

ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO POR RADAR E SATÉLITE: ANÁLISE DE RELAÇÕES ZR E INTEGRAÇÃO COM REDE DE PLUVIÔMETROS

**LEONARDO CALVETTI¹, CESAR BENETI¹, RÉVERTON LUIS ANTUNES² E
ALEX CONSELVAN DE OLIVEIRA³**

1 Meteorologistas e Doutorandos em Meteorologia – **SIMEPAR** – Sistema Meteorológico do Paraná
e-mail: leonardo@simepar.br

2 Físico – **SIMEPAR** – Sistema Meteorológico do Paraná

3 Engenheiro Ambiental e Mestre em Hidrologia - **SIMEPAR** – Sistema Meteorológico do Paraná

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de
2009 – GrandDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte, MG

RESUMO: Estimativas de precipitação por Radar Meteorológico e Satélite foram analisadas em relação à rede de pluviômetros na bacia do Rio Iguaçu (Paraná). As estimativas por radar foram obtidas de três relações chuva – refletividade (relação ZR), representando três condições meteorológicas diferentes: chuva convectiva, chuva orográfica e estratiforme (relação de Marshall-Palmer). As estimativas por satélite foram obtidas pela técnica CMORPH, o qual é gerado pela combinação de imagens de satélites de órbita polar e geostacionária. As comparações foram realizadas para diferentes regiões do Paraná representando microclimas e circulações atmosféricas locais. As relações ZR para chuvas convectivas e de Marshall-Palmer produziram resultados similares com boa destreza para todas as categorias de chuva. A relação orográfica produziu valores muito elevados (superestimados) de precipitação e não se mostrou viável para estimativas em bacias hidrográficas. Estimativas para a região litorânea e de encosta possuem baixo índice de detecção em função da formação de nuvens mais baixas que as continentais e com maior eficiência de precipitação. Conhecendo estas características e corrigindo os desvios sistemáticos é possível obter melhores estimativas de precipitação integrando-se estimativas por radar e satélite à rede de pluviômetro para bacias hidrográficas.

Palavras – chave: Estimativas de Precipitação, Radar, Satélite

PRECIPITATION ESTIMATES THROUGH RADAR AND SATELLITE: ANALYSIS OF ZR RELATIONSHIP AND INTEGRATION WITH RAINGAUGES NETWORK

ABSTRACT – Precipitation estimates through Radar and Satellite data have been compared with raingauge network over the Iguaçu river basin in the Paraná State, Brazil. Three ZR relationships were used for three different weather conditions: convective, orographic and stratiform (Marshall-Palmer relationship). The satellite estimates were produced from CMORPH techniques which uses the morphing between data from geostationary and polar orbit satellites. To distinguish the different weather and local atmospheric circulations over Paraná State, were used data from different areas: coast, mountain and continental areas. The Marshall-Palmer and convective relationship produce very good results for all categories of precipitation. The orographic relationship generated high precipitation values and overestimates all categories of precipitation becoming impracticable for hydrometeorological purposes. For coast regions the detection index was lowest than continental estimates because the clouds have bases lower than over continent and the efficiency of precipitation is higher in clouds with maritime wet content. Knowing these characteristics and removing the bias of the

estimates, it is possible to integrate the information from radar and satellite to raingauge network to produce better precipitation estimates for hydrological catchments.

Keywords: Estimates of precipitation, Radar and Satellite.

INTRODUÇÃO: As estimativas de precipitação por radar e satélite são alternativas interessantes para a agricultura devido a grande cobertura espacial possibilitando medições em áreas em que não é viável a instalação de redes densas de pluviômetros. Estimativas por satélite possuem alta resolução espacial (4 km x 4 km), porém baixa resolução temporal. Os satélites geoestacionários, ou seja, que acompanham a rotação da Terra, efetuam imageamentos a cada 15 ou 30 minutos. Embora as estimativas de precipitação por satélites de órbita polar possuem melhor destreza em relação aos geoestacionários, o intervalo entre as passagens é, para a América do Sul, aproximadamente de 3h, o que pode inviabilizar o uso para pequenas áreas de cultivo (Pscheidt et al., 2008). Estimativas por radar possuem alta resolução temporal (7 minutos) e espacial (2 km x 2 km) e uma cobertura de um círculo com raio de até 200 km. Esta resolução permite o uso de informações de radar tanto para áreas de municípios e pequenos estados. Para corrigir os desvios entre as estimativas por radar aplicam-se técnicas de remoção do viés ou de correção do valor de refletividade medido pelo radar meteorológico. A remoção do viés pode ser realizada calculando os desvios sistemáticos climatológicos das estimativas por radar para cada ponto de medição de precipitação e aplicando-se a remoção para os demais pontos (Chumchean et al., 2006) ou utilizando métodos de cálculo em tempo atual a partir dos dados dos últimos dias (Seo e Breidenbach, 2002). Neste trabalho foi realizada a avaliação de estimativas horárias de precipitação radar e satélite para 9 estações meteorológicas no período de 2008 e 2009 no Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS: As estimativas de precipitação por radar foram geradas a partir de três relações ZR diferentes, uma padrão, de Marshall – Palmer, uma para chuvas convectivas e outra para áreas onde a precipitação é gerada devido à circulação atmosférica e o relevo.

$$z = a R^b \quad \text{Eq. 1}$$

onde z é a refletividade em dBZ medida pelo radar meteorológico, R a precipitação em mmh^{-1} , a e b são as constantes da relação ZR, neste caso, as de Marshall-Palmer, $a = 200$ e $b = 1,6$. As relações ZR foram obtidas por experimentos em diversas regiões do mundo e representam diferentes condições de tempo predominante (Sauvageot, 1992). A relação ZR de Marshall-Palmer é a mais tradicional e utilizada em diversos tipos de aplicações. Em geral, esta relação proporciona bons resultados para precipitação de baixa intensidade e também para a maiorias de chuvas estratiforme (com refletividade de até 35 dBZ). A relação para chuvas convectivas possui parâmetros $a = 500$ e $b = 1,5$ e para chuva orográfica $a=31$ e $b = 1,71$. As estimativas de satélite utilizadas neste trabalho foram obtidas do CPC/NOAA (Climate Prediction Center) por meio da técnica CMORPH. Esta técnica utiliza estimativas de precipitação derivadas de sensores de microondas à bordo de satélites de órbita polar (Joyce et AL., 2004). Os satélites (sensores) utilizados são DMSP 13, 14 e 15 (SSM/I), NOAA-15, 16, 17 & 18 (AMSU-B), AMSR-E e TMI à bordo do satélite NASA Aqua e TRMM. Para corrigir efeitos de advecção devido à propagação dos sistemas precipitantes a técnica CMORPH utiliza informações de imagens do canal infravermelho do satélite geoestacionário GOES 12, pois possuem maior resolução temporal (15 minutos). Para a região sul e sudeste do Brasil estima-se que existe uma passagem de satélite de órbita polar a cada 3h.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Os resultados mostram que o uso da relação ZR para chuva orográfica tende a acentuar os valores de precipitação, principalmente para valores acima de 10 mm. Em geral, os valores de refletividade que correspondem à chuva fraca e de média intensidade tornam-se chuvas intensas e os valores aumentam abruptamente conforme aumenta o valor da intensidade. Para todas as estações utilizadas no trabalho, considera-se que a utilização desta relação ZR não é viável. As relações de Marshall-Palmer e Convectiva apresentaram bons resultados para quase todo o tipo de precipitação, exceto para valores extremos (acima de 50 mm/h). Tomando por base um sistema de categorias de precipitação (Calvetti et al., 2006) as estimativas por radar estão inseridas quase sempre na mesma categoria que os valores de precipitação registrados nos pluviômetros. Observa-se ainda que as diferenças entre as estimativas por radar e pluviômetros não são sistemáticas. Valores entre 5 e 15 mm são subestimados e superestimados em praticamente a mesma porcentagem. Porém, as diferenças das superestimativas são maiores que das subestimativas. Estimativas de precipitação por radar e satélite para regiões litorâneas cercadas por áreas montanhosas tem características próprias. Primeiro porque a precipitação nessas regiões é gerada por nuvens formadas pela combinação da circulação marítima com a forçante orográfica. O resultado desta combinação é a formação de nuvens com elevada eficiência de precipitação devido à formação de gotas grandes nos primeiros níveis da atmosfera em função do alto conteúdo de umidade proveniente do mar. A segunda característica é a própria formação orográfica do litoral brasileiro. Nuvens que se formam no litoral possuem base mais baixa que em regiões de serra. O feixe eletromagnético emitido por radar poderá atingir partes mais baixas de nuvens sobre o continente e mais alta sobre o litoral. Nas estimativas por satélite, as mesmas temperaturas de brilho em nuvens continentais representam apenas chuva fraca enquanto que em áreas litorâneas podem ocorrer chuvas fortes (Pscheidt et al., 2008).

Na comparação de diferentes regiões (Figura 1) observa-se a diferença da área litorânea (Figura 1 b e 1d) é muito maior que em regiões de planaltos (Figuras 1a e 1c). As estimativas de radar e satélite para regiões nas áreas de planalto possuem melhor destreza e apresentam-se agrupadas na mesma categoria de chuva ou pelo menos próximas que pluviômetros. As estimativas de radar e satélite para áreas litorâneas (radar Figura 1b e satélite Figura 1d) apresentam baixo índice de detecção em relação aos pluviômetros pelos motivos já descritos. Nas outras regiões, há uma tendência de superestimativa nas estimativas pelo CMORPH (Figura 1c), resultado já encontrado por outros autores (Pscheidt et al., 2008). Em geral, há maior quantidade de eventos de chuva forte (maior que 25 mm/h) não detectados pelas estimativas por satélite. A hipótese para esse índice é da baixa resolução temporal de imagens de satélite de órbita polar.

Com o objetivo de compor uma estimativa para utilização em modelos de balanço hídrico e melhorar as estimativas de precipitação foi utilizada a integração das estimativas pelo método SIPREC (Calvetti et al., 2007). A integração proporciona uma espacialização que não é possível obter pela rede de pluviômetros. Porém, para que o campo de precipitação seja coerente é necessário corrigir as estimativas por radar e satélite e ponderar a influências estas estimativas segundo seus desvios sistemáticos. Na Figura 2 está a interação (Figura 2a) para precipitação acumulada diária no dia 15 de janeiro. Observa-se que as informações de radar e satélite possuem um papel fundamental na distribuição de precipitação em duas áreas distintas e permitem uma visualização mais realística da área de precipitação. Na Figura 3 está um exemplo da precipitação integrada por radar, satélite e pluviômetros para o decêndio de 11 a 20 de janeiro de 2009. Esta informação pode ser utilizada para monitoramento de chuva para manejo e planejamento agrícola.

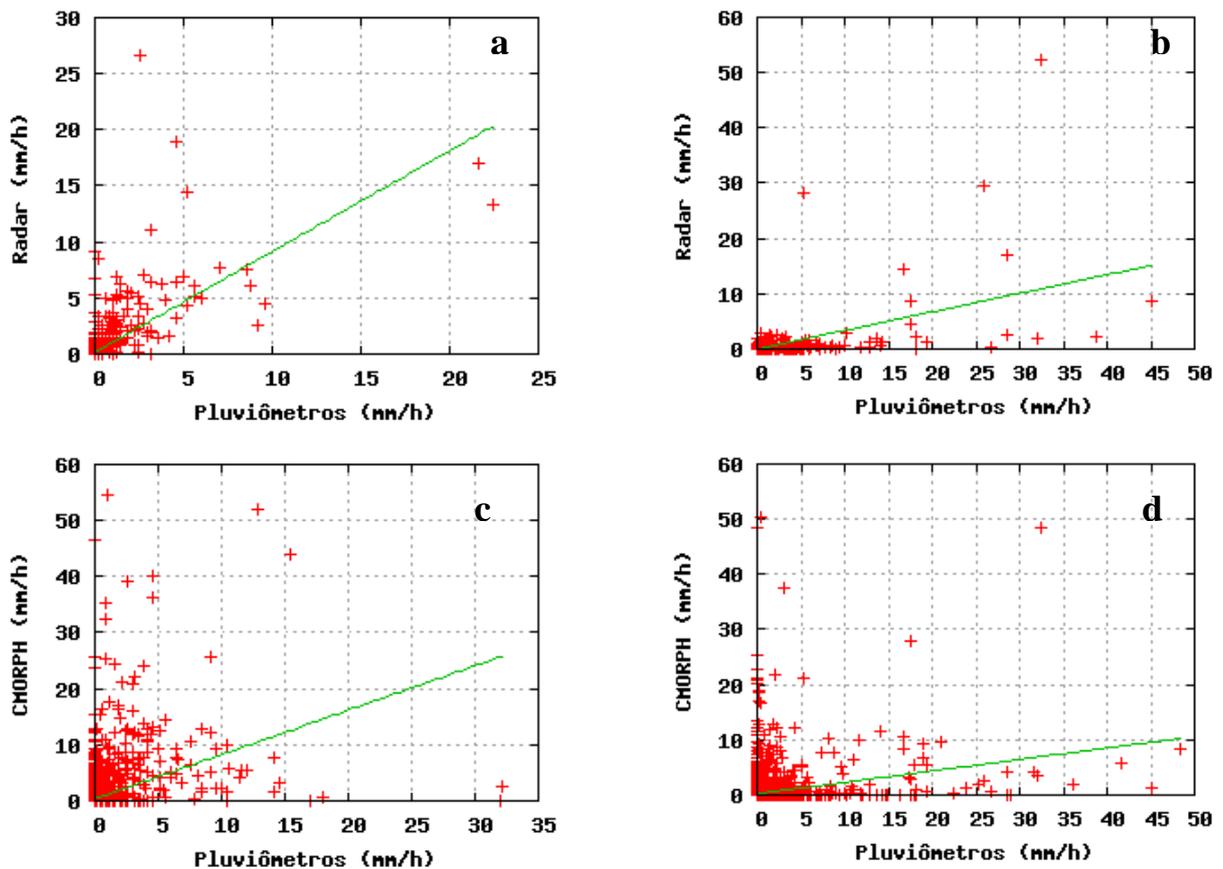


Figura 1: Comparação da dispersão entre precipitação por Radar, relação de Marshall-Palmer, para regiões distintas do Paraná: (a) Radar Entre Rios; (b) Radar Guaratuba; (c) Satélite Entre Rios e (d) Satélite Guaratuba.

CONCLUSÕES: Estimativas por radar e satélite são utilizadas operacionalmente pelo SIMEPAR para complementar a distribuição espacial da rede de pluviômetros do Paraná. Foram usadas distintas relações ZR para a estimativa de chuva por radar, aquelas que correspondem na literatura as diferentes regiões, mas ainda a tradicional Marshall-Palmer é a mais adequada. Mesmo assim, o problema de áreas medidas com muito gelo, a precipitação é superestimada. As regiões litorâneas são mais difíceis de realizar estimativas de precipitação. Nas demais áreas o resultado é satisfatório e dentro da mesma categoria de precipitação da rede de pluviômetro. O Sistema Integrado de Precipitação (SIPREC) é uma ferramenta importante que combina medidas precisas de pluviômetros com a boa distribuição espacial de estimativas por radar e satélite. Acredita-se que o SIPREC é uma excelente alternativa para manejo e planejamento de lavouras agrícolas com alta resolução (4 km x 4 km) espacial e temporal (informações diárias ou a cada 6 horas).

Os próximos trabalhos são de calcular uma relação ZR própria e programar sistemas de remoção de viés nas estimativas por radar e satélite de modo a obter valores mais realísticos em casos de tempestades.

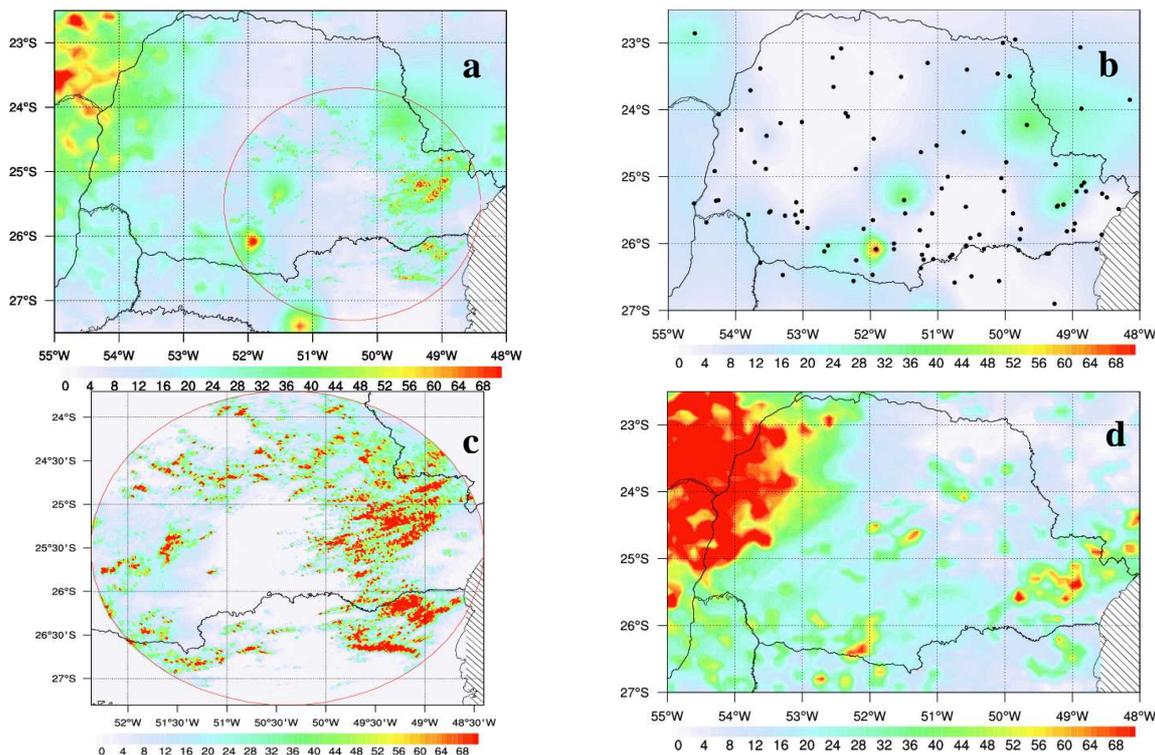


Figura 2: Precipitação acumulada diária estimada por radar e satélite, interpolação dos dados de pluviômetros e o campo do SIPREC (Sistema Integrado de PRECipitação) utilizando todas as informações do dia 15 de janeiro de 2009. Os campos são (a) Integrado- SIPREC; (b) Pluviômetros; (c) Radar; (d) Satélite.

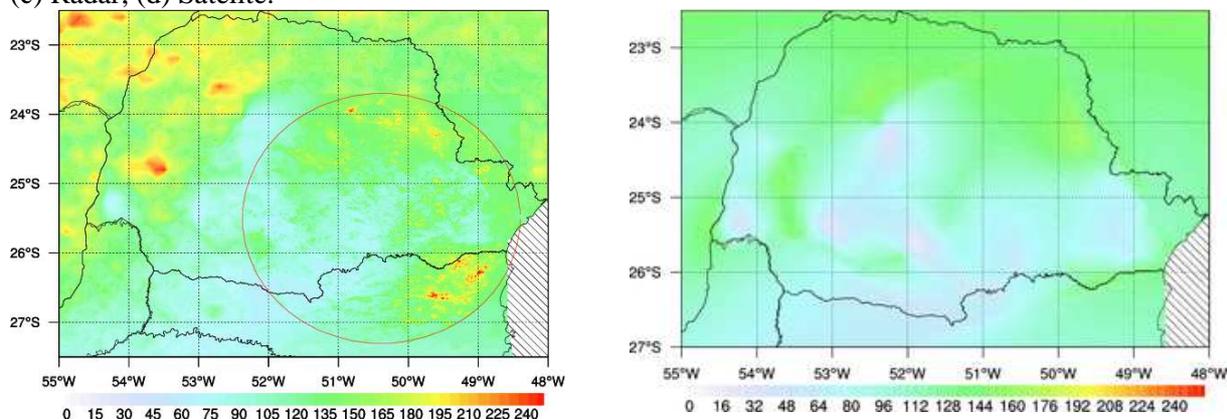


Figura 3: Decêndios de precipitação com a integração de radar, pluviômetros e radar (figura da esquerda) e a interpolação dos dados de pluviômetros (figura da direita) para o período de 11 a 20 de janeiro de 2009.

REFERÊNCIAS:

CALVETTI, L.; BENETI, C.; GONÇALVES, J. E.; MOREIRA, I.; DUQUIA, C.; BREDA, A. e ALVES, T. A. (2006). “Definição de Classes de Precipitação para utilização em Previsões por Categoria e Hidrológica”. In Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis-SC, Ago. 2006.

CALVETTI, L.; BENETI, C.; PSCHIEDT, I.; STRINGARI, D. e PEREIRA FILHO, A. J. (2007). “Integração de Estimativas de Precipitação por Radar, Satélite e Pluviômetros: Análise Espacial para o Paraná”. In Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo – SP, Nov. 2007.

CHUMCHEAN, S.; SHARMA, A; SEED, A. (2006). “An Integrated Approach to Error Correction for Real – Time Radar - Rainfall Estimation”. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 23, pp. 67 – 79.

JOYCE, R.J., JANOWIAK, J. E., ARKIN, P. A. and XIE, P., (2004): CMORPH: “A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution”. Journal of Hydrometeorology, Vol 5, pp. 487-503.

PSCHIEDT, I. BENETI, C. ; CALVETTI, L. (2008). “Validação das Estimativas de Chuva por Satélite para o Estado do Paraná”. In Anais do XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo – SP, Nov. 2008.

SAUVAGEOT, Henri (1992). *Radar Meteorology*. Artech House Publishers, 384 p