumb⁴; Suélen Cristiane Riemer da Silveira¹, Luis Carlos Nunes Weymar Junior¹, Margareth Andrade dos Reis Tavares¹*

Resumo – No dimensionamento de obras hidráulicas é necessário o conhecimento das relações Intensidade-Duração-Frequência, que muitas vezes são afetadas pela carência de séries de dados de longos períodos. Nesse sentido, os objetivos do presente trabalho foram: a) avaliar estatisticamente as séries de dados diários de precipitação interpoladas pelo método do inverso da distância ponderada, em relação aos dados observados do município de Santa Vitória do Palmar/RS; b) desagregar os dados diários interpolados por meio do Método das Relações, nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 min, para períodos de retorno de 2, 10, 15, 25, 50 e 100 anos c) gerar equações de Intensidade-Duração-Frequência para cada ponto interpolado; d) comparar as curvas de Intensidade-Duração-Frequência dos pontos interpolados com a equação desenvolvida a partir de dados observados. Os resultados mostraram que os dados interpolados avaliados superestimam a precipitação em relação aos dados observados. As curvas de Intensidade-Duração-Frequência apresentaram menores valores de coeficientes ajustados, comparativamente a equação existente na literatura. Os valores de intensidade máxima de precipitação estimados para os pontos interpolados de Santa Vitória do Palmar são inferiores aos obtidos pela equação obtida mediante dados observados.

Palavras-Chave – desagregação da chuva diária, intensidade máxima de precipitação

COMPARATION OF RELATION OF INTENSITY-DURATION-FREQUENCY GOT BY MEANS OF INTERPOLATED DATA AND COMPARED WITH OBSERVED DATA OF PRECIPITATION

Abstract – In design of surface drainage works is necessary the knowledge of the relations Intensity-Duration-Frequency, which are affected by lack of data series of long periods. In this sense, the objectives this paper was: a) to evaluate statistically precipitation daily interpolated data series by method inverse distance weighting in relation to observed data of the count Santa Vitória do Palmar/RS b) disaggregation the daily interpolated data by means Method of Relations in durations of 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 min for return periods of 2, 10, 15, 25, 50 and 100 years c) to generate equations of Intensity-Duration-Frequency for each interpolated point d) to compare the curves of Intensity-Duration-Frequency of interpolated points with the equation developed by means of observed data. The results showed interpolated data overestimate the precipitation in relation to observed data.

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água- UFPel: manumanke@gmail.com, leticia-burkert@hotmail.com, pamelabilhafan@gmail.com, robertakarsburg@gmail.com, silveira.suelen@gmail.com, lweymarjr@gmail.com, margatav@yahoo.com.br

² Docente do Centro de Engenharias - UFPel: cfteixeira@ig.com.br, ritah2o@hotmail.com

³ Discente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos - UFPel: vivianerdorneles@gmail.com

⁴ Discente do Curso de Engenharia Agrícola, Centro de Engenharias-UFPel: patrick.veber@hotmail.com, gustavo19klumb@hotmail.com

The curves of Intensity-Duration-Frequency presented values of coefficients smaller than equation existing in literature. The values of maximum intensity of estimated precipitation of the interpolated points of Santa Vitória do Palmar are lower than to obtained by equation whit observed data.

Keywords – desagregation of daily precipitation, precipitation maximum intensity

INTRODUÇÃO

No dimensionamento de obras de drenagem superficial é necessário conhecer as relações envolvendo a Intensidade-Duração-Frequência (IDF) da chuva, a ser utilizada no projeto, as quais são obtidas por meio de análises estatísticas de longas séries de dados observados (Back *et al.*, 2012). No entanto, mesmo reconhecendo-se a importância deste tipo de observação, e apesar dos avanços tecnológicos das medições meteorológicas nas últimas décadas, ainda há uma carência de séries de dados de longos períodos. Na busca de superar essas dificuldades, alguns estudos têm sido realizados visando-se obter metodologias para gerar longas séries de dados, que atendam, de forma satisfatória, esta ausência de observações de variáveis meteorológicas (Pinto *et al.*, 2009).

Saldanha *et al.* (2014) também destacam a necessidade de buscar metodologias para preencher essas lacunas, que busquem verificar a confiabilidade de fontes alternativas de dados em relação aos observados. Além disso, ainda existem técnicas, como a desagregação de chuva diária, que tem como objetivo converter os dados diários de precipitação, em dados com escalas sub-horárias (Derakhshan e Talebbeydokhti, 2011).

No Brasil, desenvolveram-se, alguns métodos com vista à obtenção de chuvas de menor duração, a partir de registros pluviométricos, empregando coeficientes para transformar uma chuva de 24 h, em chuvas de menor duração (Oliveira *et al.*, 2008). Silveira (2000) estabeleceu uma equação empírica utilizando com boa precisão coeficientes médios de desagregação da chuva máxima de 24 horas, fornecidos pelo Método das Relações, proposto por DAEE/CETESB (1979). De acordo com o autor esta equação gera coeficientes de desagregação com boa precisão para o estado do Rio Grande do Sul. Além disso, Damé *et al.* (2008) analisaram algumas metodologias de desagregação e verificaram que o método que melhor representou a amostra de dados de intensidades máximas de precipitação, para a localidade de Pelotas/RS, nos períodos de retorno de 2 e 10 anos, foi o Método das Relações (CETESB, 1979).

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar estatisticamente as séries de dados diários de precipitação, interpoladas pelo método do inverso da distância ponderada obtidas por Xavier *et al.* (2016), em relação aos dados observados do município de Santa Vitória do Palmar/RS; b) desagregar os dados interpolados por meio do Método das Relações (CETESB, 1979); c) gerar equações de Intensidade-Duração-Frequência para cada ponto interpolado da localidade, e; d) comparar as curvas de Intensidade-Duração-Frequência dos pontos interpolados com a equação desenvolvida por meio de dados observados proposta por Denardin e Freitas (1982).

METODOLOGIA

Foram utilizadas cinco séries interpoladas de dados diários de precipitação do município de Santa Vitória do Palmar/RS, obtidas por meio da base de dados *Brazil Gridded Meteorological Data from 1980-2013*, as quais foram geradas por Xavier *et al.* (2016). Os

autores utilizaram o método de interpolação do inverso da distância ponderada, a partir de uma grade com resolução espacial de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$, em todo território nacional (<https://utexas.app.box.com/v/xavier-et-al-ijoc-data>).

Os valores diários de precipitação interpolados do período de 2007 a 2013 foram comparados estatisticamente com a série de dados da estação de monitoramento do Instituto Nacional Meteorologia (INMET), localizada no município de Santa Vitória do Palmar, por meio dos coeficientes de correlação e do viés. A localização dos cinco pontos interpolados analisados (P1, P2, P3, P4 e P5) e da estação de monitoramento do INMET podem ser visualizadas na Figura 1.

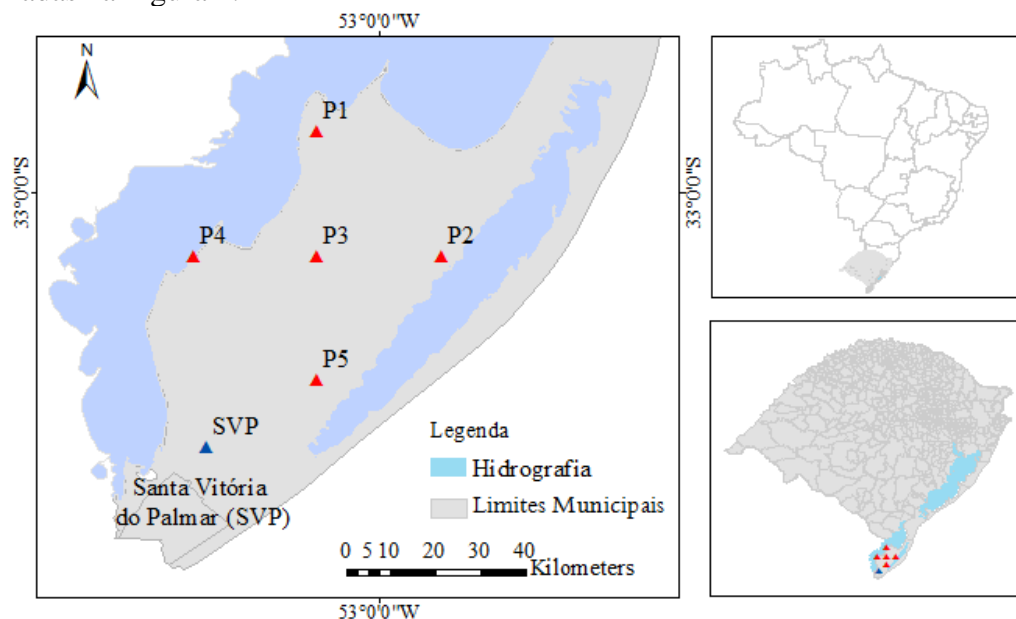


Figura 1 – Localização dos cinco pontos interpolados (P1, P2, P3, P4 e P5) e da estação de monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia do município de Santa Vitória do Palmar/RS.

Para a geração das relações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) foram utilizados dados diários de precipitação de 1980 a 2013, compondo as séries de precipitação máxima diária anual dos cinco pontos interpolados. Nestas séries foram realizadas as análises de independência, por meio da função de autocorrelação e também a estacionariedade, aplicando-se o teste não paramétrico de Mann-Kendall.

A precipitação máxima diária anual foi desagregada nas durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360, 720 e 1440 min, por meio da equação empírica proposta por Silveira (2000), conforme a Equação 1:

$$P_t = 1,1 \cdot \exp \frac{1,5 \cdot \ln(\ln(t \cdot 60))}{7,3} \cdot P_{\text{dia}} \quad (1)$$

Onde P_t é a chuva máxima com t horas de duração em (mm) e P_{dia} é a chuva máxima com um dia de duração (mm). Os valores de intensidades máximas diárias anuais (mm h^{-1}), para cada uma das durações foram obtidas a partir da relação entre as alturas de lâminas precipitadas desagregadas (mm) e as respectivas durações (h). Desta forma, foram constituídas as cinco séries de intensidades máximas de precipitação, associadas a diferentes durações pré-estabelecidas.

Visando-se obter as precipitações máximas possíveis de serem igualadas ou superadas a cada 2, 10, 15, 25, 50 e 100 anos, foi utilizada a distribuição de Gumbel, cujos parâmetros foram estimados pelo método dos Momentos-L. A aderência das séries de intensidades máximas anuais à distribuição de Gumbel foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de significância.

Os valores obtidos de chuvas máximas para diferentes durações e tempos de retorno foram utilizados na estimativa dos parâmetros, K, a, b e c da relação IDF, os quais foram ajustados utilizando-se a função objetivo da Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE).

Os resultados obtidos das relações IDF's para cada um dos pontos foram comparados com os valores dos coeficientes de Denardin e Freitas (1982), para o município em estudo, conforme Equação 2:

$$I_{\text{máx}} = \frac{1036,5 \cdot T^{0,28}}{(t + 22,8)^{0,77}} \quad (2)$$

Onde o $I_{\text{máx}}$ é a intensidade de precipitação (mm h^{-1}), T é tempo de retorno (anos) e t é o tempo de duração da chuva (min). Os valores de intensidades máximas foram estimados pela equação proposta por Denardin e Freitas (1982) e também por meio das cinco equações IDF's desenvolvidas para cada um dos pontos interpolados, cujos resultados foram comparados estatisticamente por meio do RMSE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é possível visualizar a localização dos pontos interpolados por Xavier *et al.* (2016), no município de Santa Vitória do Palmar/RS, juntamente com os respectivos valores estatísticos do coeficiente de correlação (r) e viés (V), para o período de 2007 a 2013, os quais são resultantes da comparação com os dados pontuais de precipitação provenientes da Estação do INMET.

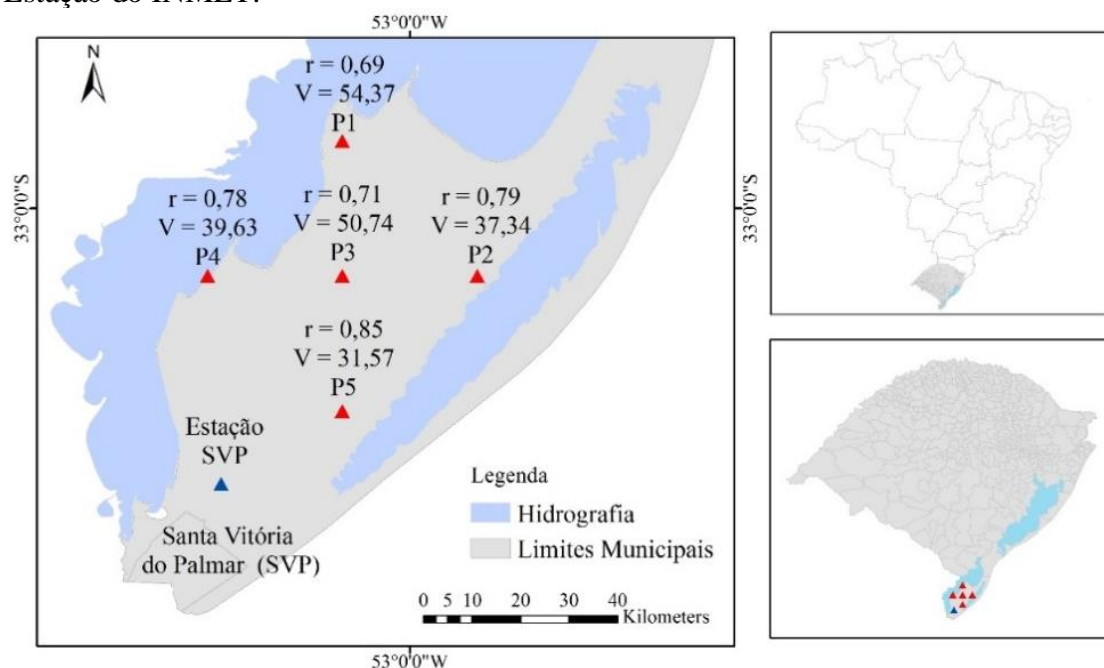


Figura 2 – Localização da estação do INMET e dos cinco pontos interpolados (P1, P2, P3, P4 e P5), juntamente com os respectivos valores de coeficiente de correlação (r) e de viés (V).

Os resultados do coeficiente de correlação (r) dos pontos interpolados em relação aos dados observados da estação, variaram de 0,69 a 0,85, sendo que a maioria dos pontos apresentou valores de r inferiores a 0,85, possivelmente associados a distância entre os pontos interpolados e a própria estação. Melo *et al.* (2015) analisaram este mesmo conjunto de dados na região nordeste do Brasil e verificaram que as correlações foram boas em relação às estações em campo.

Em relação ao fator viés (V), todos os pontos analisados foram maiores do que 31,57, constatando-se que a precipitação diária é superestimada em relação aos dados observados. Saldanha *et al.* (2015), por meio da utilização do mesmo índice, obtiveram como resultado uma superestimação dos dados de precipitação mensal pelo modelo Global Precipitation Climatology Project, quando comparados aos dados observados do estado do Rio Grande do Sul. Observa-se ainda que quanto maior a distância entre os pontos interpolados e a estação, menores foram os valores do r entre os dados e maiores foram os resultados do V .

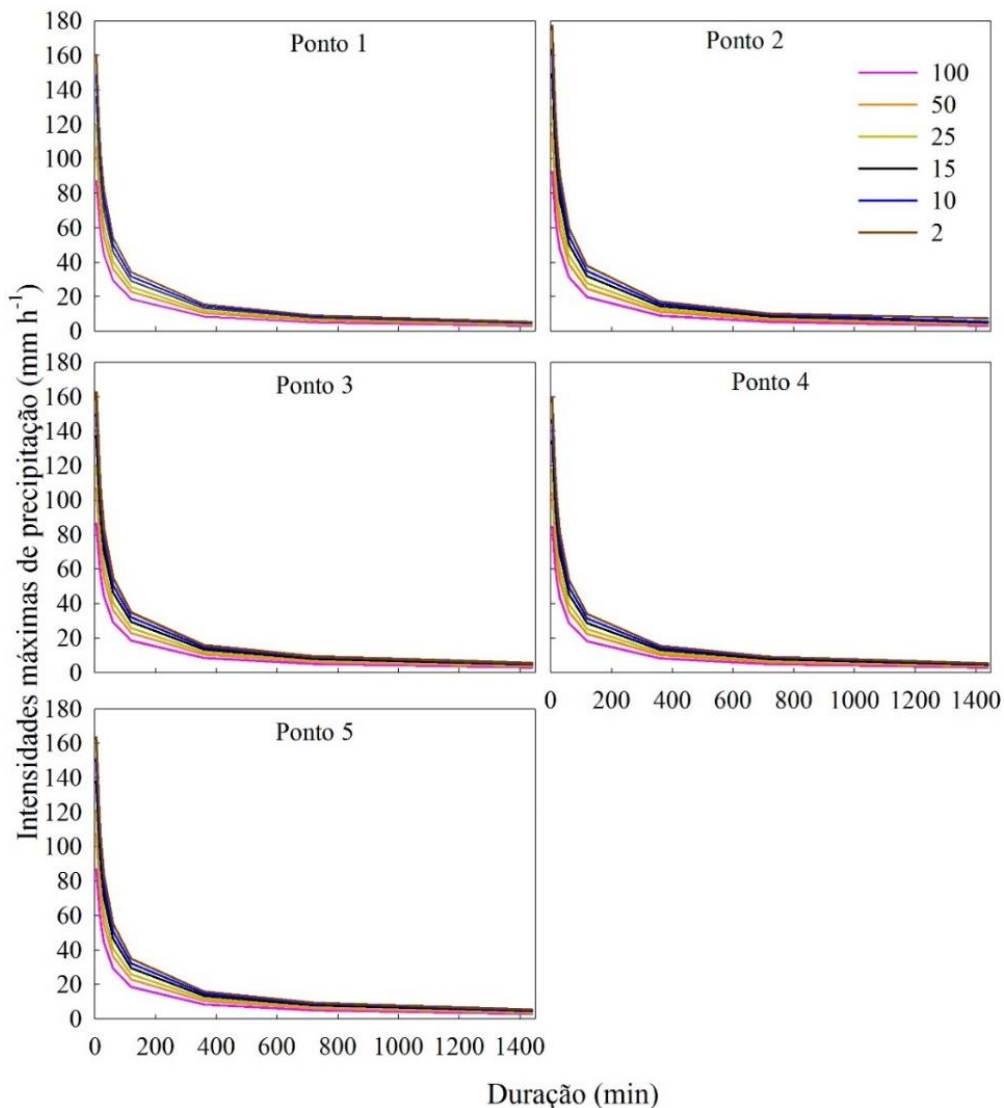


Figura 3 – Intensidades máximas de precipitação estimadas por meio da distribuição Gumbel para os cinco pontos interpolados analisados, para diferentes períodos de retorno e diferentes durações.

A análise estatística das cinco séries de dados interpolados, no período de anos de 1980 a 2013, por meio da função de autocorrelação permitiu verificar que as séries de intensidades máximas são independentes, ao nível de 95% de significância. Além disso, o teste Mann-Kendall demonstrou que todas as cinco séries de dados são estacionárias, ao nível de 95% de significância, ou seja, as séries de dados não apresentam tendência.

A distribuição de Gumbel mostrou-se adequada na estimativa da intensidade de precipitação máxima avaliada pelo teste de Kolmogorov-Sminorv, para um nível de significância de 5% de probabilidade. Oliveira *et al.* (2008) também encontraram um ajuste adequado aos dados de precipitação máxima do estado de Goiás, por meio da distribuição Gumbel, aplicando o teste de Kolmogorov-Sminorv.

Na Figura 3 estão as curvas de intensidade máxima de precipitação para as durações de 5, 10, 15, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 min com períodos de retorno de 2, 10, 15, 25, 50 e 100 anos dos cinco pontos interpolados analisados. Estes valores de intensidade máxima foram utilizados no ajuste das relações Intensidade-Duração-Frequência do município de Santa Vitória do Palmar.

A Figura 4 apresenta os coeficientes ajustados das equações IDF's dos cinco pontos interpolados e a equação obtida por meio de dados observados proposta por Denardin e Freitas (1982), sendo que todas as equações IDF's geradas apresentaram r de 0,999. Verifica-se que as cinco equações ajustadas com os dados interpolados apresentaram coeficientes ajustados das IDF's inferiores em relação à obtida por Denardin e Freitas (1982). A equação de Denardin e Freitas (1982) foi desenvolvida com um período de dados de 18 anos anteriores a 1982 e com períodos de retorno de 2, 5, 10 e 15 anos, o que pode ter influenciado nas diferenças entre os valores dos coeficientes das equações ajustadas.

Além disso, pode-se verificar que quanto mais distantes os pontos em relação à estação de SVP, menores são os valores dos parâmetros ajustados em relação aos da equação de Denardin e Freitas (1982). No entanto, percebe-se que a equação obtida para P1, mesmo localizando-se a uma distância maior do ponto referente a equação obtida com os dados observados, apresentou maiores valores para os parâmetros ajustados, comparativamente a P2. Este resultado, possivelmente, está relacionado ao fato deste ponto estar localizado próximo a uma estação de monitoramento de outro município, sendo esta suposição justificada pelo coeficiente de correlação igual a 0,69 (Figura 2), entre o P1 e a estação.

Na Tabela 1, estão dispostos os resultados da Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE), entre os dados estimados pelas equações geradas para cada um dos cinco pontos interpolados, no município de Santa Vitória do Palmar (Figura 4) e os valores obtidos por meio da equação IDF de Denardin e Freitas (1982). Pode-se verificar que para pequenos tempos de retorno, menor é o valor do RMSE, porém considerando tempos de retorno de 100 anos, o RMSE variou de 47,72 a 52,19%.

Considerando-se o período de retorno de 10 anos, o qual é utilizado para projeção de obras agrícolas, segundo Damé *et al.* (2005), e a duração de 60 min, obteve-se como resultado um valor médio de 40 mm h^{-1} para os pontos interpolados, enquanto para a equação de Denardin e Freitas (1982), resultado foi o valor de 65 mm h^{-1} . Quando a verificação é feita para uma duração de 5 min, com tempo de retorno de 100 anos, as equações geradas para cada um dos cinco pontos apresentaram valores próximos de 170 mm h^{-1} , enquanto para a equação proposta por Denardin e Freitas (1982), a intensidade máxima de precipitação foi de $290,84 \text{ mm h}^{-1}$. Desta forma, constatou-se que apesar dos dados interpolados apresentarem uma superestimativa em relação aos dados observados, como foi verificado na Tabela 1, os valores de intensidades máximas de precipitação estimadas são inferiores aos obtidos quando aplicada a equação de Denardin e Freitas (1982).

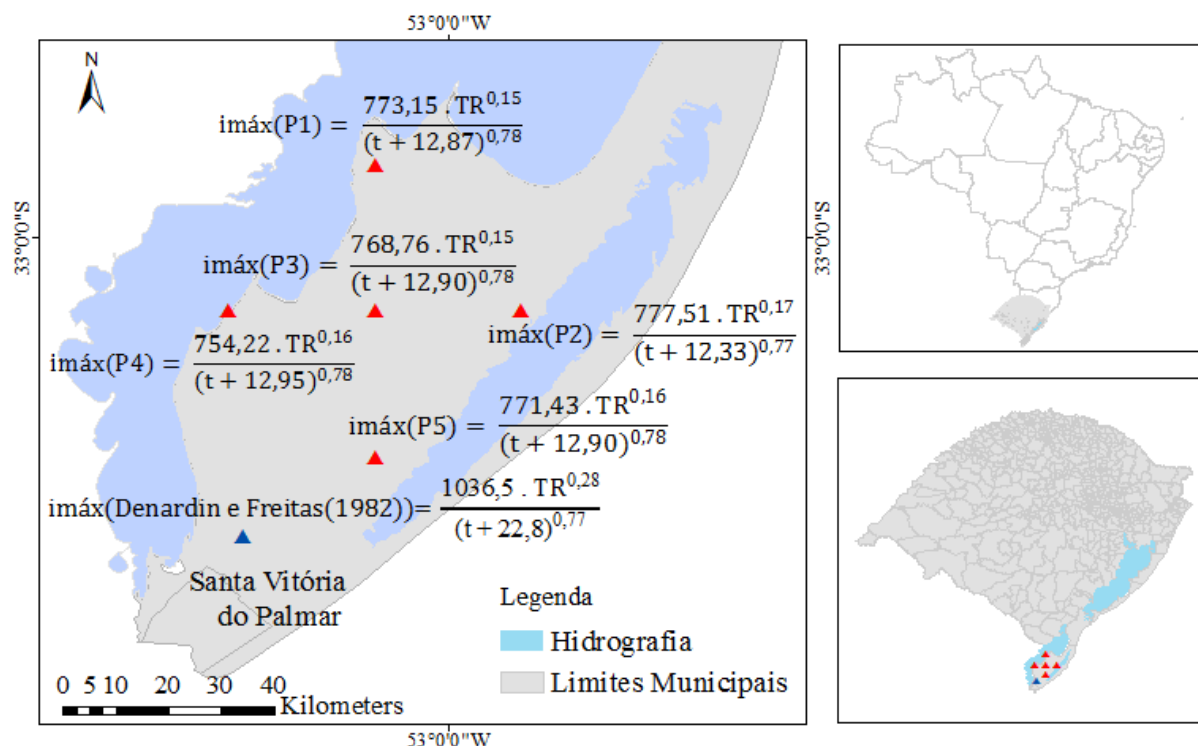


Figura 4 – Equações de intensidade máxima de precipitação ajustadas para os pontos interpolados do município de Santa Vitória do Palmar e equação obtida por meio de dados observados proposta por Denardin e Freitas (1982).

Tabela 1 – Valores da Raiz do Erro Médio Quadrático entre as instensidades máximas de precipitação dos cinco pontos interpolados de Santa Vitória do Palmar e os valores obtidos pela equação de Denardin e Freitas (1982).

TR (anos)	Raiz do Erro Médio Quadrático (%)				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
2	24,72	20,32	24,92	26,37	24,62
5	32,24	27,39	32,28	33,66	31,97
10	32,00	27,23	31,99	33,35	31,69
25	43,22	38,23	42,83	43,95	42,55
50	48,92	43,51	48,36	49,48	48,07
100	53,15	47,72	52,47	53,51	52,19

CONCLUSÕES

Os dados interpolados apresentam uma maior correlação com os dados observados quando localizados próximos a estação de monitoramento de Santa Vitória do Palmar/RS. Além disso, os mesmos superestimam a precipitação em relação aos dados observados.

As curvas de intensidade-duração-frequência apresentaram menores valores de coeficientes ajustados, em relação a equação existente na literatura, a qual foi desenvolvida por meio de dados observados.

Os valores de intensidades máximas de precipitação estimados para Santa Vitória do Palmar são inferiores aos obtidos quando aplicada a equação de Denardin e Freitas (1982), mesmo que estes tenham resultado em uma superestimativa da precipitação, em relação aos dados observados.

REFERÊNCIAS

- BACK, Á. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HENN, A. (2012). Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.4, p.391–398.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (1979). “Drenagem Urbana”: manual de projeto. São Paulo. 476 p.
- DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; MOURA, C.; MACHADO, R.; BESKOW, S. (2005). Análise do impacto de um evento de precipitação ocorrido na cidade de Pelotas/RS. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, Alta Floresta, v.3, p.15-25.
- DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. (2008) Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas-RS. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*, v.28, n.2, p.245-255.
- DERAKHSHAN, H.; TALEBBEYDOKHTI, N. (2011). Rainfall disaggregation in non-recording gauge stations using space-time information system. *Scientia Iranica*, v. 18, n. 5, p. 995–1001.
- DENARDIN, J. E.; FREITAS, P. L. (1982). Características fundamentais da chuva no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.17, n.10, p.1409-1416.
- OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C. A.; FIOREZE, A. P.; SILVA, M. A. S. (2008) Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.6, p. 630-625.
- MELO, D. C. D.; XAVIER, A. C.; BIANCHI, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; SCANLON, B. R.; LUCAS, M. C.; WENDLAND, E. (2015). Performance evaluation of rainfall estimates by TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis 3B42V6 and V7 over Brazil, *J. Geophys. Res. Atmos.*, v.120, n.18, p.9426–9436.
- PINTO, L. I. C.; COSTA, M. H.; LIMA, F. Z. de; DINIZ, L. M. F.; SEDIYAMA, G. C.; PRUSKI, F. F. (2009). Comparação de Produtos de precipitação para a América do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.4, p.461–472.
- SALDANHA, C. B.; RADIN, B.; CARDOSO, M. A. G.; RIPPEL, M. L.; FONSECA, L. L. da; RODRIGUEZ, F. (2015). Comparação dos dados de precipitação gerados pelo GPCP vs Observados para o estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.30, n.4, p.415–422.
- SILVEIRA, A. L. L. (2000). Equação para os coeficientes de desagregação de chuva. RBRH - *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v5 n.4, p.143-147.
- XAVIER, A. C.; KINGB, C. W.; SCANLON, B. R. (2016). Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). *International Journal of Climatology*, Wiley Online Library, v.36, p.2644-2659.