

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO PELO SATÉLITE TRMM NA BACIA DO ALTO JACUÍ RS.

Cesar Augusto Fensterseifer¹; Daniel Gustavo Allasia¹; Rutinéia Tassi¹

Resumo – Neste trabalho foi realizada a análise entre dados da estimativa de precipitação derivada do satélite TRMM e dados de precipitação observada na região da bacia do Alto Jacuí. Foram utilizados dados de três postos pluviométricos localizados dentro e nos arredores da bacia do rio Jacuí, no estado do Rio Grande do Sul e comparados com o algoritmo 3B42 do TRMM. De acordo com a disponibilidade temporal dos dados das estações e do 3B42, foram selecionados três postos pluviométricos. Os resultados obtidos indicaram que o satélite claramente subestima as precipitações, os gráficos gerados a partir do confronto dos dados, nos mostraram que existe uma boa relação linear entre os dados estimados e observados, fato que mostra que com ajustes simples a precisão dos dados do TRMM pode ser melhorada.

Palavras-Chave – TRMM, precipitação, Jacuí.

abstract – In this work, we was performed a comparative analysis between the data from the TRMM satellite rainfall estimation and rainfall data observed in the area of the watershed of Alto Jacuí. We used data from three rainfall stations and located in and around the river basin Jacuí in the state of Rio Grande do Sul and compared with the TRMM 3B42 algorithm data. According to the temporal availability of data, and the year of launch of TRMM, were selected three climatic stations. The obtained results, indicates that the TRMM clearly underestimates the observed rainfall data, but the quantitative graphs showed good linear relationship between estimated and observed data, a fact which shows that with adjustments, the accuracy of the TRMM data can be improved.

Key Words – TRMM, precipitation, Jacuí

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: eng.cesar-augusto@hotmail.com

1. Introdução

Com o crescente avanço da tecnologia nas últimas décadas, e o acréscimo significativo na qualidade de imagens e no número de satélites, a utilização do sensoriamento remoto na estimativa e espacialização pluviográfica surgiu como uma alternativa promissora para entidades de hidrologia e meteorologia.

No ano de 1997, os Estados Unidos da América, em conjunto com o Japão, lançaram um satélite desenvolvido para monitorar a precipitação sobre os trópicos. O Satélite ficou conhecido como “Tropical Rainfall Measuring Mission” (TRMM) que possibilita monitorar a precipitação em regiões onde os dados convencionais são escassos (KUMMEROW et al., 2000). Desde o lançamento do TRMM, equipado com um radar capaz de estimar a precipitação, um número crescente de projetos de comparação, vem sendo realizado para avaliar o grau de precisão entre os dados de satélite baseados em algoritmos de precipitação (BARRET et al. , 1994; EBERT et al. , 1996; SMITH et al. , 1998; ADLER et al. , 2001; NICHOLSON et al. , 2003; FISHER, 2004). No Brasil, entre as pesquisas utilizando as estimativas do TRMM relacionadas a fins hidrológicos merecem destacar-se (COLLISCHONN, 2006; COLLISCHON et al. , 2007; NÓBREGA et al. , 2008, JIMENEZ, 2011). Nestas aplicações resulta claro que os dados disponíveis a partir do TRMM subsidiam uma fonte rica de informações sobre precipitação, tanto espacialmente, quanto temporalmente, podendo ser utilizadas para outros fins, como estudos climatológicos (NÓBREGA, 2008).

O fato de o Brasil ser um país com uma grande extensão territorial traz grande dificuldade para o monitoramento de dados meteorológicos, neste caso, os dados de precipitação. Para tornar a monitoramento pluviográfico mais preciso pelos métodos tradicionais, seria necessária a instalação de grandes quantidades de pluviógrafos e pluviômetros nas bacias hidrográficas brasileiras o que em muitos casos está fora das possibilidades financeiras do estado. Assim, por serem medidores pontuais, a baixa densidade de pluviógrafos e pluviômetros existente hoje, faz com que seja necessário novas metodologias para o preenchimento das lacunas na estimativa da precipitação.

Não diferente do restante do país, o estado do Rio Grande do Sul, sétimo em extensão territorial, também enfrenta grandes dificuldades para monitoramento de dados pluviométricos. Na região central do estado, encontra-se a bacia do Alto Jacuí, com grande importância na área agrícola, referência na produção de trigo, soja e arroz. Além disso, destacam-se a ocorrência de eventos extremos na bacia, que causaram prejuízos aos produtores na região e impactos significativos na estrutura rodoviária da região em 2010, eventos de relevância decisiva na escolha da bacia para a realização do estudo. Por isso é de suma importância a análise e o entendimento do

comportamento pluviométrico em todas as áreas da bacia, e não apenas em alguns pontos como têm sido feito. O objetivo do trabalho foi confrontar as estimativas pluviométricas do satélite TRMM sobre a bacia do rio Jacuí, com dados de três estações pluviométricas da bacia, para avaliar a presença de erros e então apresentar um posicionamento sobre a utilização ou não dos dados satélite como fontes de estimativa sobre bacias hidrográficas com menores densidades de medidores. Vale destacar que pese à importância da bacia, a escolha de tão somente 3 estações é consequência de serem as únicas com dados em quantidade e qualidade necessária.

2. Metodologia

Para o estudo foi escolhida a bacia do Alto Jacuí, mostrada na figura 1. Foi realizado o levantamento dos postos pluviométricos da bacia e respectivamente foram adquiridos os dados pluviométricos no site Hidroweb da Agência nacional de Águas. Após o download dos dados os mesmos foram avaliados simplificada para verificação da disponibilidade temporal apresentado na figura 2. Como o satélite TRMM foi lançado em 1997, para o confronto de dados, foram selecionados três postos, o posto de Candelária, Não-Me-Toque e Barros Cassal para a análise por possuírem a melhor série no período requerido (Figura 3).

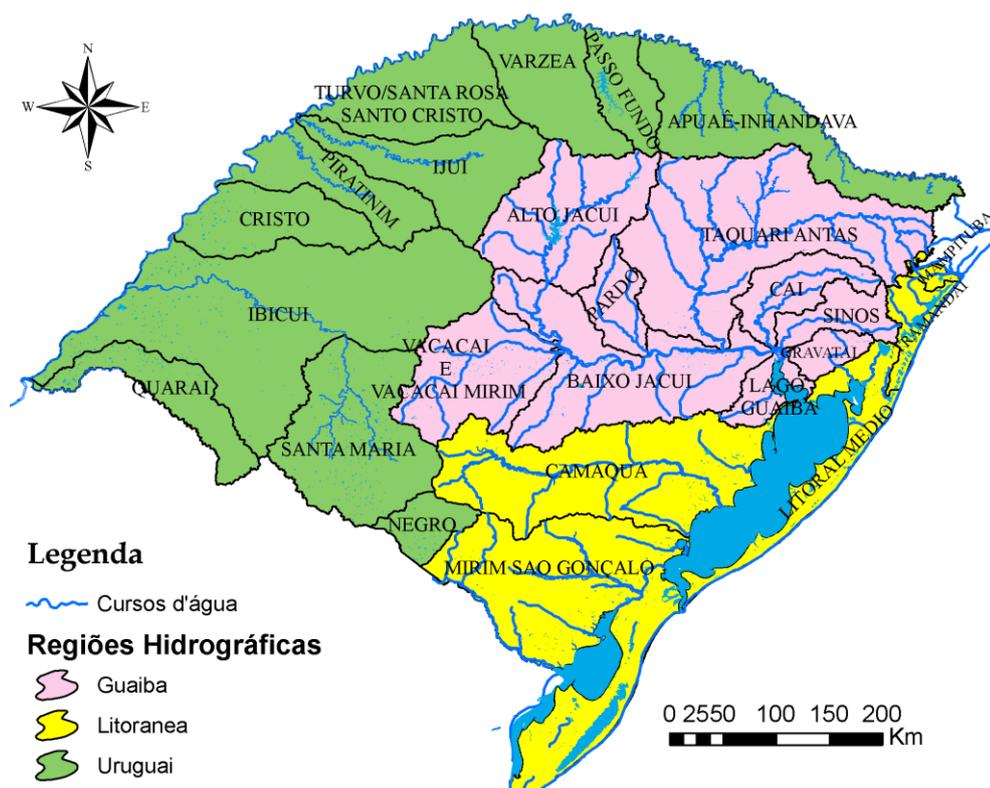


Figura 1. Mapa com as bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul.

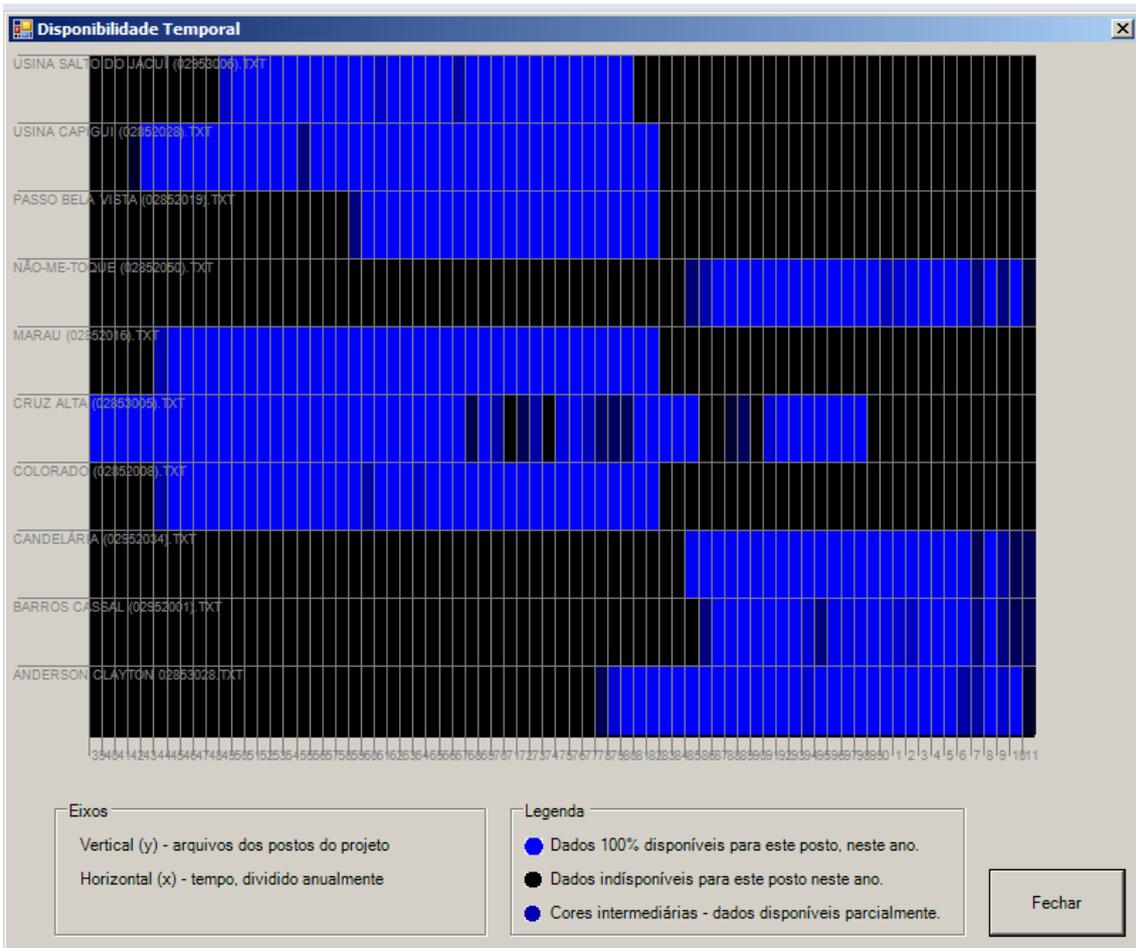


Figura 2. Disponibilidade temporal de dados pluviométricos de alguns postos da bacia do Alto Jacuí.

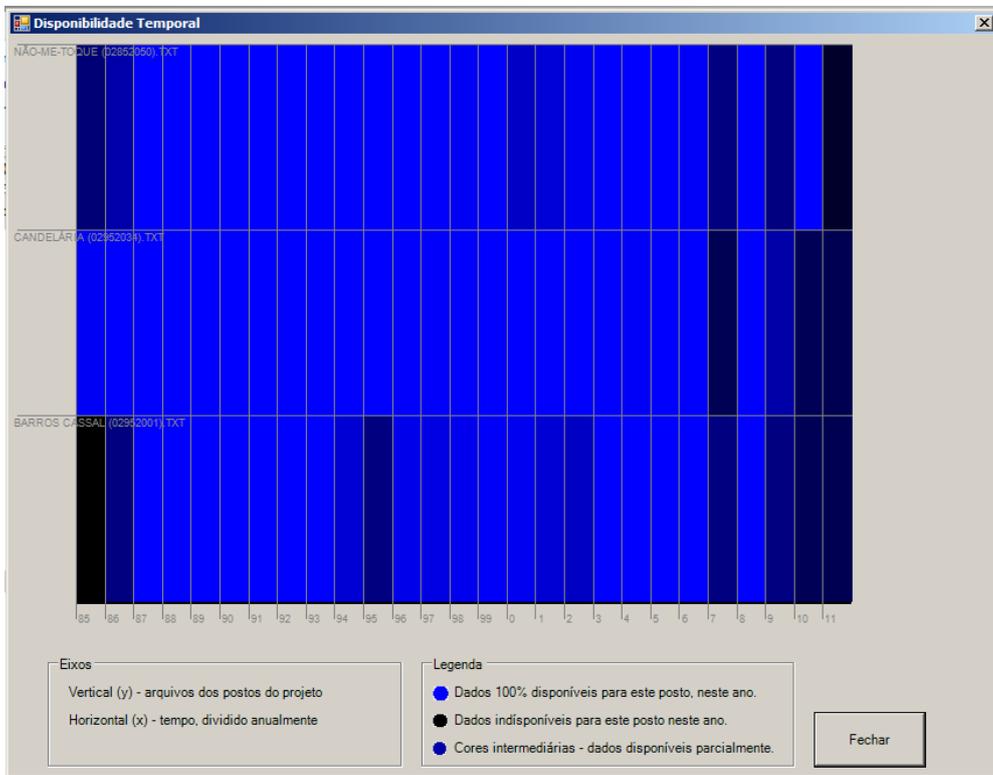


Figura 3. Disponibilidade de dados dos postos com dados mais recentes.

Para a precipitação estimada da bacia hidrográfica, utilizaram-se dados do algoritmo 3B42 do satélite TRMM . Uma descrição detalhada do algoritmo pode ser encontrada em HUFFMAN *et al* (1995). Basicamente o algoritmo 3B42 se baseia no calor das nuvens para estimar o potencial pluviométrico e faz medições de três em três horas, com resolução de 0,25°x 0,25°. Os dados são gravados em arquivos HDF, que nesta aplicação foram lidos no GrADS (“*Grid and Analysis Display System*”), que aceita automatização de tarefas através de scripts, facilitando a leitura e organização dos dados.

De todo o período selecionaram-se finalmente os anos de 1998, 1999, 2009 e 2010 para o confronto dos dados. A escolha do período de confronto dos dados teve o objetivo de representar o início e fim do período de análise, uma vez que os resultados obtidos mostraram um comportamento similar em todos os anos.

Os dados do TRMM foram extraídos, de acordo com a localização dos postos pluviométricos analisados: Barros Cassal (Lat -29.085 e Long -52.584), Candelária (Lat -29.673 e Long -52.769), Não-Me-Toque (Lat -28.455 e Long -52.815) mostrados na figura 4. Foram extraídos os dados de chuva correspondente

Posteriormente criou-se uma planilha de cálculo para cada posto com os dados diários dos postos e os de satélite. Com estas informações gerou-se um gráfico para cada ano e posto, confrontando os dados medidos com os estimados no mesmo período.

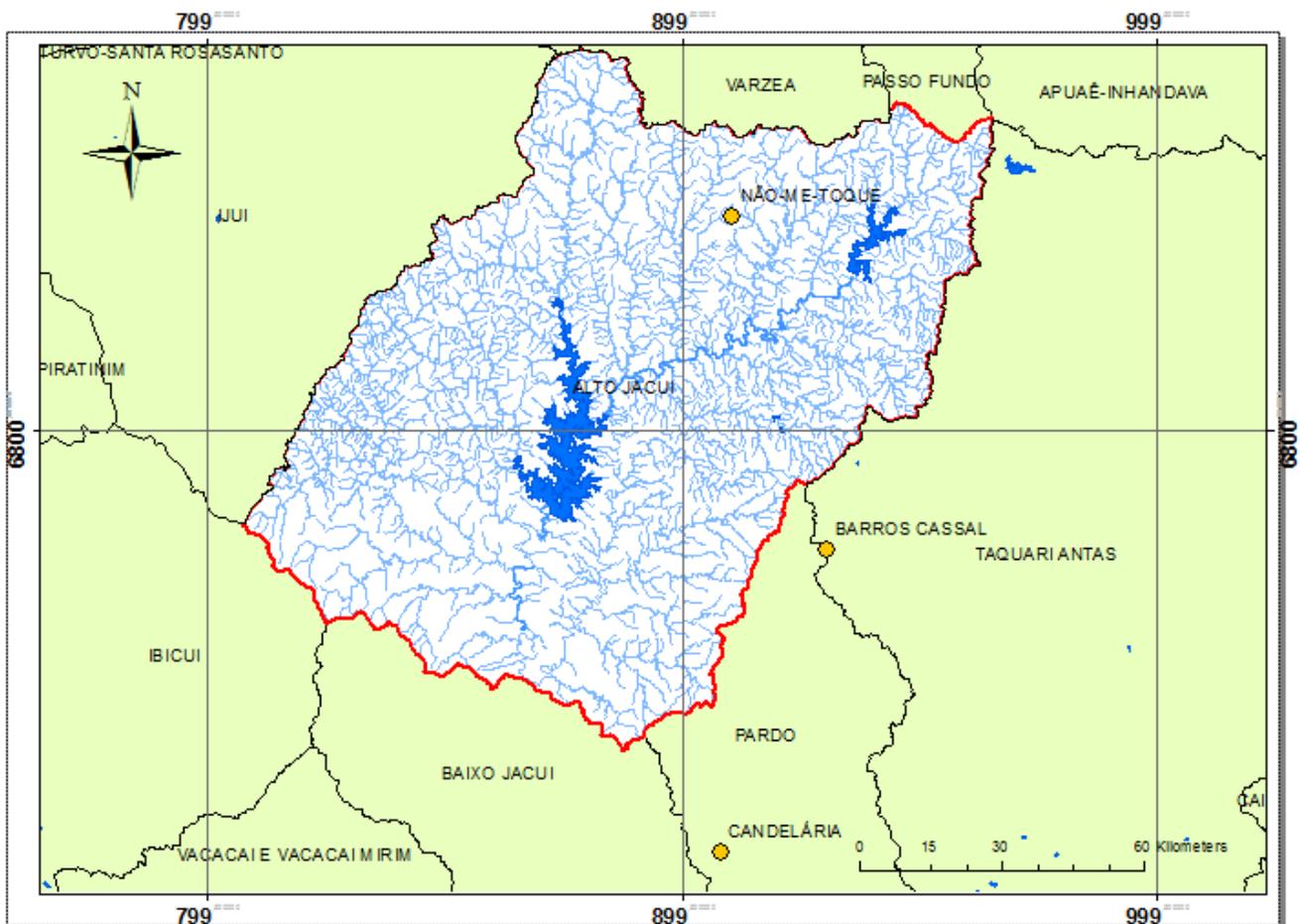


Figura 4. Bacia do Alto Jacuí, com os três postos das proximidades.

Para obter uma medida mais subjetiva da qualidade da estimativa por satélite, para as séries resultantes foi estimado o coeficiente de correlação linear, uma adaptação do coeficiente de Nash-Sutcliffe entre a chuva estimada por satélite e a observada (NS) e a diferença percentual entre volumes precipitados observados e estimados pelo TRMM no ano. A equação abaixo apresenta a definição do coeficiente de Nash-Sutcliffe:

$$NS = 1 - \frac{\sum (P_{TRMM} - P_{obs})^2}{\sum (P_{OBS} - \bar{P})^2} \quad (\text{eq 1})$$

sendo $P_{obs}(t)$ é a precipitação observada no intervalo de tempo t no posto pluviométrico; $P_{TRMM}(t)$ é a precipitação estimada pelo TRMM no intervalo de tempo t ; e Σ indica o somatório para todos os intervalos de tempo t .

Lembrando que o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe é utilizado para avaliar o poder preditivo de modelos hidrológicos, e, neste caso da chuva estimada pelo satélite TRMM. O coeficiente de eficiência pode variar de $-\infty$ a 1. Uma eficiência de 1 ($E = 1$) corresponde a uma combinação perfeita de descarga modelo aos dados observados. Uma eficiência de 0 ($E = 0$) indica que as previsões do modelo são tão precisas como a média dos dados observados, enquanto que uma eficiência inferior a zero ($E < 0$) ocorre quando a média observada é um melhor preditor do que

o modelo ou, em outras palavras, quando a variância residual (descrita pelo numerador na expressão acima), é maior que a variância dos dados (descrito pelo denominador).

3. Bacia do Alto Jacuí

A bacia hidrográfica do rio Jacuí tem área de 71.600 km², que corresponde a 83,5 % da área da região hidrográfica do Guaíba. Para fins de gerenciamento a Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul divide o rio Jacuí nas bacias hidrográficas de Alto Jacuí, Vacacaí e Vacacaí-Mirim, Baixo Jacuí, Pardo e Taquari- Antas, em função da diversidade de paisagens e características deste rio que drena a porção central do estado.

O rio Jacuí tem suas principais nascentes localizadas no Planalto, cerca de 10 km a leste da cidade de Passo Fundo, numa altitude aproximada de 730 m. Seu comprimento total é cerca de 860 km. Corre, na direita, o rio Jacuí-mirim; muda para a direção sul até a Depressão Central, onde recebe as águas dos rios Vacacaí-mirim e Vacacaí na margem direita. Daí toma a direção oeste-leste. Percorrendo cerca de 300 km até sua foz, com a formação do Delta do Jacuí, onde desembocam os rios Gravataí, Sinos e Caí.

A precipitação média anual na bacia é variável, atingindo 1.600 mm no seu valor mais alto, nas zonas compreendidas pelo curso principal do rio Jacuí até a foz do Jacuizinho e pelas cabeceiras do rio das Antas. O seu valor mais baixo, em torno de 1.200 mm anuais, encontra-se na zona compreendida pelo curso principal do rio Jacuí, entre Dona Francisca e a confluência com o rio Taquari. Os principais contribuintes do Jacuí, em sua margem direita são os rios Jacuí-mirim, Ivaí, Vacacaí-mirim e Vacacaí, e na margem esquerda os rios Jacuizinho, Pardo e Taquari. Na área de drenagem da bacia do Jacuí encontram-se aglomerações urbanas de porte significativo, destacando-se as cidades de Santa Maria (face leste), Cachoeira do Sul, Rio Pardo, São Jerônimo, Triunfo, Caxias do Sul (face norte que drena para o rio das Antas), Bento Gonçalves (drena para o rio das Antas), Lajeado (rio Taquari), Estrela (rio Taquari) e Taquari (rio Taquari).

A área norte do rio Jacuí predominam as culturas intensivas de soja e trigo, através do sistema de cultura rotativa. Na área sul aparece, além destas culturas, o cultivo do arroz e um incremento da pecuária, que, devido ao mau uso do solo agrícola, falta de prática conservacionista e a aplicação indiscriminada de agrotóxicos contribuem para a degradação da qualidade ambiental da bacia, observando-se processos de erosivos, com o aumento da turbidez e dos sólidos totais nas águas desta bacia.

Destaca-se a demanda de água para irrigação de lavouras de arroz, que somam cerca de 78.000 ha plantados, que necessitam, no período de novembro e abril, cerca de 140.000 m³/s. Fica claro então a necessidade de um planejamento adequado dos recursos hídricos devidos aos conflitos de uso de quantidade de água. Já ocorreram conflitos de uso de demanda de água, entre lavouras de arroz e sistemas de abastecimento público, especialmente em períodos de estiagem.

Estes e outros assuntos são objetos de debates e estudos nos 4 comitês de bacias existentes na região, quais sejam: Comitê Alto Jacuí, Comitê Baixo Jacuí, Comitê Vacacaí/Vacacaí-mirim e Comitê Pardo. No trecho final do rio Jacuí destacam-se as atividades de mineração de carvão e operação de usinas termelétricas à carvão.

O seu trecho superior caracteriza-se também pelo aproveitamento energético, onde estão instaladas as UHEs Ernestina, Passo Real, Salto do Jacuí, Itaúba e Dona Francisca. Ainda, o rio Jacuí é navegável da foz até Cachoeira do Sul, trecho onde se localizam 3 barragens para navegação. É o principal trecho de pesca comercial de águas interiores do Rio Grande do Sul.

O Jacuí além de irrigar lavouras, sustenta também famílias que dependem da pesca, da extração de areia, dentre outras atividades. As matas que acompanham suas margens apresentam grande diversidade de flora e fauna, dentre algumas espécies o gato-do-mato, bugio, tahã, porco-do-mato, capivara, martim pescador, saracura, bem-te-vi e ainda em suas águas peixes como pintado, traíra, jundiá, dourado, grumatã, biru, dentre outros.

4. Resultados e Discussões

Obteve-se resultados bastante semelhantes em todas as comparações realizadas, indicando um bias relativamente constante nas estimativas de chuva pelo TRMM na região. Desta forma, por economia de espaço serão apresentados unicamente os resultados para um dos postos, sendo extensíveis as conclusões para os outros postos.

Em geral o TRMM subestimou as quantidades pluviométricas como mostra a figura 5 no Posto de Não-Me-Toque para o ano de 2010. Na figura 5 se observa ainda que alguns eventos chuvosos, como os do final de 2010 nem sequer foram observados pelo TRMM. Como estatística de comparação pode mencionar-se que coeficiente de correlação entre as séries do pluviômetro e TRMM resultou de 0,40, tendo registrado valores menores em todos os postos para 2009 chegando no caso de Não-Me-Toque a um coeficiente de correlação de 0,23 e um Nash-Sutcliffe de 0,10, sendo assim o TRMM ligeiramente superior a utilizar a precipitação média diária como estimativa da chuva em um dia qualquer.

Assim a priori se observa uma baixa qualidade do TRMM para sua utilização como substituto de pluviômetro.

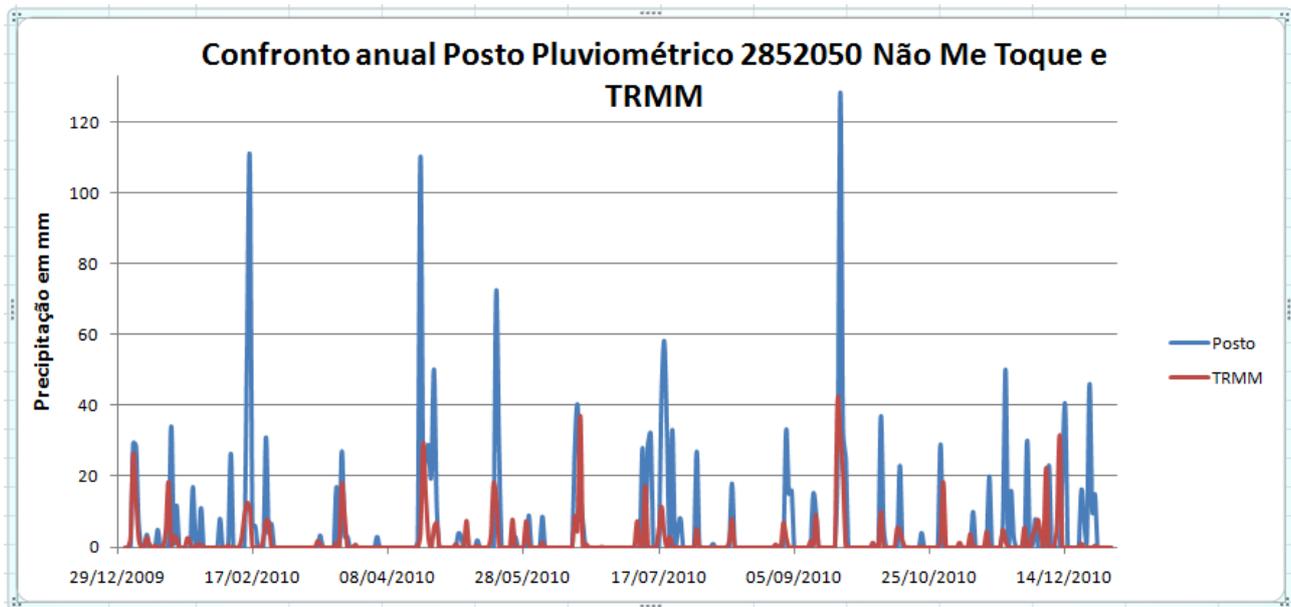


Figura 5. Gráfico do confronto dos dados pluviométricos do posto de Não-Me-Toque e do satélite.

Para avaliar se a tendência tinha diferenças conforme o período de observação (diário, mensal, anual) foi construído o gráfico de chuvas acumuladas, sendo realizada uma comparação semelhante a um gráfico dupla-massa (chuva do posto pluviométrico acumulada em ordenadas e do TRMM em abcissas). Na comparação (figura 6) observou-se novamente uma subestimativa das chuvas por parte do TRMM, no entanto destacou-se uma boa correlação linear entre as séries com

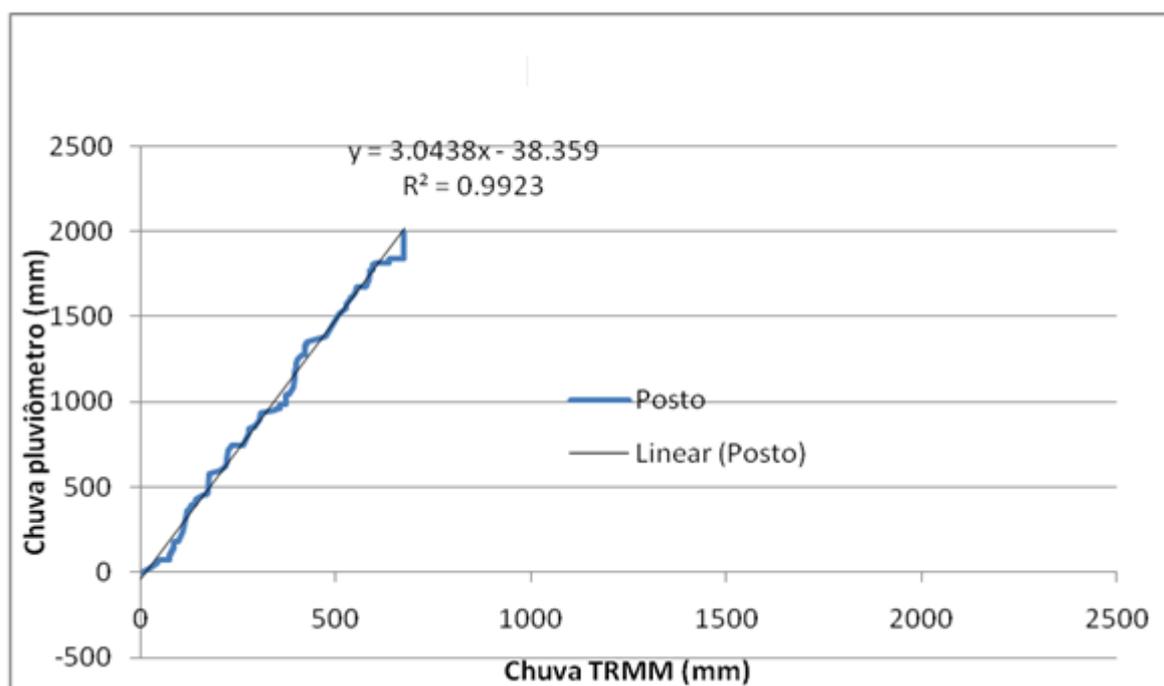


Figura 6. Chuva acumulada no posto pluviométrico e estimada pelo TRMM em Não-Me-Toque

Utilizando a equação linear ajustada, foi corrigida a precipitação acumulada estimada pelo satélite, resultando a figura 7, e finalmente os valores foram desacumulados para construir a figura 8, onde se observa um muito bom ajuste entre precipitação estimada pelo satélite e a correção da precipitação estimada pelo TRMM. O Nash-Sutcliffe utilizando a precipitação corrigida do TRMM foi de quase 1,00, indicando a adequabilidade da metodologia e do TRMM para a bacia, após os devidos ajustes.

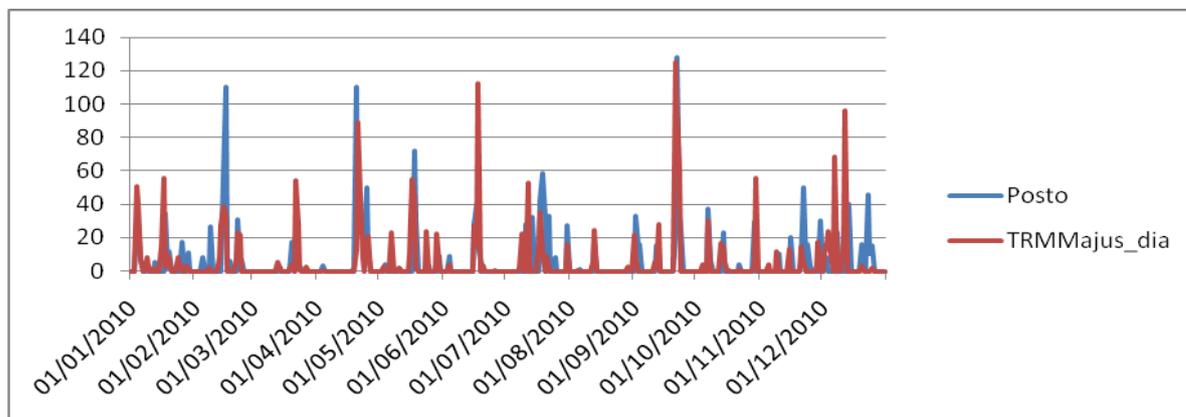


Figura 7. Confronto dos dados após correção por Nash-Sutcliffe.

Na Tabela 1 se encontra um resumo dos resultados obtidos, mostrando que com a correção aplicada os resultados do TRMM resultam em uma boa fonte de dados para análise.

Tabela 1. Valores dos coeficientes de Nash-Sutcliffe e precipitação média anual em cada posto avaliado, comparando chuva no posto e estimada no TRMM (com e sem correção).

Posto	Ano	NS	NS TRMMajust	Precip. Posto (mm)	Precip. TRMM (mm)	Precip. TRMM Ajust. (mm)
Não-Me-Toque (2852050)	1998	0.1640	0.9995	2,169.70	756.60	2,130.31
	1999	0.1465	0.9996	1,563.50	564.20	1,599.86
	2009	0.1651	0.9995	1,188.50	392.60	1,176.52
	2010	0.1021	0.9997	1,995.50	675.50	2,017.73
Barros Cassal (2952001)	1998	-0.0320	0.9996	1,667.90	614.50	1,651.01
	1999	0.0899	0.9997	1,369.90	532.10	1,413.43
	2009	0.0289	0.9996	1,126.50	439.40	1,128.01
	2010	0.2407	0.9994	1,207.10	458.70	1,245.98
Candelária (2852034)	1998	-0.0345	0.9995	1,841.50	683.50	1,822.83
	1999	0.0217	0.9997	1,555.90	569.60	1,504.64
	2009	0.1177	0.9995	1,711.50	557.90	1,731.76
	2010	0.2035	0.9993	1,009.60	378.40	994.73
Média		0.1011	0.9995	1,533.93	551.92	1,534.73

5. Conclusão

Neste trabalho foi comparada a precipitação observada em três postos pluviométricos sobre a bacia do Alto Jacuí, e a precipitação estimada pelo satélite TRMM na área dos respectivos postos, foram selecionados os anos de 1998, 1999, 2009 e 2010.

Observa-se com os resultados deste trabalho que os dados de precipitação estimados a partir de satélites como o TRMM, somadas a algumas correções de acordo com o histórico pluviométrico regional, podem ser uma alternativa eficiente e barata quando comparados a instrumentos no solo, como estações meteorológicas e pluviométricas, que possuem custos mais elevados e necessitam de constante manutenção e aferição dos dados.

Em função de ser ainda resultados preliminares, sugere-se que para uma maior certeza sobre a relação precipitação observada x precipitação estimada, realize o aumento no número de postos e no período analisado, na tentativa de baseado nos resultados encontrar um coeficiente da fórmula que melhor se adecue a bacia de estudo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo incentivo através de Bolsa de Mestrado para o autor principal que possibilitou a realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, C.; PETTY, G.; MORISSEY, M.; GOODMAN, H M. 2001. Intercomparison of global precipitation products: The third Precipitation Intercomparison Project (PIP-3). **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 82, 1377–1396.
- BARRETT, E.C. *et al.* 1994. The first WetNet Precipitation Intercomparison Project: Interpretation of results. **Remote Sens. Rev.**, 11, 303–373.
- COLLISCHONN, B. 2006. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. 2007. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, 59 (01).
- EBERT, E.E., MANTON, M.J.; ARKIN, P.A.; ALLAM, R.J.; HOLPIN, G.E.; GRUBER, A. 1996. Results from the GPCP Algorithm. Intercomparison Programme. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, 77, 2875–2887.
- FISHER, B.L. 2004. Climatological Validation of TRMM TMI and PR Monthly Rain Products over Oklahoma. **J. Appl. Meteor.**, 43, 519–535.
- HUFFMAN, G.J., R.F. ADLER, B. RUDOLF, U. SCHNEIDER, AND P.R. KEEHN, 1995: Global precipitation estimates based on a technique for combining satellite-based estimates, rain gauge analysis, and NWP model precipitation information, *J. Climate*, 8, 1284-1295
- JIMENEZ, K. Q. 2011. Modelagem hidrológica com uso da estimativa de chuva por sensoriamento remoto. Dissertação de Mestrado. IPH-UFRGS.
- KUMMEROW, C. *et al.* 2000. The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission. Mission (TRMM) after Two Years in Orbit. **Journal of Applied Meteorology**, 39 (12), 1965-1982.
- NASH J.E., SUTCLIFFE J.V. River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles (1970) *Journal of Hydrology*, 10 (3), pp. 282-290.
- NICHOLSON, S.E.; *et al.* 2003. Validation of TRMM and Other Rainfall Estimates with a High-Density Gauge Dataset for West Africa. Part II: Validation of TRMM Rainfall Products. **J. Appl. Meteor.**, 42, 1355–1368.
- NÓBREGA, R.N. 2008. **Modelagem de Impactos do Desmatamento nos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Jamari (Ro) utilizando dados de Superfície e do TRMM**. Campina Grande, PB: UFCG. 2008. 238 pág. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande.
- SMITH, E. A.; *et al.* 1998. Results of WetNet PIP-2. **J. Atmos. Sci.**, 55, 1483–1536.