

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM ÁREA CULTIVADA E AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO POR RADAR METEOROLÓGICO EM PIRACICABA–SP

Thais Leticia dos Santos¹, Thiago Souza Biscaro², Felipe Gustavo Pilau³

¹Metrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP

²Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, DSA/INPE

³Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP

Resumo

O entendimento da variabilidade da chuva e sua relação com a variabilidade da produtividade é essencial ao acompanhamento das safras. No entanto, as medições de chuva com pluviômetros não representam o total pluviométrico de uma região. Sendo assim, a estimativa de precipitação por radar meteorológico é uma alternativa interessante para a agricultura, uma vez que as amostras são feitas com alta resolução espaço-temporal e em tempo real. Esse estudo buscou realizar uma análise preliminar da variabilidade da chuva em uma área cultivada de 36 ha, utilizando uma malha de 9 pluviômetros. As informações pontuais de chuva foram comparadas com estimativas de precipitação por Radar Meteorológico. As estimativas foram feitas utilizando duas relações: Z-R e Z-KDP-R. A base do estudo é um radar de dupla polarização (Banda X), instalado em Campinas pelo projeto SOS CHUVA. A precipitação na região considerada não apresentou grande variabilidade espacial na integração ao longo de um dia. Apenas quando comparada com um pluviômetro a 2060 m de distância da malha, a variabilidade foi significativa. A estimativa de precipitação por radar apresentou boa correlação para as duas relações consideradas, mas no geral o radar subestima a precipitação, principalmente para chuvas acima de 10mm.

Palavras-chave: precipitação; radar meteorológico; agricultura.

Abstract

The understanding of rainfall variability and its relationship with productivity variability is essential to monitoring crop yields. However, rainfall measurements with rain gauges do not represent the total rainfall of a region. Therefore, the estimation of precipitation by meteorological radar is an interesting alternative for agriculture, since the samples are made with high spatio-temporal resolution and in real time. This study sought to carry out a preliminary analysis of the rainfall variability in a cultivated area of 36 ha, using a mesh of 9 rain gauges. Meteorological Radar compared punctual rainfall information to estimates of precipitation. Estimates were made using two ratios: Z-R and Z-KDP-R. The base of the study is a double-polarized radar (X-Band), installed in Campinas by the SOS CHUVA project. The precipitation in the region considered did not present great spatial variability in the integration during the day. Only when compared to a rain gauge at a distance of 2060 m from the mesh, variability was significant. The estimated radar precipitation showed good correlation for the two relations considered, but in general, the radar underestimates the precipitation, especially for rains above 10 mm.

Keywords: precipitation; meteorological radar; agriculture.

1. Introdução

A agricultura é uma das atividades econômicas mais dependente e influenciada pelas condições meteorológicas. A precipitação pluvial, em específico, tem forte relação com a produtividade agrícola no Brasil (BERLATO et al., 2005; SILVA et al., 2006; BRAIDO & TOMMASELLI, 2010), principalmente em culturas de sequeiro. Sendo assim, entender a variabilidade da chuva em uma região e estabelecer ferramentas que permitam quantificar essa chuva, é fundamental ao acompanhamento e previsão de safras agrícolas.

Em geral, a distribuição da chuva depende da topografia e do tipo de sistema precipitante. Melaart (1999) encontrou importantes diferenças na variabilidade espacial das chuvas para distâncias relativamente pequenas (1 km) e concluíram que a variabilidade muda conforme o ano e a região.

Convencionalmente, as medições pontuais de precipitação são feitas com pluviômetros e pluviógrafos, e através de radares e satélites meteorológicos para medições espaciais. Contudo, as medições pontuais podem apresentar a desvantagem de não representarem o total pluviométrico de uma região, uma vez que amostram pontos isolados de chuva. Portanto, a aplicação de estimativa remota de precipitação, como a tecnologia de radar meteorológico, é uma ferramenta importante, uma vez que as amostras são feitas com alta resolução espaço-temporal e em tempo real (PESSOA, 2000).

A estimativa de precipitação do radar é obtida através de uma relação entre a taxa de precipitação R (mm h^{-1}) e o fator de refletividade do radar Z ($\text{mm}^6 \text{m}^{-3}$). Para estimar a taxa de precipitação a partir da refletividade precisam ser construídas relações empíricas, essas relações são da forma:

$$Z = aR^b \quad (1)$$

em que a e b são coeficientes que dependem, fundamentalmente, do tamanho e distribuição do espectro de gotas nas nuvens. Além da estimativa de precipitação, utilizando apenas a refletividade horizontal, com radares de dupla polarização é possível estimar a precipitação também utilizando o KDP (Fase Diferencial Específica), a qual se baseia na diferença de fase entre as ondas eletromagnéticas nas polarizações horizontal e vertical.

As medições de refletividade dos radares com dupla polarização permitem uma estimativa de precipitação com maior acurácia, pois conseguem medir variáveis diferenciais para examinar as questões microfísicas como tamanho e distribuição de gotas na atmosfera (SAUVAGEOT, 1992).

O Objetivo desse estudo, portanto, é avaliar de forma preliminar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial e em seguida comparar a precipitação observada com estimativa de precipitação por radar meteorológico. Para tanto, a estimativa de precipitação pelo radar será obtida pelas relações Z-R e Z-KDP-R.

2. Materiais e Métodos

A área de coleta dos dados pluviométricos consiste no sítio experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. Nesta área estão instalados nove pluviômetros (P1 ao P9) do tipo "tipping bucket", distribuídos quadricularmente, formando uma grade de amostragem de 200m x 200m, com área total de 360.000 m^2 . Além disso, utilizou-se dois pluviômetros a mais para avaliação: um distante a 538,96 metros de P1, localizado em uma plantação de soja ("P SOJA") e outro distante de 2060 metros do P1, localizado no Posto Meteorológico "Professor Jesus Marden dos Santos" ("P POSTO").

Para a análise da variabilidade espacial dos dados pluviométricos, adotou-se o pluviômetro P1 como referência, que se encontra na extremidade do grid. Foram feitas correlações de cada pluviômetro com o P1 e com as respectivas distâncias entre eles.

As estimativas de precipitação por radar foram disponibilizadas pelo Projeto SOS CHUVA. A base é um Radar Banda X de dupla polarização da "Selex ES" operando em uma área do campus da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), sob a responsabilidade do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri/Unicamp), Campinas - SP. As características gerais do radar são:

- Radar Doppler de dupla polarização.
- Frequência de operação de 9300 – 9500 MHz (Banda X).
- Resolução de 200m.

A distância entre a malha de pluviômetros (latitude: 22°41'24,9" S e longitude: 47°38' 32,7" W) e o radar meteorológico (latitude: 22°48'56" S, longitude: 47°03'28" W) é de aproximadamente 65km.

As estimativas de precipitação por radar foram geradas a partir das relações propostas por Park et al. (2004), que utilizam uma combinação Z-KDP-R para radares de banda X, considerando a seguinte equação (2):

$$R = 19,63 |K_{dp}|^{0,823} \quad (2)$$

onde, R é a taxa de chuva do radar (em mm h⁻¹) e Kdp é a fase diferencial específica (graus km⁻¹), e pela relação Z-R (Marshall e Palmer, 1948), conforme equação 3:

$$Z = 200 R^{1,6} \quad (3)$$

onde, Z é o valor linear: dBZ = 10 Log (Z).

A partir do conjunto de dados gerados pelo radar meteorológico e malha pluviométrica, o período considerado para análise da variabilidade espacial da precipitação foi o mês de janeiro de 2017. Para a validação da estimativa de precipitação do radar escolheu-se o mês de maio de 2017. As escolhas basearam-se na menor quantidade de falha de dados tanto na malha de pluviômetros quanto do radar. Além disso, foram retirados das análises os dados dos pluviômetros 6 e 7, por conterem falhas.

A validação da estimativa de precipitação do radar foi realizada por meio de comparações com as medições pluviométricas de superfície (9 pontos), por meio de análise de regressão e dos índices estatísticos: índice BIAS, que indica o viés da estimativa, do coeficiente de correlação de Pearson (r) e da raiz do quadrado médio do erro (RQME).

3. Resultado e Discussão

A distribuição espacial da precipitação na área da malha dos 9 pluviômetros apresentou diferenças de medidas quando integrado para o período diário (Figura 1). Ao observar a amplitude máxima entre os pluviômetros da malha nota-se que, em alguns eventos de precipitação, a diferença chegou aos 9,0 mm, mostrando que mesmo em uma área de apenas 360.000 m² existe variabilidade, podendo ocasionar diferenças da produtividade agrícola, já que a umidade do solo oscila primariamente em função da reposição natural de água.

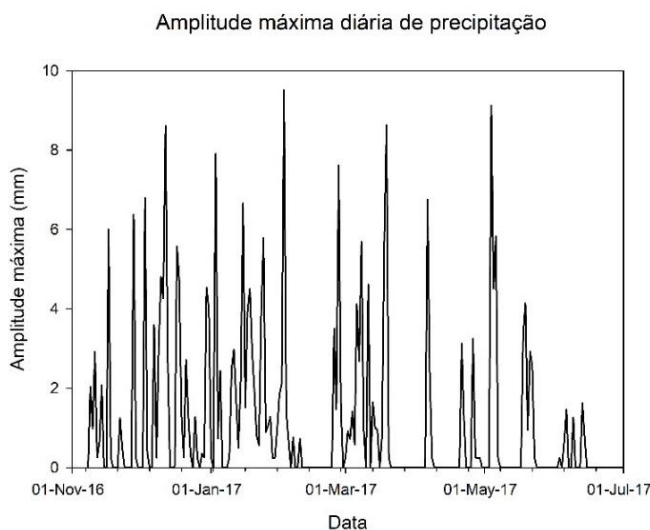


Figura 1 – Amplitude máxima(mm) de precipitação diária entre os 9 pluviômetros da malha.

Ao comparar cada pluviômetro com o pluviômetro de referência (P1) e correlacionar com as respectivas distâncias entre eles, observa-se boa correlação para pluviômetros distantes até 600 m de P1. No entanto, ao comparar com o pluviômetro do Posto meteorológico da ESALQ a correlação diminui, ficando em torno de 0,65 (figura 2).

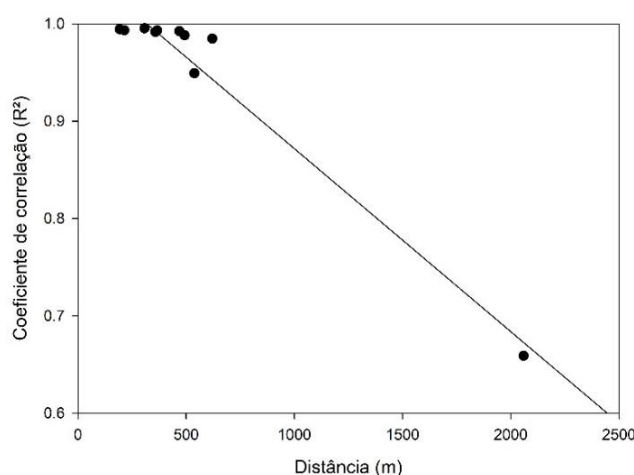


Figura 2- Correlação entre cada pluviômetro da malha, o pluviômetro da soja e o pluviômetro do posto com o de referência (P1) em comparação com suas respectivas distâncias.

A análise da estimativa da precipitação pelo radar mostrou que o radar subestimou a precipitação em todos os pontos de observação para o mês de maio de 2017. O índice que representa essa subestimativa, o índice BIAS, mostrou-se alto. A raiz quadrada média do erro também apresentou valores altos, indicando que há um erro considerável nas estimativas de precipitação para os dois métodos. Já os resultados da correlação de Pearson entre os dados foi elevada, acima de 0,9, mostrando que a precipitação por radar tem uma boa precisão, mas não é exata na estimativa (Tabela 1). Ressalta-se que a malha de pluviômetros está localizada praticamente na borda da área de abrangência desse radar meteorológico, onde os erros de estimativa são maiores e esperados, e necessitam dessas análises para serem calibrados.

Tabela 1- Estatísticas de comparação com o estimado pelo radar e o observado.

	R Z-R	BIAS Z-R	RQME Z-R	R KDP	BIAS KDP	RQME KDP
P1	0,942	-0,586	9,709	0,913	-0,547	9,459
P2	0,980	-0,681	14,227	0,969	-0,651	13,732
P3	0,979	-0,586	9,577	0,973	-0,561	9,395
P4	0,980	-0,589	9,525	0,972	-0,559	9,238
P5	0,945	-0,580	9,263	0,920	-0,554	9,276
P8	0,977	-0,587	9,625	0,970	-0,559	9,349
P9	0,968	-0,542	7,829	0,964	-0,513	7,577

A simples correlação entre dados medidos e estimados, independente do modelo de conversão utilizado pelo radar (figura 3), reitera os resultados da tabela 1. Mesmo na ausência de chuva, para a área e período analisados, o radar gerou dados errôneos. A tendência linear entre medidas e estimativas indicam a possibilidade de recalibração e melhores resultados para o radar.

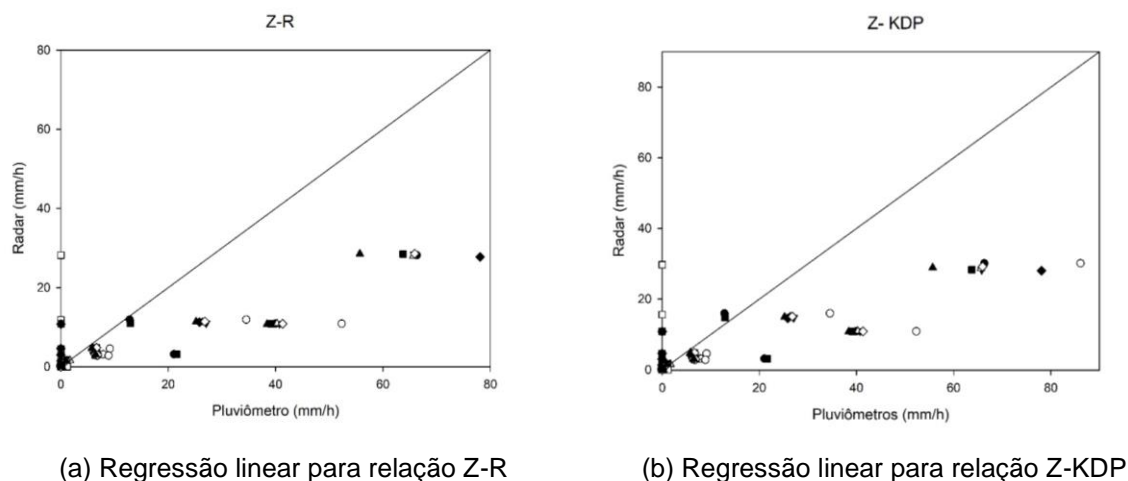


Figura 3 – Análise de regressão entre os pontos de amostragem de chuva observada e a estimativa de chuva por radar para a relação Z-R (figura 3a) e Z- KDP (figura 3b).

4. Conclusão

- A distribuição da chuva não apresenta variabilidade espacial considerável até aproximadamente 600 m de distância. Apenas na comparação com uma distância de 2060 m houve variação.
- A estimativa de precipitação por radar subestimou a precipitação, indicando que é necessário corrigir o viés, alterando os valores dos coeficientes das equações.

Referências Bibliográficas

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.423-432, 2005.

BRAIDO, L. M. H; TOMMASELLI, J. T. G. Caracterização climática e dos anos extremos (chuvoso e seco): seus efeitos na produção de cana-de-açúcar, milho e soja para a região do pontal do Paranapanema–SP. **Revista Formação**, v. 1, n.17, p. 13-34, 2010.

DELAHAYE, F.; KIRSTETTER, P. E.; DUBREUIL, V.; MACHADO, L. A. T.; VILA, D. A.; CLARK, R. A consistent gauge database for daily rainfall analysis over the Legal Brazilian Amazon. **Journal of Hydrology**, v. 527, p. 292–304, 2015.

MARSHALL, J.S.; PALMER, W.McK. The distribution of raindrops with size. **Journal of Meteorology**, Shorter Contributions, v. 5, p. 165-166, 1948.

MELLAART, E.A.R. **Small-scale spatial rain distribution**: the effect of temporal and spatial rain distribution on drought and crop yield at village level. Nelspruit: Institute for Soil, Climate and Water, 1999. 18p.

PARK, S.G., MAKI, M., IWANAMI, K., BRINGI, V.N. Correction of radar reflectivity and differential reflectivity for rain attenuation and estimation of rainfall at X-band wavelength. In: SIXTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HYDROLOGICAL APPLICATIONS OF WEATHER RADAR, 2004, **Anais...** Melbourne: Australian Bureau of Meteorology, 2004.

PESSOA, M. L. **Hidrometeorologia com radar**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2000. 943 p.

SAUVAGEOT, H. **Radar Meteorology**. Artech House Publishers, 1992. 384 p.

SILVA, D. F. SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade pluviométrica e suas influências na produtividade agrícola no município de Ourinhos-SP. In: II Semana de Geografia – UNESP, Ourinhos. **Anais...**Ourinhos: UNESP, 2006.