

VALIDAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO ESTIMADOS PELO TRMM, PARA O ESTADO DO PARANÁ, E SUA CONTRIBUIÇÃO AO MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO.

SILVA-FUZZO, Daniela Fernanda¹, ROCHA, Jansle Vieira

RESUMO

A obtenção de dados agrometeorológicos podem ser feitos por meio de redes de estações meteorológicas que registram dados atmosféricos. Porém, dada as dimensões do país, ainda não há uma rede de estações com cobertura suficiente para atender esta necessidade, principalmente em nível local. Estimativas de precipitação por satélite têm sido propostas em vários trabalhos científicos, contribuindo como uma ferramenta importante para a consistência dos dados climatológicos. As estimativas espaciais de precipitação podem se constituir numa ferramenta extremamente útil. Essas estimativas quando comparadas com valores pontuais medidos em superfície, mostram que podem fornecer uma boa noção da distribuição espacial das chuvas. Sob este contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho das estimativas de precipitação pluvial do satélite TRMM, para o estado do Paraná - Brasil, e verificar a confiabilidade dos dados em relação aos dados observados em superfície (estações meteorológicas convencionais do SIMEPAR), para o período de 2000 a 2010. Os resultados mostraram que as estimativas de precipitação do satélite TRMM podem ser utilizadas como uma fonte alternativa de informações sobre a escassez de dados de estações de superfície.

Palavras-Chave: Precipitação Pluvial, Dados de Superfície, Satélite Meteorológico.

VALIDACIÓN DE PRECIPITACIÓN ESTIMADA POR TRMM DATOS, PARA EL ESTADO DE PARANÁ Y SU CONTRIBUCIÓN A AGROMETEOROLÓGICA SEGUIMIENTO.

RESUMEN

El logro de los datos agrometeorológicos puede hacerse através de redes de estaciones meteorológicas que registran datos atmosféricos. Sin embargo, dado el tamaño del país, no hay una red de estaciones con cobertura suficiente para satisfacer esta necesidad, especialmente a nivel local. Estimaciones de la lluvia por satélite se han propuesto en varios artículos científicos, contribuyendo como una herramienta importante para la coherencia de los datos climatológicos. Las estimaciones de la lluvia espaciales pueden ser una herramienta muy útil. Estas estimaciones cuando se comparan con los valores de los puntos medidos en superficie muestran que pueden proporcionar una buena idea de la distribución espacial de las precipitaciones. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño de las estimaciones de precipitación de TRMM al estado de Paraná - Brasil, y verificar la fiabilidad de los datos con los datos observados en la superficie (estaciones meteorológicas convencionales SIMEPAR) para el período de 2000 a 2010. Los resultados mostraron que el satélite TRMM estimaciones de la lluvia puede ser utilizado como una fuente alternativa de información acerca de la escasez de datos de estaciones de superficie

Palabras clave: Lluvia, Los datos de superficie, Los satélites meteorológicos.

VALIDATION OF RAINFALL DATA ESTIMATED BY TRMM FOR THE STATE OF PARANÁ, AND ITS CONTRIBUTION TO AGROMETEOROLOGICAL MONITORING.

ABSTRACT

The obtaining of agro-meteorological data can be made by weather stations that record atmospheric data. However, with the large size of the country, there are no weather stations with sufficient coverage to meet this need, especially at the local level. Satellite estimates of precipitation has been proposed in several scientific, contributing as an important tool for the consistency of climate data. The spatial estimates of precipitation can be an extremely useful tool, and these estimates, when compared with point values measured in the soil, provide a good idea of the spatial distribution of rainfall. In this context, the objective of this study was to evaluate the performance of rainfall estimates from TRMM satellite launched with the

¹ Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, FEAGRI – Av. Candido Rondon, 501, 13083-875 - Campinas - SP, Brazil. *E-mail autor correspondente: silva.danielaf@gmail.com

specific purpose of estimating rainfall in the tropics, to the state of Paraná, and verify the reliability of the data in relation to the data observed in surface (SIMEPAR conventional weather stations.) for the period 2000-2010. The results were very satisfactory, showing that the estimates of TRMM satellite can be used as an alternative source of information about the paucity of data from stations surface.

Keywords: Precipitation, Surface Data, Weather Satellite.

1. Introdução

A estimativa da chuva mais próximo do real é fundamental para a avaliação do manejo de culturas, dos rendimentos dos recursos hídricos, do monitoramento de enchentes e das secas. Excesso de chuva provoca inundações, perda de bens e vidas e a ausência prolongada de chuvas levam à secas, que afetam diretamente as colheitas e os limites de consumo humano.

As estações meteorológicas convencionais fornecem registros pontuais, frequentemente sujeitos a falhas que limitam o uso dessas informações e, contribuindo com a baixa densidade de pluviômetros, a longa distância e a distribuição irregular das estações, não permite, devido ao seu caráter pontual, capturar a variabilidade espacial da precipitação pluvial, gerando incertezas nos resultados de diversos estudos aplicados no país.

CAMARGO et al. (2005) quantificaram a variabilidade espacial e temporal de dados diários termopluiométricos, verificaram que, à medida em que aumentam as distâncias entre as estações meteorológicas, os valores de coeficiente de determinação, obtidos a partir da comparação entre registros de distintos postos, diminuem e os erros também aumentam.

As técnicas de sensoriamento remoto através de sensores espaciais proporcionam um excelente complemento para o monitoramento contínuo de evento de chuva tanto espacialmente quanto temporalmente. Com a baixa densidade desses postos meteorológicos, estudos voltados ao sensoriamento remoto tem demonstrado ser uma ferramenta extremamente útil a utilização desses dados estimados por satélite (SILVA, 2011).

Alguns trabalhos nas áreas de planejamento urbano, previsão de tempo, gestão de recursos hídricos e clima, apresentam boa acurácia das estimativas de precipitação com dados oriundos do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), como os de: As-Syakuret al. (2011), Karaseva et al. (2011), e Fensterseifer et al. (2012).

O satélite TRMM é um projeto em parceria entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a JAXA (*Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial*) que foi lançado em 27 de novembro de 1997 com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nas áreas tropicais.

O satélite possui órbita oblíqua não-heliossíncrona bastante baixa (inicialmente 350 km, desde 2001 cerca de 403 km), de forma que o período de translação é bastante curto (91 minutos), permitindo resoluções espacial e temporal comparativamente altas. A órbita deste satélite foi calculada para se ter uma capacidade máxima de amostragem diurna com uma resolução de $0,25^\circ$ desde 50°N a 50°S . Os instrumentos a bordo do TRMM são: imageador de micro-ondas (TMI), radar de precipitação (PR), radiômetro no visível e no infravermelho (VIRS), sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens (CERES), e sensor para imageamento de relâmpagos (LIS).

Vários trabalhos corroboram visando validar ou comparar as estimativas da precipitação pluvial por satélite em diferentes regiões; tais como: Prasetiaet al. (2013), analisaram dados mensais e sazonais de chuva derivado do TRMM (PR) no período de 2004 a 2008 em vinte pontos por toda a Indonésia, para analisar tipos de precipitação, o resultado da validação mostrou muito boa correlação com os dados de chuvas tipo monções, alta correlação para o tipo de anti-chuvas de monções, e correlação média para o tipo de chuvas semi-monções, as correlações instáveis foram observados em meses de alta precipitação para semi-monções e do tipo anti-monções chuvas.

Karaseva et al. (2011), analisaram dados mensais para o Quirguistão, enfocando a verificação da precipitação em altas latitudes e em regiões orográficas complexas, enfocando com a verdade de campo em escala regional, os resultados mostraram que o produto TMPA-3b43 do satélite TRMM tem correlação estatística significativa ($r=0,36-0,88$) na maioria dos pluviômetros do país, de forma global apresentou bons resultados sobre regiões altas e até mesmo sobre regiões orográficas, exceto em regiões de lagos.

Li et al. (2013), investigaram a capacidade dos dados obtidos por meio do satélite TRMM para o monitoramento da variação temporal e espacial de condições de seca/umidade na bacia Lago Poyang, durante 1998-2010, e validaram com 14 pluviômetros de estações meteorológica. Os resultados mostram que os dados diários de precipitação não descreveram as taxas de ocorrência e a contribuição de precipitação com precisão, porém os dados mensais TRMM demonstraram ter um bom relacionamento linear com os dados precipitação. Tanto o índice Z como o índice padronizado de precipitação (SPI) com base em dados mensais de precipitação TRMM oscilaram em torno de zero mostrando uma variabilidade interanual consistente, em comparação com os dados de pluviômetros. Dessa forma, os autores afirmam que o TRMM pode ser usado para monitorar a variação e distribuição espacial de condições de seca e umidade na bacia Lago Poyang.

Desta forma, torna-se evidente a hipótese que a estimativa de dados de precipitação pluvial via satélites meteorológicos, como o TRMM, constitui em uma ferramenta útil que

visa melhorar a rede de obtenção de informações meteorológicas e auxiliar na falta de dados. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar as estimativas de precipitação do satélite TRMM sobre o estado do Paraná - Brasil, verificando a confiabilidade destas estimativas em fornecerem uma boa resposta em relação a dados observados em estações meteorológicas convencionais de superfície, para o período de 2000 a 2010 em escala decenal.

2. Material e métodos

O universo de análise engloba o estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil, onde o clima predominante é temperado mesotérmico e superúmido, tipo climático *Cfa* – segundo a classificação climática de Köeppen, com temperaturas moderadas, chuvas bem distribuídas e verão quente. Os dados meteorológicos foram obtidos por meio de estações meteorológicas convencionais e automáticas do Instituto Tecnológico SIMEPAR (Figura 1). Essas informações, a princípio, eram diárias (mm), posteriormente transformadas em dados decenais. Os valores foram disponibilizados em arquivo *xls*.

Os valores referentes a precipitação estimada do satélite TRMM foram obtidos por meio do sensor PR, produto 3B42-V7. Essa interface é projetada para visualização e análise de dados diários, os quais vêm em formato *xls*, por coordenadas geográficas, com resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ (aproximadamente 25 km). Esses dados estão disponibilizados gratuitamente online através do website da NASA: <http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html>

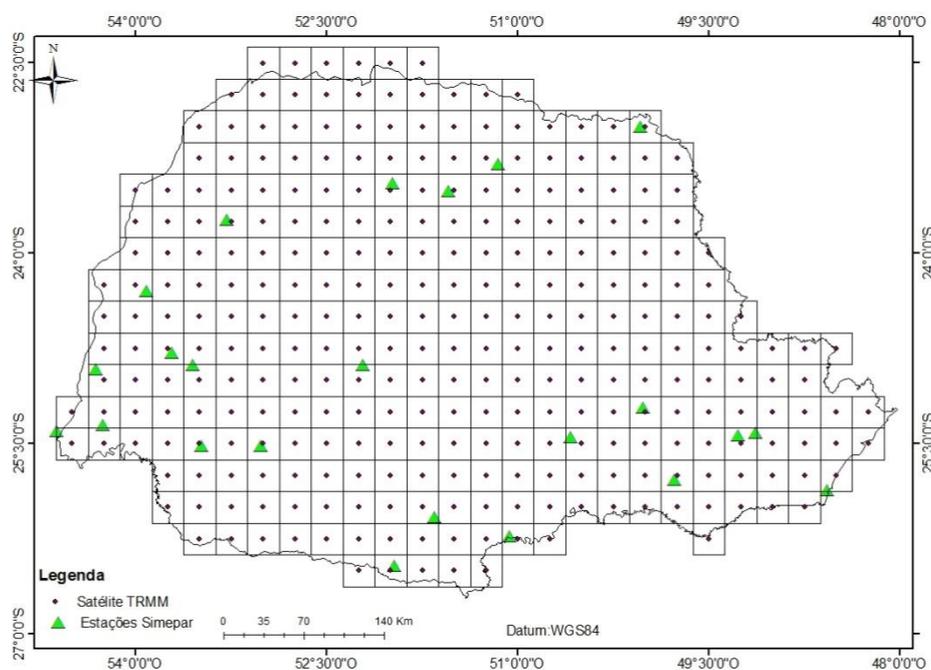


FIGURA 1: Localização das estações meteorológicas SIMEPAR e pontos obtidos pelo satélite TRMM.

Foram realizadas duas validações dos dados estimados em relação aos observados. Primeiramente, foram analisados os valores de precipitação estimados pelo TRMM com os pontos mais próximos das estações meteorológicas SIMEPAR, por meio das coordenadas geográficas, (SILVA, 2011), (Figura 2).

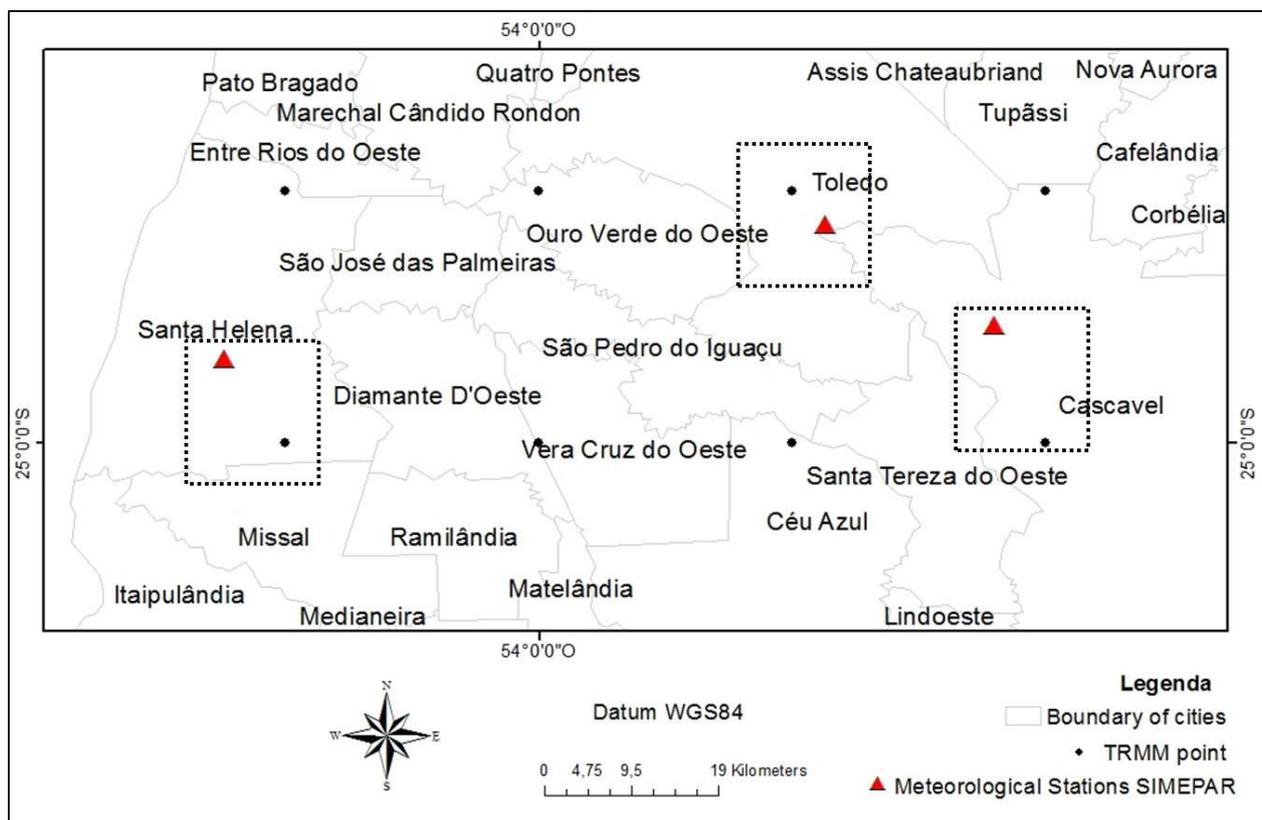


FIGURA 2: Exemplificação da localização de algumas estações meteorológicas e dos pontos TRMM utilizados na comparação de dados pluviométricos estimados e observados.

Para a avaliação estatística foram utilizados análises de regressão linear relacionando dados estimados com os observados, encontrando valores de R^2 , “d” de Willmott Modificado (Equação 1), EMA, Es, e Ea, sendo que o R^2 mostra a razão ou o percentual da variância de uma das variáveis que pode ser explicado a partir da variância da outra. Ressalta-se a exatidão que refere-se ao grau de conformidade de um valor estimado em relação ao valor verdadeiro (observado). O índice de concordância “d” proposto por Willmott et al. (1985), que avalia o ajuste do modelo em relação aos dados observados, também indica como o modelo simula os valores observados, refletindo numa escala de 0 a 1 o grau do desvio da linha 1:1 em uma figura e quanto a inclinação da linha de regressão difere de 1 e a linha de interceptação de zero, ou seja, o índice “d”, com variação entre 0 e 1, indica o grau de concordância ou exatidão entre os valores estimados e observados, sendo que quando mais próximo de 1, melhor a exatidão do desempenho do modelo em prever a variável dependente.

O erro absoluto médio (EAM) (Equação 2) que é a medida da magnitude média das diferenças dos valores estimados com os observados, o erro médio aleatório (não sistemático) (E_a) decorre de fatores imprevisíveis, são flutuações, que fazem com que, aproximadamente, a metade das medidas realizadas esteja desviada para mais, e a outra metade esteja desviada para menos, afetando a precisão da estimativa. O erro sistemático (E_s) é causado por fontes identificáveis e, em princípio, pode ser eliminado ou compensado. Estes erros fazem com que as medidas feitas estejam consistentemente acima ou abaixo do valor real, prejudicando a exatidão da medida.

$$EAM = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} \quad (1)$$

$$d_1 = 1 - \left[\frac{\sum (e_i - o_i)}{\sum (|e_i - o| + |o_i - o|)} \right] \quad (2)$$

Onde:

d_1 - índice de concordância modificado

o - são os dados observados

e - são os dados estimados

A segunda validação dos dados se deu por meio da geração de modelos de regressão linear simples entre as duas fontes de dados, desta forma, procederam-se a interpolação, pelo método Inverso Quadrado da Distância (IQD), dos dados das estações de superfície SIMEPAR. Esses mapas foram processados para a mesma resolução espacial dos dados TRMM ($0,25^\circ \times 0,25^\circ$) e organizados decencialmente e convertidas em planilhas *xls*.

Desta forma, novos métodos estatísticos foram calculados como, os índices “d” de Willmott, os valores de “R²”, a correlação “r” que verifica a relação entre as variáveis, e o Erro Sistemático. Todas as fases do trabalho foram executadas utilizando o software ESRI ArcMap 9.3.1 e o Microsoft Excel. As etapas do trabalho são apresentadas no fluxograma na Figura 3.

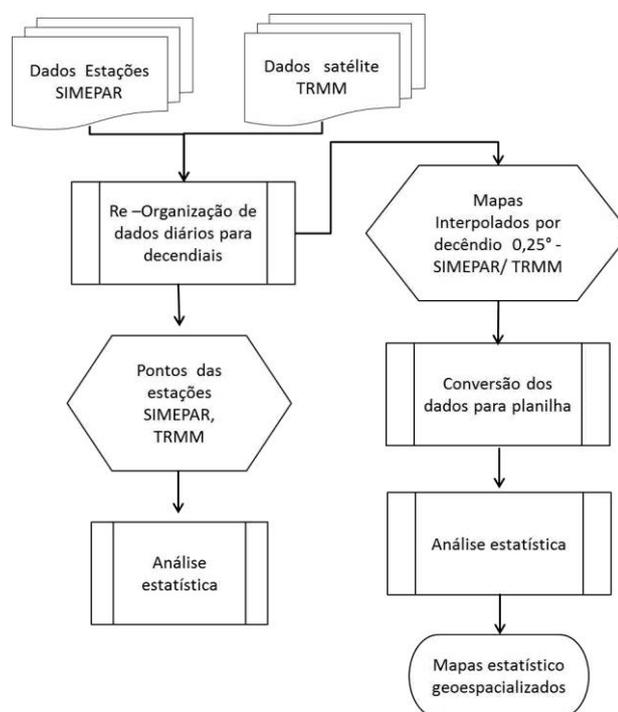


FIGURA 3. Fluxograma do trabalho.

3. Análise dos dados

Na Tabela 1, são apresentados os resultados das primeiras análises realizadas de forma quantitativa que indicam a relação entre os dados estimados do TRMM e o ponto mais próximo observado em superfície.

TABELA 1.

Análise estatística dos valores de precipitação pluvial (mm) estimados pelo TRMM e medidos no posto meteorológico SIMEPAR. Statistical analysis of rainfall values (mm) estimated by TRMM and measured in the weather station SIMEPAR.

Cascavel											
Anos	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
d ₁	0,70	0,92	0,94	0,83	0,91	0,91	0,83	0,86	0,86	0,60	0,93
R ²	0,27	0,73	0,79	0,53	0,71	0,73	0,64	0,58	0,60	0,11	0,74
EMA	3,05	1,45	1,80	1,79	1,88	1,68	1,88	1,61	1,82	3,02	1,71
Ea	10,97	6,34	8,62	10,23	7,71	8,60	7,63	5,93	8,18	13,14	8,93
Es	10,01	1,76	2,59	2,11	1,79	2,03	4,48	4,37	3,78	8,79	3,07
Umuarama											
d ₁	0,84	0,76	0,96	0,81	0,93	0,91	0,88	0,87	0,90	0,77	0,91
R ²	0,51	0,43	0,85	0,52	0,74	0,73	0,65	0,59	0,69	0,38	0,70
EMA	2,03	1,86	1,40	1,98	1,55	1,34	1,92	1,46	1,54	2,52	1,60
Ea	9,95	8,32	6,88	8,68	6,99	6,62	7,74	6,57	7,84	10,92	7,48
Es	2,96	3,27	1,96	4,89	0,64	1,18	5,59	2,18	1,91	6,32	1,73

Foram escolhidos dois municípios, Cascavel e Umuarama, para exemplificar as

análises estáticas realizadas. Os valores do índice de concordância “ d_1 ” para a região de Cascavel apresentaram resultados precisos entre os dados de precipitação pluvial observados e os dados estimados. Os anos de 2003, 2006, 2007 e 2008 apresentaram valores de “ d_1 ” em torno de 0,80, sendo que as melhores estimativas ocorreram nos anos de 2001, 2002, 2004, 2005, 2010 com índice d em torno de 0,90, demonstrando ótimo desempenho dos dados analisados. O menor valor de índice “ d_1 ” foi 0,60 no ano de 2009. Em relação aos erros absolutos médios (EMA), aos Es e Ea, apresentaram baixos valores em todo o período.

A região de Umuarama, também apresentou bons resultados de índice “ d_1 ”, com valores em torno de 0,90 para os anos de 2002, 2004, 2005, 2008 e 2010. Os anos de 2000, 2003, 2006, e 2007 apresentaram valores em torno de 0,08. Apresentaram valores mais baixos os anos de 2001 com 0,76 e os erros médios mostraram bons resultados.

Tais resultados corroboram com o trabalho de Karaseva et al. (2011), que apresentaram resultados satisfatórios em relação a estimativa de precipitação fornecidas pelo TRMM. Para o estado de São Paulo - Brasil, Camparotto et al. (2013), e Silva (2011), desenvolveram os mesmos estudos para diferentes regiões e obtiveram resultados de “ d_1 ” em torno de 0,8 e 0,9, demonstrando que os dados de precipitação pluvial estimados pelo satélite TRMM podem ser utilizados na ausência de dados pluviométricos das estações convencionais de superfície.

Os valores de R^2 não foram tão elevados quanto os de índice “ d_1 ”, alguns erros existem, devido ao fato do TRMM abranger uma área de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, enquanto a estação meteorológica mede a precipitação, de forma pontual. E embora testados os dois tipos de análises (“ R^2 ” e “ d ”), a mais indicada nesse estudo foi o “ d_1 ” de Willmott, devido à escala dos dados serem diferentes, uma, pontual (estação meteorológica) e a outra com escala de $0,25^\circ$. Desta forma, os valores obtidos quando comparados dados estimados com os observados, apresentaram valores satisfatórios.

A Figura 4 mostra, para os dois municípios Cascavel e Umuarama, o ajuste linear realizado entre os dados do TRMM e os obtidos pelas estações meteorológicas SIMEPAR, representando a chuva acumulada de todo o período de 2000 a 2010, com resultado de R^2 acima de 0,5, correspondente pelas diferenças encontradas nas escalas espacial dos dados observados e estimados.

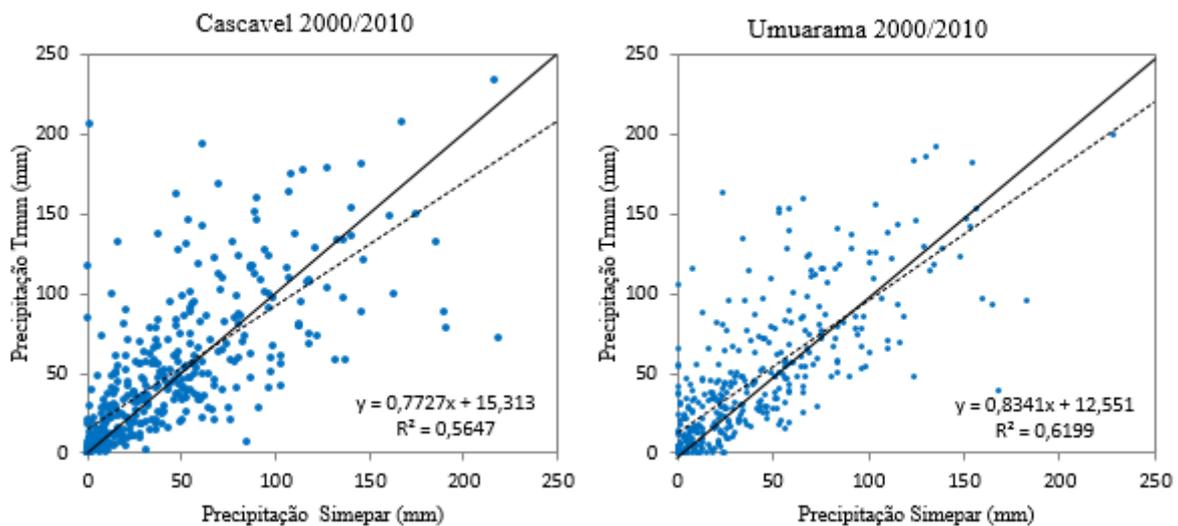


FIGURA 4. Relação entre precipitação pluvial das estações meteorológicas SIMEPAR e dados estimados pelo satélite TRMM, para os municípios de Cascavel e Umuarama, referente aos anos de 2000 a 2010.

Nas Figuras 5 e 6, são apresentadas as variações decendiais dos valores observados e estimados. Como exemplo, observou-se que os municípios de Cascavel e Umuarama acompanharam de forma satisfatória as mesmas seqüências de valores estimados com os medidos em estações meteorológicas convencionais.

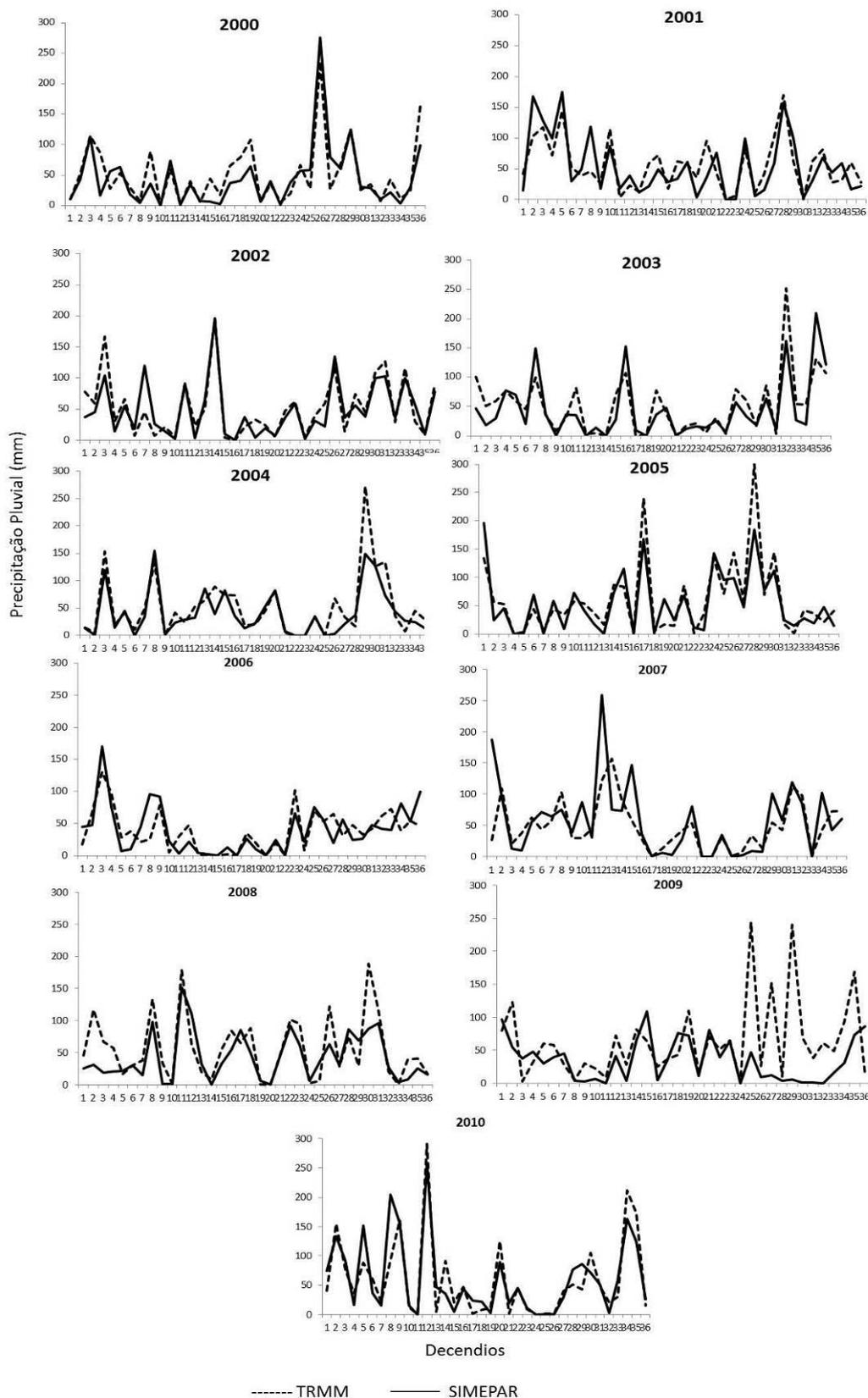


FIGURA 5. Precipitação Pluvial (mm) observada em estações convencionais e estimada pelo TRMM, período de 2000 a 2010 no município de Cascavel – PR.

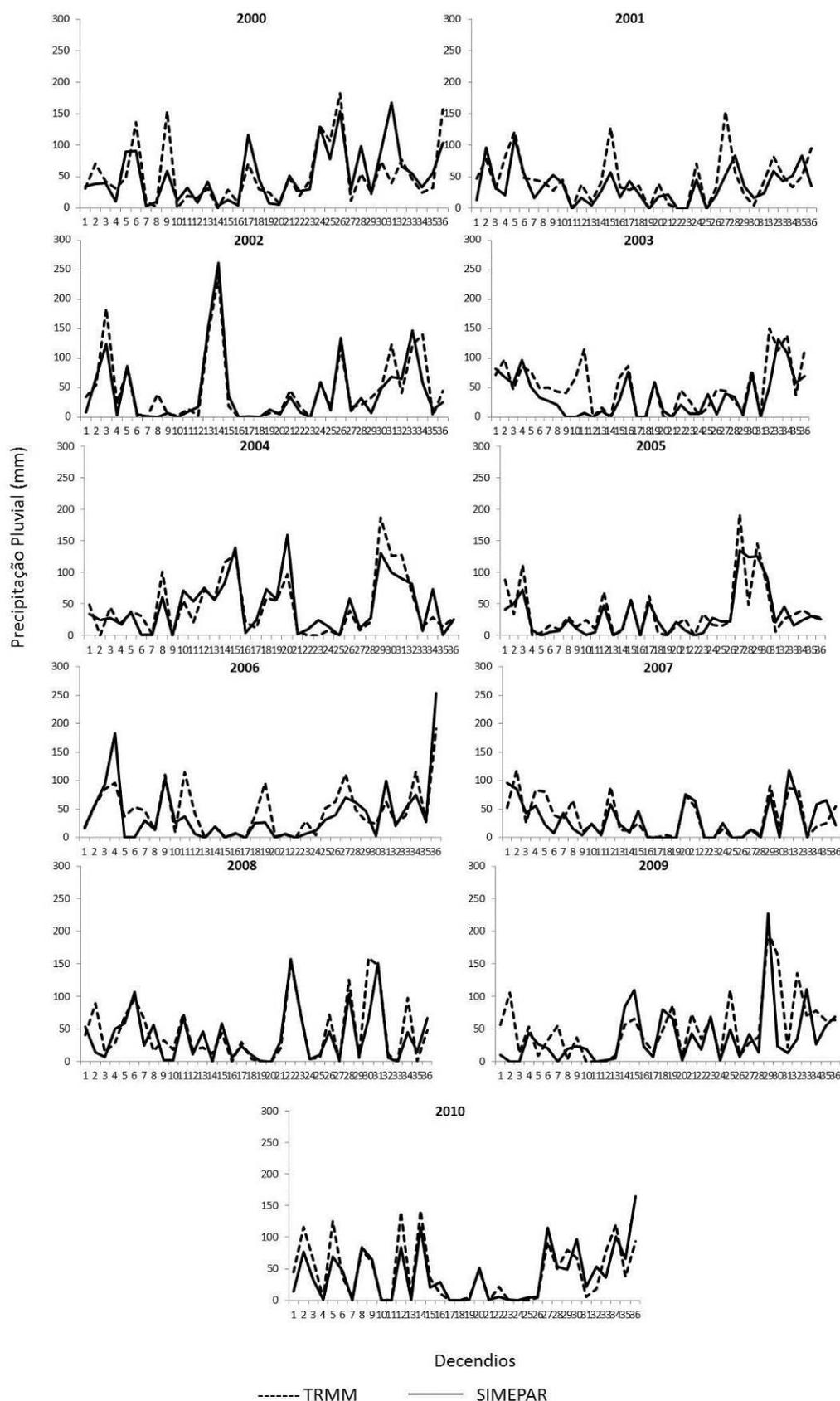


FIGURA 6. Precipitação Pluvial (mm) observada em estações convencionais e estimada pelo TRMM, período de 2000 a 2010 no município de Umuarama – PR.

Foi observado que o TRMM acompanha bem a variação sazonal. Há alguns momentos que o satélite superestima ou subestima os valores em relação aos dados observados. Este pequeno descompasso entre a estimativa do satélite e a medição do pluviômetro também já foi visto em trabalho realizado no Brasil por Collischonn et al. (2007), onde foi analisada a precipitação média diária sobre a Bacia do Paraguai Superior, respectivamente, para efeito de comparação. Segundo os autores citados acima, esse fator ainda não foi completamente explicado, podendo estar relacionado com algum erro de processamento, tanto de leitura dos pluviômetros como de geração das estimativas de satélite.

Viana et al. (2010) analisou e mostrou que o produto 3B42 tende a superestimar a precipitação em torno de 7%. Foi constatado que é possível existir uma relação aparente entre a latitude, mostrando que, de maneira geral, esta tendência aumenta juntamente com a latitude.

A segunda análise realizada neste trabalho foi com o intuito de melhorar o desempenho das análises na comparação os dados estimados com os observados. Após o processamento, interpolação e análise estatística dos dados, foram gerados mapas com os índices espacialmente distribuídos para todo o estado do Paraná - Brasil. Na Figura 7, observou-se valores altos de “ d_1 ” de Willmott bem próximos de 1, principalmente na região sudoeste do estado, os pontos que apresentaram os menores valores ficaram entre 0,60 – 0,75, considerados satisfatórios.

Para a correlação “ r ” (Figura 8), os dados apresentaram-se com valores altos ($r = 0,99-1$) para a região sul e sudoeste, os menores valores de “ r ” encontrados na porção norte do estado, foram bons resultados ($r = 0,51 - 0,76$), mostrando a confiabilidade dos dados quando comparados dados estimados com observados.

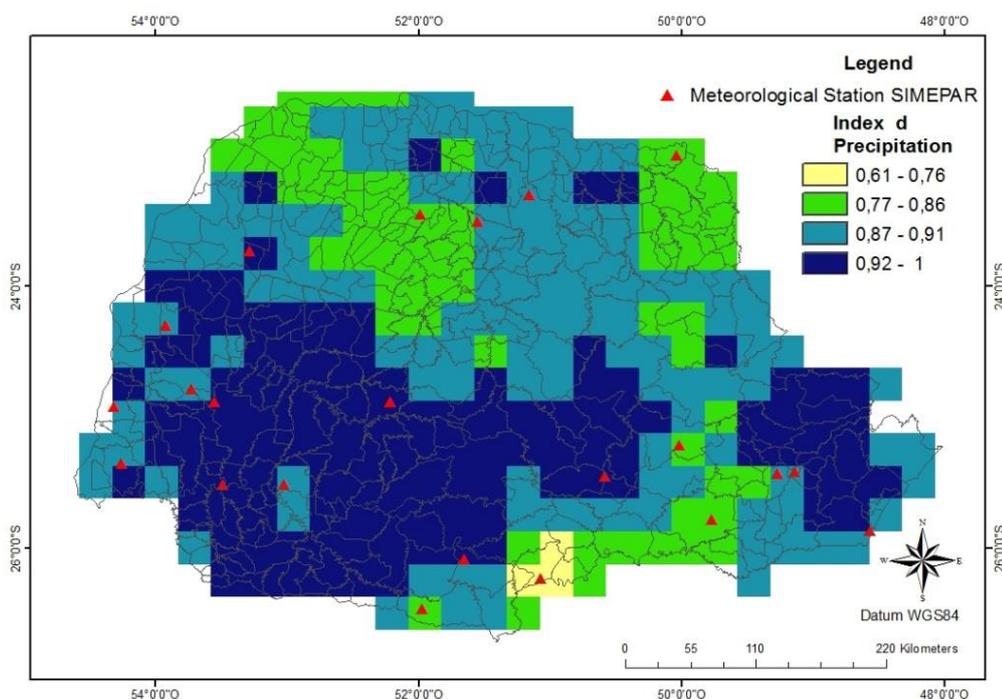


FIGURA 7. Índices de exatidão ‘d’ de Willmott, distribuídos espacialmente sobre o estado do Paraná - Brasil, a partir de dados de precipitação estimados pelo TRMM e mapas interpolados de estações de superfície do SIMEPAR, para os anos de 2000 a 2010.

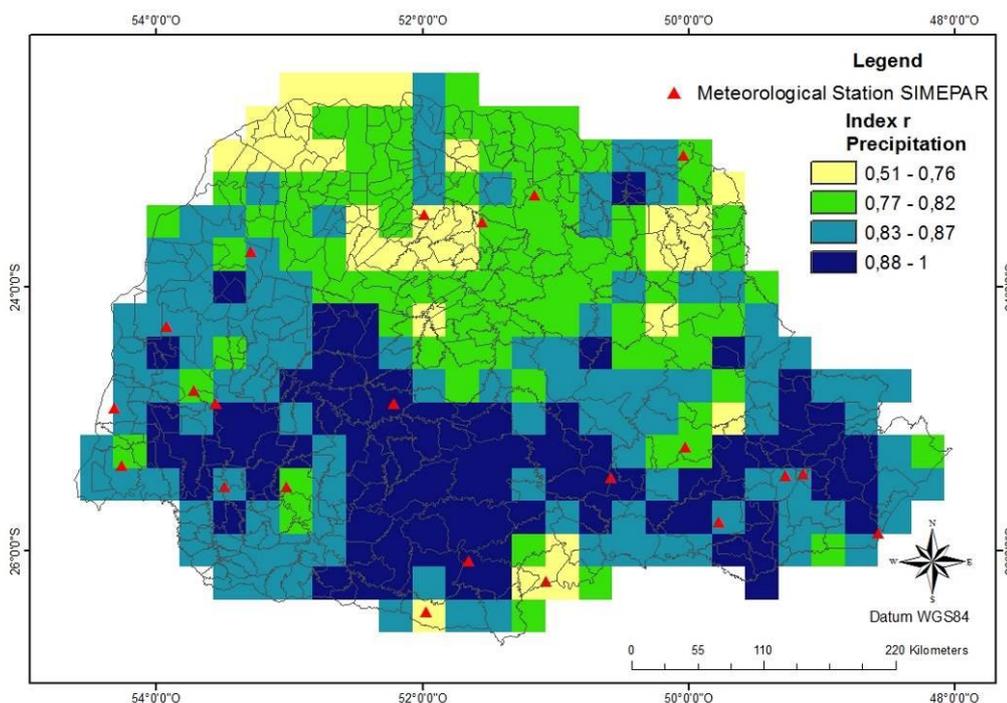


FIGURA 8. Correlação ‘r’, dos dados distribuídos espacialmente sobre o estado do Paraná - Brasil, a partir de dados de precipitação estimados pelo TRMM e mapas interpolados de estações de superfície do SIMEPAR, para os anos de 2000 a 2010.

Os valores do coeficiente de determinação - R^2 (Figura 9) apresentaram maiores valores na região centro sul do estado ($R^2 = 0,78$ a $0,99$), sendo os menores valores ($R^2 = 0,26-0,59$) na região noroeste com alguns pontos na região sul do estado.

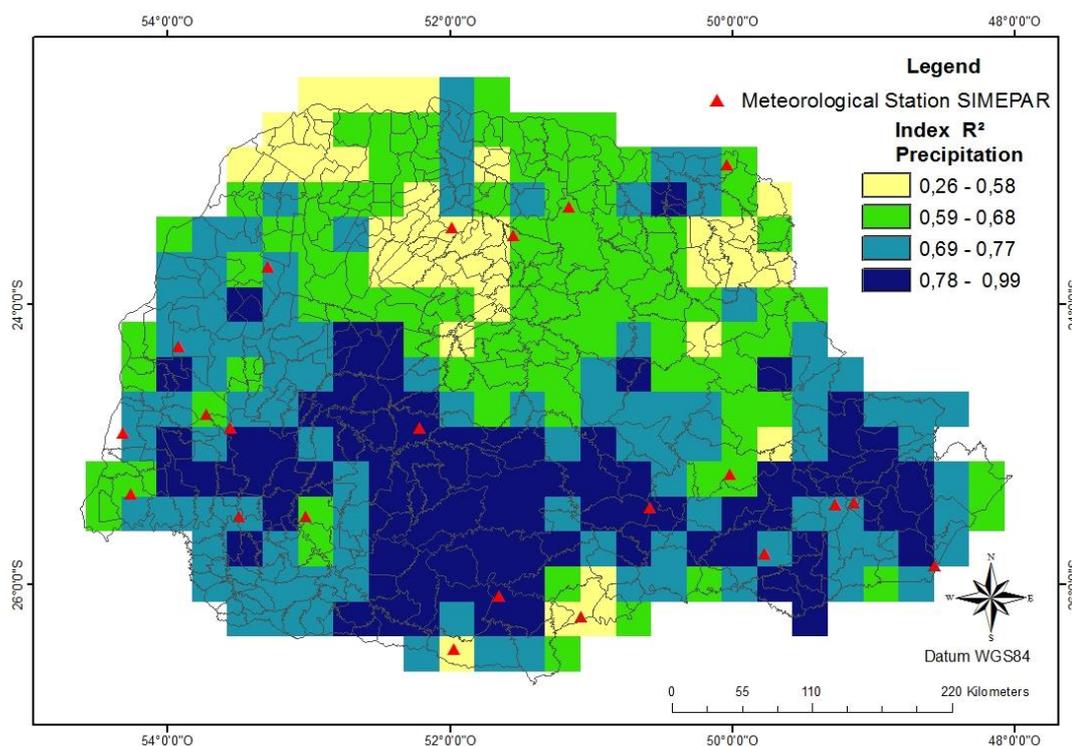


FIGURA 9. Índice de precisão R^2 , dos dados distribuídos espacialmente sobre o estado do Paraná - Brasil, a partir de dados de precipitação estimados pelo TRMM e mapas interpolados de estações de superfície do SIMEPAR, para os anos de 2000 a 2010.

Os erros sistemáticos foram maiores no norte do estado enquanto o restante apresentou bom desempenho, esses baixos valores encontrados na porção norte do estado estão associados ao fato da região possuir menor quantidade de estações meteorológicas de superfície localizadas nessa região, conforme apresenta a Figura 10.

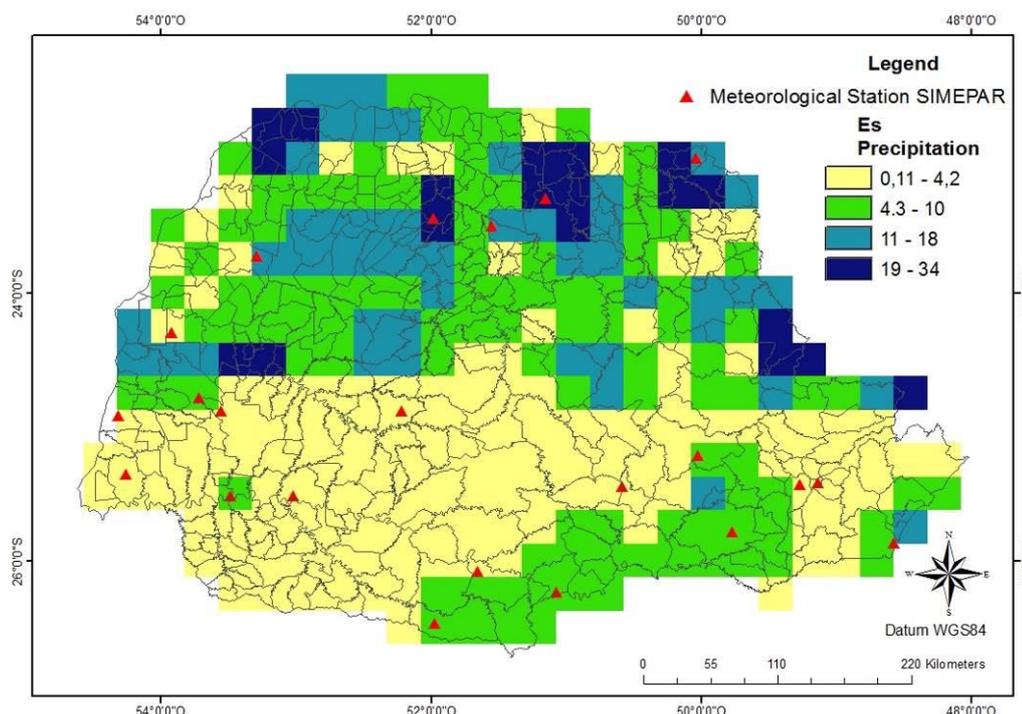


FIGURA 10. Erro Sistemático dos dados distribuídos espacialmente sobre o estado do Paraná - Brasil, a partir de dados de precipitação estimados pelo TRMM e mapas interpolados de estações de superfície do SIMEPAR, para os anos de 2000 a 2010.

4. Conclusão

Com base nas análises, o satélite TRMM estimou de forma satisfatória a precipitação pluvial em relação aos dados registrados pelas estações meteorológicas convencionais do SIMEPAR.

Apesar do número limitado de estações meteorológicas, sendo este considerado a fonte dos dados observados, os resultados se mostraram satisfatórios espacialmente, de acordo com os índices calculados.

A utilização de dados de precipitação pluvial estimados pelo satélite TRMM mostrou que pode ser uma ferramenta na ausência de informações de superfície, além de servir como entrada de dados para auxílio em modelagem agrometeorológica, monitoramento agrícola, auxílio à pesquisa e ao agricultor, por se tratar de dados gratuitos e de fácil acesso.

Os valores de R^2 não foram tão elevados quanto os valores de “ d_1 ”, isso explica-se devido à precipitação pluvial apresentar uma alta variabilidade espacial e devido a escala dos dados serem diferentes, uma, pontual (estação meteorológica), e a outra com escala de $0,25^\circ$ (satélite TRMM).

Os dados de precipitação estimados a partir de satélites como o TRMM podem ser uma alternativa eficiente e barata quando comparados a instrumentos de superfície. Porém, são necessários testes mais aprofundados, de forma a validar as metodologias aqui propostas. Por isso, recomenda-se a comparação das estimativas do TRMM em outras localidades.

Agradecimentos

Ao apoio recebido pela CAPES para a realização deste trabalho, ao Laboratório de Geoprocessamento da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAgri – UNICAMP, e ao SIMEPAR pela disponibilidade dos dados.

5. Referências bibliográficas

AS-SYAKUR, A.R.; TANAKA, T.; PRASETIA, R.; SWARDIKA, I.K.; KASA, I.W.; Comparison of TRMMmultisatellite precipitation analysis (TMPA) products and daily-monthly gauge data over Bali. **International Journal of Remote Sensing**. vol. 32, issue 24, pp. 8969-8982, 2011.

CAMPAROTTO, L.B.; BLAIN, G.C.; GIAROLLA, A.; ADAMI, M.; CAMARGO, M.B.P. Validação de dados Termoplométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p665-671, 2013.

CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O; PEDRO JR, M.J; BARDIN, L. Variabilidade espacial e temporal de dados termoplúviométricos diários da rede de estações agrometeorológicas do Instituto Agrônomo (IAC). **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 473-483, 2005.

COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, Porto Alegre, v. 59, n. 1, p. 93-99, 2007.

FENSTERSEIFER, C.A.; ALLASIA, D.G.; TASS, R.; COLLISCHONN, B.; Trmm rainfall assessment in the upper jacuí basin - southern brazil. **AWRA 2012 SPRING SPECIALTY CONFERENCE**. New Orleans, Louisiana. P. 26-28, 2012.

KARASEVA, M.; PRAKASH, S.; GAIROLA, R. Validation of high-resolution TRMM-3B43 precipitation product using rain gauge measurements over Kyrgyzstan. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, p. 147-157, 2011.

LI, X.; ZHANG, Q.; Ye, X. Dry/Wet Conditions Monitoring Based on TRMM Rainfall Data and Its Reliability Validation over Poyang Lake Basin, **China. Water**, n. 5, p. 1848-1864, 2013.

PRASETIA, R.; AS-SYAKUR, A. R.; OSAWA, T. Validation of TRMM Precipitation Radar satellite data over Indonesian region. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 112, p. 575-587, 2013.

SILVA, D.F. **Uso de Modelos Agrometeorológicos de estimativa de produtividade e risco climático da soja no vale do médio Paranapanema – SP**. 8of. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agrônomo, Campinas – SP. 2011.

TRMM. **Tropical Rainfall Measuring Mission**.Link: <http://trmm.gsfc.nasa.gov/data_dir/data.html>.

VIANA, D.R., FERREIRA, N.J., CONFORTE, J.C. **Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na Região Sul do Brasil**. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2010, Resumos... Belém, Brasil: 2010 link: <<http://www.cbmet2010.com/anais/>>.

WILLMOTT, C.J., ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geography Research**. v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.

Recebido em: 29/02/2016

Aceito em: 29/08/2016