

# COMPARAÇÃO DAS RELAÇÕES Z-R PARA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO

Kerollyn Andrzejewski<sup>1</sup>, Leonardo Calvetti<sup>2</sup>

kekerollynoli@gmail.com

<sup>1</sup> Faculdade de Meteorologia (UFPel)

<sup>2</sup> Faculdade de Meteorologia (UFPel)

**Palavras chave:** Relação ZR, precipitação, radar.

## 1) INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios que os meteorologistas enfrentam é identificar os fenômenos meteorológicos de forma direta e com acurácia. Para resolver estes desafios são utilizadas várias formas de análises, métodos estatísticos, conceitos e modelos numéricos na investigação de critérios que possuam o menor erro possível nos padrões atmosféricos (SANTOS, 2014). Um desses desafios é encontrar a melhor relação para a estimativa de precipitação em superfície a partir dos dados de sensores remotos tais como radar e satélite meteorológicos.

Sendo assim, a estimativa quantitativa de precipitação (QPE) é de grande importância para gerar sistemas de alerta de enchentes, deslizamentos de terra e alagamentos, como também, é essencial para sistemas de abastecimento de água, agricultura e pecuária (LEAL, 2017).

No Brasil, a aplicação de relações para estimativa de precipitação cresce conforme aumenta a busca por sistemas de prevenção de desastres naturais. Anteriormente, um pequeno número de metodologias foram aplicadas para a estimativa de chuva por sensoriamento remoto, e apesar dessas técnicas produzirem resultados em tempo real, na literatura é escassa a avaliação dos impactos das estimativas no território nacional (BACELAR e ANGELIS, 2018). Portanto, é conveniente apurar as incertezas das metodologias das relações Z-R, demonstradas pelas especificidades dos sistemas meteorológicos brasileiros.

## 2) METODOLOGIA



Figura 1: Localização geográfica de Canguçu/RS. Fonte: ABREU (2006).

Para este trabalho foram utilizados dados do fator de refletividade do radar meteorológico da Força Aérea Brasileira localizado no município de Canguçu (31° 23' 42" Sul, 52° 40' 32" Oeste) no estado do Rio Grande do Sul (figura 1). Para avaliação das relações Z-R foram utilizados dados de precipitação de 20 pluviômetros do Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais (CEMADEN) dentro do raio de 200 km de distância do radar para os dias 03 de novembro e 16 de novembro de 2021. Os dados de pluviômetros foram aplicados para avaliar a acurácia das relações Z-R com os dados de radar.

As estimativas de precipitação por radar foram feitas a partir de oito relações Z-R diferentes. As relações de Marshall e Palmer (1948) e de Tokay e Short (1996) são frequentemente utilizadas para chuva estratiforme, enquanto que para chuvas convectivas foram utilizadas as relações de Tenório *et al.* (2010) e Steiner e Houze (1993), as relações de chuva mista utilizadas foram de Calheiros (1982) e Tokay e Short (1996), e as relações de Smith *et al.* (1975) e Joss *et al.* (1970) utilizadas são comumente aplicadas para chuvas de tempestades.

A relação Z-R é dada pela equação 1 e os coeficientes para cada uma das diferentes metodologias são apresentados na tabela I.

$$Z = a R^b \quad (1)$$

Onde Z é o fator de refletividade em dBZ medida pelo radar meteorológico, a e b são constantes da relação Z-R descritas na tabela I e R é a precipitação medida pelos pluviômetros em mm/h.

| Autor                 | Ano  | Tipo de chuva | a     | b    |
|-----------------------|------|---------------|-------|------|
| Marshal e Palmer      | 1948 | Estratiforme  | 200   | 1,6  |
| Tokay e Short         | 1996 | Estratiforme  | 367   | 1,3  |
| Tenório <i>et al.</i> | 2010 | Convectiva    | 65,46 | 1,69 |
| Steiner e Houze       | 1993 | Convectiva    | 50    | 1,5  |
| Calheiros             | 1982 | Mista         | 32    | 1,65 |
| Tokay e Short         | 1996 | Mista         | 315   | 1,2  |
| Smith <i>et al.</i>   | 1975 | Tempestades   | 155   | 1,88 |
| Joss <i>et al.</i>    | 1970 | Tempestades   | 500   | 1,5  |

Tabela I - Coeficientes das relações Z-R utilizadas para estimativa de precipitação pelo radar meteorológico.

A avaliação das estimativas de precipitação foi feita utilizando o erro quadrático médio (equação 2) que é empregado para avaliar a acurácia das estimativas, o erro de viés (equação 3) para indicar se houve uma superestimativa ou subestimativa e a correlação de Pearson (equação 4) que mostra a correlação linear entre as variáveis.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_e - P_o)^2 \quad (2)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_e - P_o \quad (3)$$

Onde N é o número de pontos de grade e  $P_e$  e  $P_o$  são a precipitação estimada e a precipitação observada, respectivamente.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Onde x são as variáveis quantitativas independentes e y são as variáveis quantitativas dependentes utilizadas para se obter a correlação.

### 3) RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos das relações Z-R é possível verificar a relação entre a refletividade do radar e a taxa de precipitação estimada, para cada uma das diferentes metodologias aplicadas nos dois dias estudados neste trabalho com fenômenos atmosféricos distintos, como é apresentado na figura 2.

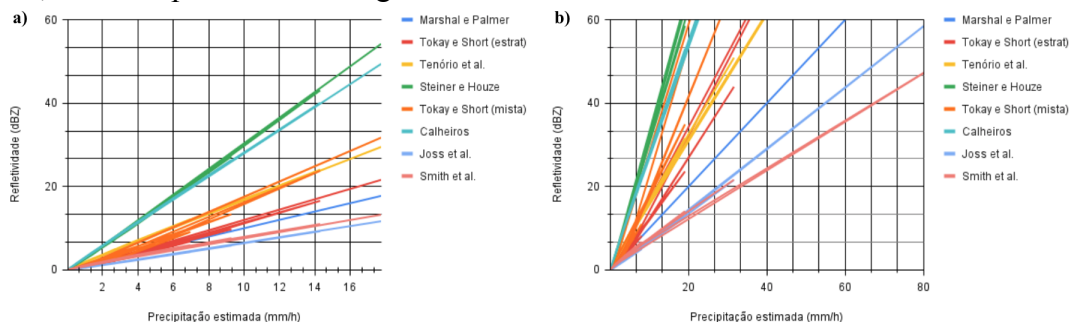


Figura 2 - Relação entre o fator de refletividade e a taxa de precipitação estimada para os dias 03/11/2021 (a) e 16/11/2021 (b).

Nota-se que no dia 03 de novembro de 2021 (figura 2a) as relações para tempestades apresentaram para valores menores de refletividade taxas de precipitação baixas em comparação com as demais relações, enquanto que as relações de Steiner e Houze (chuva convectiva) e de Calheiros (chuva mista) para fatores de refletividade maiores resultaram em taxas de precipitação maiores.

No dia 16 de novembro de 2021 (figura 2b), as relações para tempestades apresentaram valores muito altos da taxa de precipitação para valores igualmente altos de refletividade do radar, a relação de Marshall e Palmer apresentou taxas de precipitação relativamente altas para valores altos de refletividade, enquanto que as demais relações apresentaram valores baixos de precipitação, em comparação com as demais relações, para valores altos do fator de refletividade.

| 03/11/2021                   |                       |              |                       |
|------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
|                              | Erro quadrático medio | Erro de viés | Correlação de Pearson |
| Marshall e Palmer            | 1,5376                | -1,24        | 0,46                  |
| Tokay e Short (estratiforme) | 1,3179                | -1,148       | 0,48                  |
| Tenório et al.               | 1,5067                | 1,2275       | 0,6                   |
| Steiner e Houze              | 25,9845               | 5,0975       | 0,8                   |
| Tokay e Short (mista)        | 0,024                 | 0,155        | 0,57                  |
| Calheiros                    | 24,6164               | 4,9615       | 0,78                  |
| Smith et al.                 | 3,0154                | -1,7365      | 0,41                  |
| Joss et al.                  | 6,26                  | -2,502       | 0,37                  |

Tabela II - Erros para comparação das estimativas de precipitação para o dia 03/11/2021 para cada uma das relações.

Os valores apresentados na tabela II para o erro quadrático médio indica que a relação com maior acurácia neste caso foi a relação para chuva mista de Tokay e Short, enquanto que as relações de Steiner e Houze e Calheiros se mostraram pouco precisas, pois o erro quadrático médio é sensível a grandes erros, por elevar as diferenças individuais ao quadrado. No erro de viés tem-se que quanto mais próximo de 1, melhor é a performance da estimativa, neste caso as relações para chuva estratiforme, a relação de Tenório et al. e de Tokay e Short (chuva mista) demonstraram as melhores performances de estimativa, no entanto as estimativas para chuva estratiforme foram subestimadas e as duas últimas citadas anteriormente foram superestimadas.

A correlação de Pearson indica quanto uma variável está correlacionada a outra, sendo 1 a correlação perfeita, assim nota-se que as relações para chuva estratiforme e para tempestades demonstram baixa correlação, enquanto que as demais demonstraram uma boa correlação com os valores observados de precipitação.

| 16/11/2021                   |                       |              |                       |
|------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
|                              | Erro quadrático medio | Erro de viés | Correlação de Pearson |
| Marshall e Palmer            | 10,16                 | -3,188       | 0,72                  |
| Tokay e Short (estratiforme) | 0,4928                | 0,702        | 0,95                  |
| Tenório et al.               | 3,98                  | 1,995        | 0,89                  |
| Steiner e Houze              | 238,3164              | 15,4375      | 0,78                  |
| Tokay e Short (mista)        | 70,2998               | 8,3845       | 0,77                  |
| Calheiros                    | 132,8832              | 11,5275      | 0,7                   |
| Smith et al.                 | 33,6342               | -5,7995      | 0,56                  |
| Joss et al.                  | 34,076                | -5,8375      | 0,61                  |

Tabela III - Erros para comparação das estimativas de precipitação para o dia 16/11/2021 para cada uma das relações.

A tabela III mostra os mesmos erros calculados para as relações do dia 16 de novembro de 2021, onde tem-se valores de erro quadrático médio maiores, neste caso a estimativa com maior acurácia foi de Tokay e Short para chuva estratiforme. O erro de viés indica neste dia que a estimativa com melhor performance foi novamente de Tokay e Short para chuva estratiforme e a estimativa com pior performance foi a de Steiner e Houze. Na tabela III as relações apresentaram uma boa correlação com as precipitações observadas, sendo que a relação de Tokay e Short para chuva estratiforme, apresentou a correlação mais próxima de 1.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, R.L.**, 2006 Localização de Canguçu no Rio Grande do Sul. Wikimedia Commons. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Locator\\_map\\_of\\_Canguçu\\_in\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Sul.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Locator_map_of_Canguçu_in_Rio_Grande_do_Sul.svg). Acesso em: 20 de jun. de 2022.
- BACELAR, L.C.S.D. e ANGELIS, C.F.**, 2018: Avaliação da chuva prevista em curto prazo por radar meteorológico. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas, 40, 42.
- LEAL, D.C.**, 2017: Radar meteorológico e sua importância na previsão de desastres naturais. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 1.
- SANTOS, T.N.**, 2014: Redes neurais artificiais e relação ZR aplicadas à estimativa de chuva. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná.