

Avaliação de séries temporais pluviométricas nas microbacias de abastecimento público no estado de Goiás

Tiago Miranda Dantas ¹
Nilson Clementino Ferreira ²

^{1,2} Universidade Federal de Goiás - UFG/EECA
Caixa Postal 131 - 74605-220 - Goiânia - GO, Brasil

¹ tiago23md@gmail.com

² nclferreira@gmail.com

Abstract. The preoccupation with the security of the availability of potable water for human use is recurring along each hydric crisis what society is passing, since of dryness periods are affecting farming production, down to the long periods of dryness they harm off the public supply. The necessity of evaluation on the levels of precipitation in especific regions of biggest urban concentration, or of use intensive solo, is of fundamental important for if have knowledge, than in fact are putting in risk the security hydric worldwide and what can be done to circumvent situations of regions that present greater water vulnerability. The monitoring work environmental in part is of the used equipment in the camp, how much from satellite data, in which it is possible to perform environmental monitoring research with greater ownership and relevance on the study area, ensuring a better generation of specific studies relating to the results you want to achieve with these more detailed analyses. In this work are analysed the data provided by pluviometric stations and by TRMM satellite, for smaller rains that one mm, in all Goiás state, of 01/1998 at 11/2014, determining the efficacy of both technologies and the pluviometric variation in the passing of this period.

Palavras-chave: precipitation, hydric security, pluviometric stations, TRMM.

1. Introdução

A segurança hídrica mundial, por meio da elaboração e aplicação de políticas de sustentabilidade, busca estabelecer os valores que asseguram o acesso à água em boa qualidade e em quantidade suficiente para toda população e todas as atividades sociais e econômicas por ela desempenhadas. Para isso, o termo segurança hídrica sobrepõe as necessidades que o Estado tem de se responsabilizar nos processos gestores dos recursos hídricos, condicionando planejamentos de captação, tratamento, distribuição e utilização da água, considerando todas as variáveis impostas pela sociedade local e pelos aspectos naturais (Silva & Dos Santos, 2013).

No entanto percebe-se, em várias partes do planeta a cada ano, a intensificação de ocorrências de eventos antropogênicos, que podem afetar a segurança hídrica. As falhas na gestão pública de fiscalização e distribuição de água podem intensificar os riscos de escassez hídrica (Guerra, Ramalho, Silva, & Vasconcelos, 2007). O grande aumento da demanda por água, que cresce de forma exponencial, se relaciona diretamente com o: crescimento exacerbado da população; o uso inadequado de grandes áreas do solo para cultivos de monoculturas; a ocorrência de desmatamentos para o avanço da agropecuária; a necessidade de expansão das áreas urbanas acarretando em áreas impermeabilizadas e alterando todo o ciclo natural de percurso da água são ocorrências antropogênicas que colocam em risco a segurança hídrica local e regional (Veriato, Barros, Souza, Chicó, & Barosi, 2015).

Em busca de garantir a prevenção da manutenção hídrica de uma região, é necessária a adoção de ferramentas ou recursos tecnológicos que, por meio do monitoramento, podem detectar eventuais riscos à segurança hídrica local e regional. Para isso podem ser elaborados como medidas de monitoramento, a gestão da demanda e controle de água, priorizando as necessidades básicas e estabelecendo medidas de controle do uso; desenvolver um melhor estudo sobre as variáveis que atuam sobre determinado recurso hídrico, para melhor avaliar processos físicos envolvidos; e aprimoramento de ferramentas utilizadas no modelo de

previsão climática, podendo ser realizado de análises hidrológicas aos impactos da agricultura (Assis et al., 2014).

Tratando-se das características pluviométricas do bioma Cerrado no Brasil, já é conhecido que apresenta índice pluviométrico bem definido de épocas de chuva, de outubro a março, e de seca, de maio a setembro, ao longo do ano (F. F. N. Marcuzzo, Cardoso, & Faria, 2012). No estado de Goiás, que possui quase todo o seu território inserido no bioma Cerrado, essa característica influencia grande parte das atividades econômicas e sociais. Durante o período de estiagem, as vazões de mananciais diminuem consideravelmente, afetando a qualidade da água devido ao aumento da concentração de poluentes na água, resultante de efluentes. Além disso, a quantidade de água nas bacias de captação para abastecimento público municipal reduzem consideravelmente, podendo comprometer a distribuição de água (Romero, Noronha Marcuzzo, & Cardoso Murillo, 2014). Desta forma, o monitoramento pluviométrico é uma atividade de grande relevância em Goiás.

O monitoramento pluviométrico pode ser realizado a partir de redes de estações pluviométricas instaladas em pontos fixos de análise ao longo de todo o território que deseja ser monitorado, e também por sistemas satelitários que detectam os índices pluviométricos, as imagens de satélite comumente utilizadas para esta análise provem do TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) (Bowman, 2010).

O objetivo deste artigo é apresentar a comparação dos dados de ocorrência de chuvas e períodos de estiagem, por meio de dados oriundos de rede de estações pluviométricas e de dados pluviométricos obtidos pelo satélite TRMM em todo o estado de Goiás, para o período entre 1998 e 2014, numa resolução temporal diária das observações.

2. Metodologia de Trabalho

Para a elaboração do trabalho, foi organizada uma grande base de dados pluviométricos do estado de Goiás, dividida em dois conjuntos, sendo que um deles composto por dados pluviométricos diários, entre o dia 01 de janeiro de 1998 a 30 de novembro de 2014, adquiridos pelos sensores instalados a bordo do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). O outro conjunto, também da mesma época e com a mesma resolução temporal, são dados oriundos de uma rede pluviométrica instalada no estado de Goiás e em seu entorno, compreendendo 153 estações pluviométricas, conforme ilustra a Figura 1.

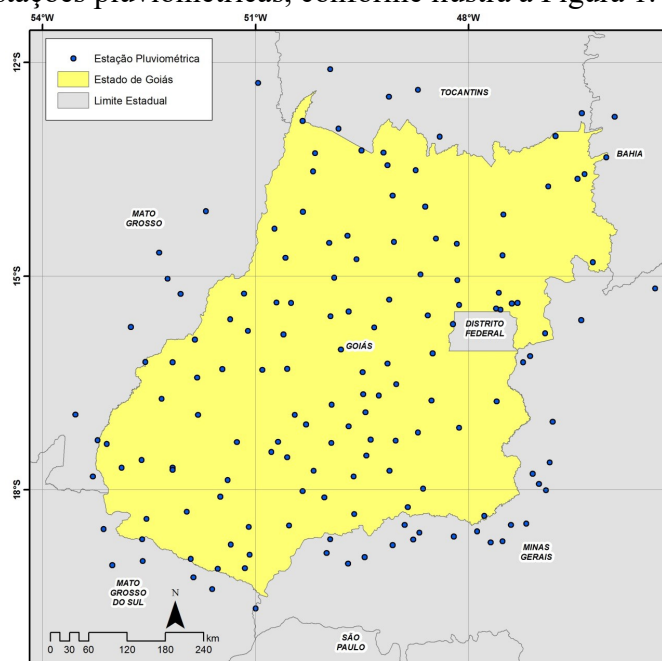


Figura 1. Rede de estações pluviométricas do estado de Goiás e entorno do Distrito Federal.

O desenvolvimento e operação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) foi realizado em parceria entre Estados Unidos e Japão, com o intuito de realizar o monitoramento da precipitação tropical e subtropical no planeta, cobrindo a faixa latitudinal entre 500 Norte e 500 Sul, em um detalhamento espacial de aproximadamente 30 km (Liu et al., 2015). O TRMM produziu dados em alta resolução temporal, até início de 2015. Neste estudo foram utilizados dados da versão 7, com resolução temporal diária, no intervalo de 01 de janeiro de 1998 até 31 de dezembro de 2014.

Utilizando-se o programa computacional ArcGIS 10, foi desenvolvido um programa em linguagem python, para realizar a interpolação automática dos dados obtidos a partir da rede pluviométrica do estado de Goiás, utilizando o interpolador Topo to Raster, que utiliza a eficiência computacional da interpolação local, com a ponderação do inverso da distância, sem perder a continuidade superficial dos métodos de interpolação global. Esse método é utilizado preferencialmente na interpolação de relevo hidrologicamente consistente, mas também apresenta bons resultados na interpolação de dados pluviométricos (F. Marcuzzo & Cardoso, M.).

Após as interpolações, tanto os dados oriundos da rede de estações pluviométricas, quanto aqueles do TRMM, foram espacialmente recortados considerando o limite geográfico do estado de Goiás. Os dois conjuntos de dados ficaram também com o mesmo detalhamento espacial, de aproximadamente 30 km.

De posse dos dois conjuntos de dados pluviométricos do estado de Goiás, deu-se início ao processo de análise booleana dos dados, onde os valores de pluviometria menores ou iguais a 1 mm de pluviometria diária, são considerados como não ocorrência de chuva, caso contrário a não ocorrência é considerada falsa (Lima, Rocha, Mariano, & Cabral, 2012). Com isso, foram obtidos dois conjuntos de dados matriciais binários, sendo o valor de célula igual a 1, para não ocorrência de chuva diária e o valor de célula igual a 0 para a ocorrência de chuva. Posteriormente, essas imagens binárias foram somadas para cada mês dos anos, desde janeiro de 1998 a novembro de 2014. Com isso, foi possível obter a quantidade de dias sem chuva mensal, para cada célula dos dois conjuntos de dados.

Na etapa seguinte, foram obtidos os valores de média mensal do número de dias sem chuva para o estado de Goiás, a partir do conjunto de dados observados pelo satélite TRMM e pela rede de estações pluviométricas consideradas nas análises.

Finalmente, foram organizadas as séries temporais mensais, de dias sem ocorrência de chuvas, sendo que essas séries foram analisadas tanto para os dados TRMM, quanto para os dados da rede de estações pluviométricas, em período anual e também no período de seca, entre os meses de maio a setembro. Foram realizadas várias análises estatísticas e também produzidos gráficos, com o intuito de se verificar o nível de coincidência entre os dois conjuntos de dados, e principalmente a tendência de aumento ou diminuição da quantidade de dias sem chuvas no período de seca no estado de Goiás.

3. Resultados e Discussões

Com os conjuntos de imagens TRMM e das Estações organizadas em um banco de dados, com 6202 imagens de cada sistema exemplificado na Figura 2.

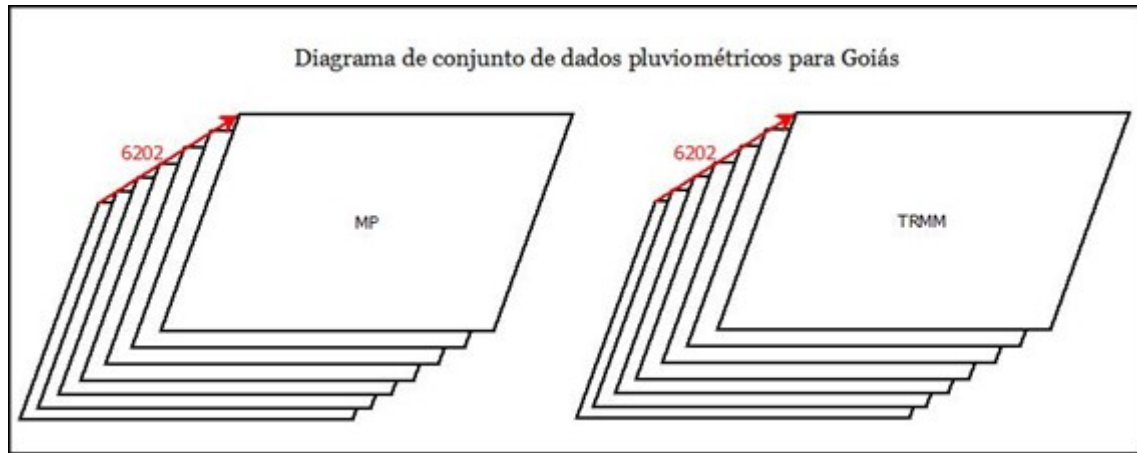


Figura 2. Diagrama do conjunto de dados pluviométricos do estado de Goiás.

O valor de precipitação em cada um dos conjuntos de dados (TRMM e estações pluviométricas) é obtido em milímetros, conforme se pode observar na Figura 3, que exibe a precipitação ocorrida no estado de Goiás, no dia 01 de março de 2010.

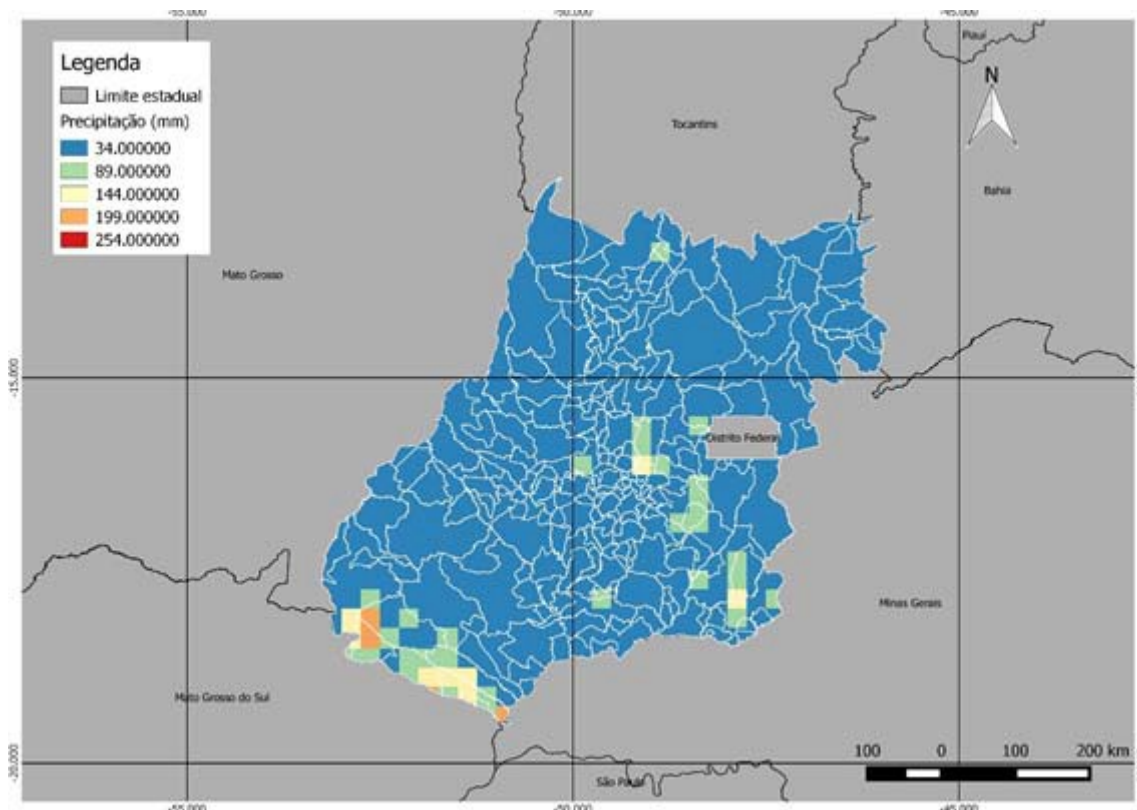


Figura 3. Imagem TRMM de 01/03/2010.

Com este conjunto de imagens foi possível verificar as diferenças dos resultados obtidos pela rede de estações pluviométricas e dados satelitários, como ilustrado nas Figuras 4 e 5, de dia chuvoso do mês de janeiro de 2012, podendo evidenciar a eficácia de ambos os métodos mesmo com resultados variados, caracterizados justamente pela diferença de método de análise do TRMM, que é composto por uma imagem de satélite com resolução de 30x30 km,

abrangendo uma grande extensão, enquanto a rede de estação pluviométrica coleta dados pontuais por toda a área de estudo.

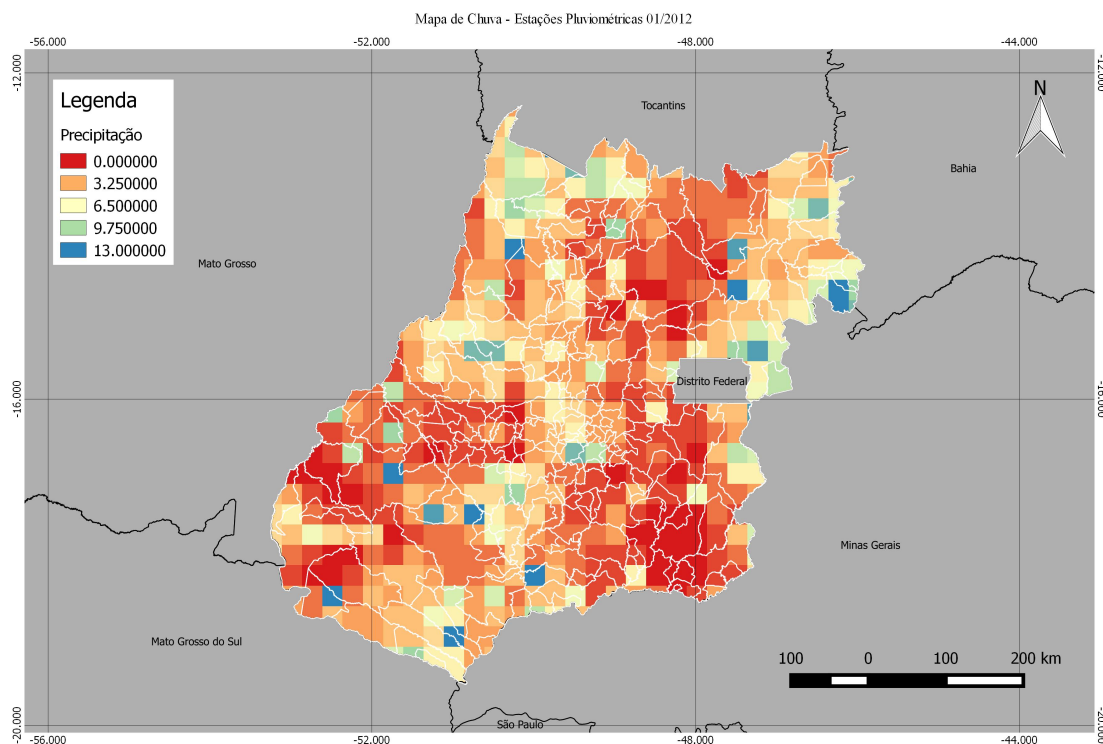


Figura 4. Mapa de Pluviometria Interpolada a partir de dados de Estações Pluviométricas de 01/2012 do estado de Goiás.

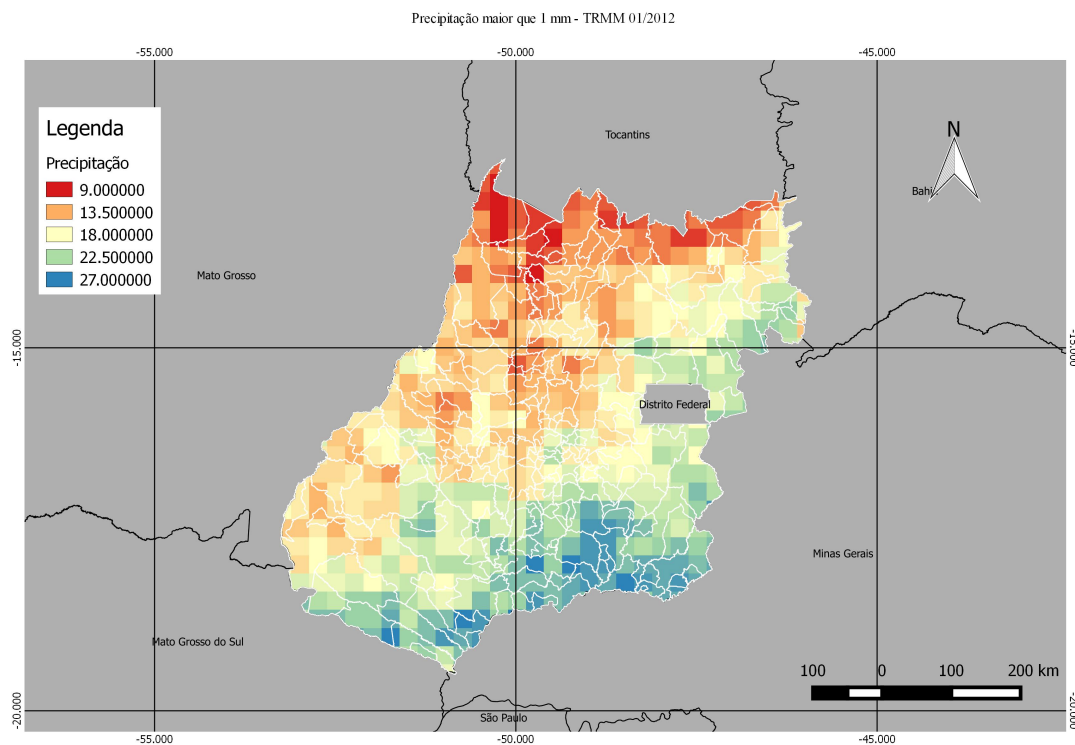


Figura 5. Mapa de Pluviometria obtido a partir de dados do satélite TRMM de 01/2012 do estado de Goiás.

Em dias sem chuvas, as diferenças entre dados oriundos de redes de estações pluviométricas e oriundos do satélite TRMM diminuem de maneira expressiva, conforme se pode observar na Figura 6.

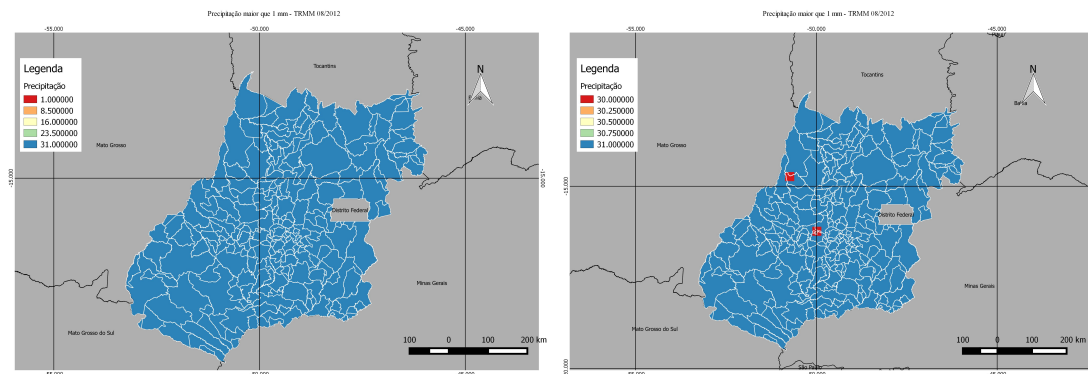


Figura 6. Mapa Estações e TRMM (respectivamente) de 08/2012 do estado de Goiás.

Observa-se os dois conjuntos de dados são satisfatórias para se analisar a distribuição de precipitação no estado de Goiás, porém, quando postas em comparação é possível observar diferenças importantes em dias chuvosos, e uma boa concordância dos dados em dias secos.

De posse dos dois conjuntos de dados, os mesmos foram submetidos a análise booleana, com o intuito de se identificar os pixels com pluviometria menor ou igual a 1 mm, sendo considerado que nesse pixel, no dia, não ocorreu chuva. Os resultados desse processo foram dois novos conjuntos de imagens binárias (imagens com valores de pixel igual a zero, se o valor da pluviometria foi maior que 1 mm, e com valores igual a 1, se o valor da pluviometria foi menor ou igual a 1 mm). Na Figura 7, é possível observar os locais de ocorrência de chuva em Goiás, no dia 05/01/1998.

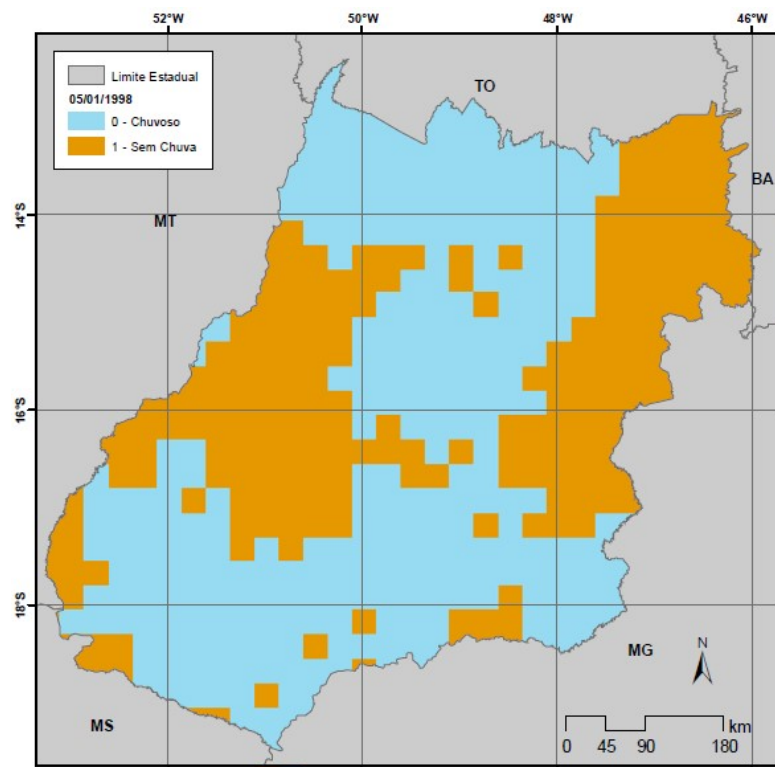


Figura 7. Imagem binária resultante de análise booleana sobre dados pluviométricos de Goiás.

De posse dos dois conjuntos de imagens binárias, na etapa seguinte foram realizadas as somatórias das imagens binárias de mesmo mês, obtendo-se assim o mapeamento da quantidade de dias sem chuva por mês em cada localidade do estado de Goiás, representada pelo pixel de dimensão de 30 km por 30 km.

Do processo anterior, resultaram dois conjuntos de dados mensais, de janeiro de 1998 a novembro de 2014. Finalmente foi calculada a quantidade média de dias sem chuvas para o estado de Goiás, para o período estudado, sendo possível produzir duas séries temporais que podem ser observadas na Figura 8.

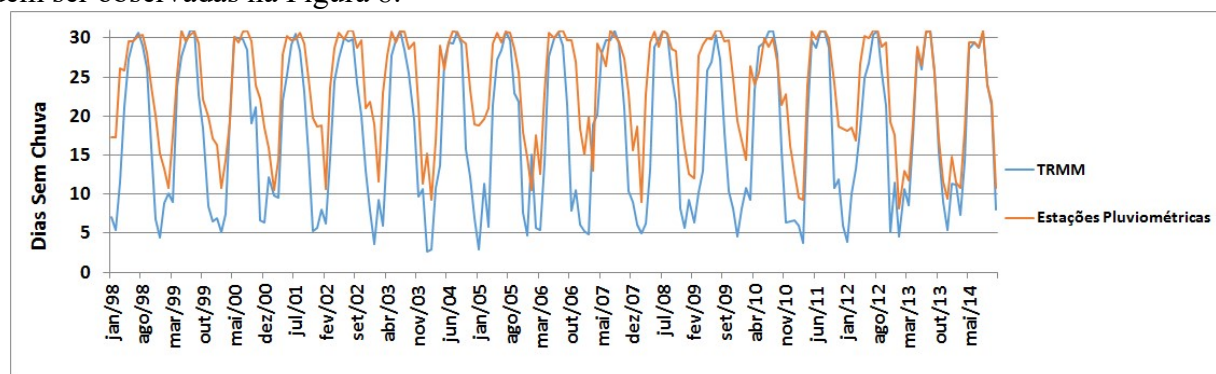


Figura 8. Séries temporais de ocorrência de chuvas em Goiás.

As duas séries temporais mostram o comportamento sazonal de ocorrência de chuvas em Goiás, com maiores quantidades de dias sem chuvas entre os meses de maio a outubro, nos meses restantes há menores ocorrências de dias sem chuvas no estado de Goiás.

Em geral, os dados TRMM apresentam menos dias sem chuva, do que a rede de estações pluviométricas, uma possível explicação para isso é a área mínima de observação do TRMM, que é de 900 km², enquanto que no caso de pluviômetros a observação é pontual, em locais com grande ocorrência de chuvas convectivas, muitas dessas chuvas podem não ser mensuradas por pluviômetros, mas podem ser registradas pelos sensores do TRMM. Considerando o período anual, a diferença média entre as duas séries temporais foi de 26%, ou 7,8 dias. Se for considerado apenas o período de seca, a diferença diminui para 6%, ou seja 1,8 dias.

4. Conclusões

Com os resultados obtidos foi possível concluir que a comparação entre as duas metodologias não foi diferente do que se encontra em outras literaturas científicas sobre outros métodos trabalhados de forma semelhantes de análise. De fato, as análises feitas por TRMM indicaram um menor número de dias sem chuva do que o relatado por estações, esse fato pode ser explicado pela origem dos dados, enquanto os dados pluviométricos oriundos de rede de pluviômetros tem uma origem pontual, os dados satelitários consideram uma área de 30 km por 30 km, isso pode eliminar o problema da ocorrência de chuvas convectivas, não registradas por pluviômetros, por não ocorrerem sobre as localizações dos mesmos. Porém, de acordo com uma análise geral, foi possível verificar a eficácia de ambos para este tipo de trabalho, obtendo resultados praticamente equivalentes no final das análises, e evidenciando a importância do trabalho em conjunto para determinar níveis de precipitação em grandes extensões.

As duas séries apresentam uma a variação pluviométrica praticamente estável ao longo dos anos analisados. Podendo ser melhor avaliado a partir de agora, com o uso em conjunto

de estações com dados satelitários da nova plataforma orbital GPM (Global Precipitation Measurement), com resolução espacial de 5 km.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento, por meio de bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo suporte financeiro por meio do projeto da chamada 05/2012 - processo 201210267000907.

Referências Bibliográficas

- Assis, F. De, Filho, D. S., Helena, S., Aquino, S. De, Sávio, E., & Rodrigues, P. (2014). **Documento sobre Bases Conceituais sobre Mudanças Climáticas, Impactos e Adaptação em Recursos Hídricos**. Retrieved April 13, 2016, from [http://www2.ana.gov.br/Documents/1-Fundamentos Conceituais.pdf](http://www2.ana.gov.br/Documents/1-Fundamentos%20Conceituais.pdf)
- Bowman, K. P. (2010). **Comparison of TRMM Precipitation Retrievals with Rain Gauge Data from Ocean Buoys**. <http://doi.org/10.1175/JCLI3259.1>
- Guerra, L. D., Ramalho, D. De S., Silva, J. B., & Vasconcelos, C. R. P. DE. (2007). **Ecologia política da construção da crise ambiental global e do modelo do desenvolvimento sustentável**. *Interações (Campo Grande)*, 8(1), 9–25. <http://doi.org/10.1590/S1518-70122007000100002>
- IBGE. (2015). **Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação em Julho de 2015**.
- INMET. (2009). **Normais Climatológicas do Brasil 1961 - 1991**.
- Kottke, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263.
- Lima, A. M. De, Rocha, J. R. R., Mariano, Z. De F., & Cabral, J. B. P. (2012). **Intensidade Das Chuvas Na Bacia De Caçu-GO**. *Revista Geonorte*, 2(5), 1089–1097.
- Liu, X., Liu, F. M., Wang, X. X., Li, X. D., Fan, Y. Y., Cai, S. X., & Ao, T. Q. (2015). **Combining rainfall data from rain gauges and TRMM in hydrological modelling of Laotian data-sparse basins**. *Applied Water Science*. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/s13201-015-0330-y>
- Mao, Y., Nijssen, B., & Lettenmaier, D. P. (2015). **Is climate change implicated in the 2013-2014 California drought? A hydrologic perspective**. *Geophysical Research Letters*, 42(8), 2805–2813. <http://doi.org/10.1002/2015GL063456>
- Marcuzzo, F., & Cardoso, M. (N.D.). **Determinação do ano hidrológico e geoespacialização das chuvas dos períodos úmido e seco da sub-bacia 63**.
- Marcuzzo, F. F. N., Cardoso, M. R. D., & FÁRIA, T. G. (2012). **Chuvas No Cerrado Da Região Centro-Oeste Do Brasil**. Retrieved April 13, 2016, from http://www.cprm.gov.br/publique/media/Art_Cerrado_Marcuzzo.pdf
- Marx, A., Zink, M., Pommerenck, J., Kumar, R., Thober, S., & Samaniego, L. (2015). **The German Drought Monitor**. EGU General Assembly 2015. Retrieved from <http://adsabs.harvard.edu/abs/2015EGUGA..17.5625M>
- Romero, V., Noronha Marcuzzo, F. F., & Cardoso Murillo, R. D. (2014). **Trend in the number of days with rain in the state of goiás and its relationship with extreme ocean niño index**. *Boletim Goiano de Geografia*. Instituto de Estudos Sócio- Ambientais. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4996355&info=resumen&idioma=ENG>
- Silva, C. Â., & Dos Santos, L. B. (2013). **Uma Abordagem da Teoria do Complexo de Segurança sobre as águas transfronteiriças do Rio Jordão / An approach of the Security Complex Theory applied to the transboundary waters of the Jordan River**. *Mural Internacional*, 4(1), 19–26. <http://doi.org/10.12957/rmi.2013.6753>
- Veriato, M. K. L., Barros, H. M. M., Souza, L. P., Chicó, L. R., & Barosi, K. X. L. (2015, December 3). **Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050**. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Retrieved from <http://www.gvaa.org.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3869>