

Caracterização das chuvas no Pantanal Mato-grossense

Daniel Pereira Guimarães ¹
Elena Charlotte Landau ¹
Maria Carolina Braga Santos ²
Shaieny Haryel Gomes da Silva Mendes ³

¹ Embrapa Milho e Sorgo - CNPMS
Rodovia MG 424, km 45 - Caixa Postal 159
35701-970 – Sete Lagoas - MG, Brasil
{daniel.guimaraes, charlotte.landau}@embrapa.br

² UNIFEMM
Av. Marechal Castelo Branco, 2765 - Santo Antonio,
MG, 35701-242 - Sete Lagoas
mariacarolinabragasantos@hotmail.com

³ Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ – Campus Sete Lagoas
Rodovia MG 424, km 47 - Caixa Postal 56
35701-970 - Sete Lagoas - MG, Brasil
shaienyharyel@hotmail.com

Resumo. A espacialização das chuvas no Pantanal Mato-grossense foi gerada a partir das bases de dados CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station) com série temporal diária a partir de 1981 até o presente e resolução espacial de 5 km. A obtenção das estatísticas diárias das imagens em relação às áreas municipais foi feita pela aplicação de código fonte desenvolvido em linguagem Python e implementada pelo plugin Zonal Statistics do software livre QGIS. Os resultados apresentaram coerência com os estudos da precipitação atmosférica feitos para a região a partir de informações de estações terrestres.

Palavras-chave: pluviometria, CHIRPS, ciclo das chuvas, Pantanal.

Abstract. The spatialization of the rainfall in the Mato Grosso Pantanal was generated using the CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station) databases. We used daily time series from 1981 to the present in a 5 km spatial resolution. A code developed in Python and implemented by the Zonal Statistics plugin of the QGIS was used to run daily statistics of the images in relation to the municipality areas. The results of atmospheric precipitation in the analyzed region were consistent with the local ground station information.

Keywords: pluviometry, CHIRPS, rainfall cycle, Brazilian Pantanal.

1. Introdução

O bioma do Pantanal Mato-grossense é dominado pelo ciclo das águas. Os períodos de cheia e vazante da planície pantaneira contribuem para o surgimento de ecossistemas complexos de enorme biodiversidade. Considerado como patrimônio da humanidade e reserva da biosfera pela Unesco (Ferreira, 2013), o Pantanal Mato-grossense é impactado pelas atividades humanas como pecuária extensiva, agricultura, pesca e turismo. O conhecimento sobre as interações clima-ambiente, em especial sobre as condições hídricas, é fundamental para a manutenção da biodiversidade e a minimização das atividades antrópicas na região.

De acordo com Freitas et al. (2014), o clima do Pantanal é classificado em Tropical Úmido com a ocorrência de verões chuvosos e invernos secos, *Aw* na classificação de Köppen-Geiger, sendo o ciclo das águas dividido em três fases distintas: cheia, estiagem e vazante, que ocorre com a drenagem das águas interiores para a calha do Rio Paraguai. Alho et al. (1988) mostraram as diferentes feições do Pantanal determinadas pelas condições de relevo e interações climáticas além da forte influência dos biomas limítrofes, como o Cerrado, Amazônia e os Chacos bolivianos e paraguaios.

Os estudos climatológicos em regiões remotas e de grande extensão territorial são limitados pela deficiência de bases de dados suficientes para o procedimento das análises, além dos problemas referentes às falhas na coleta dos dados e erros amostrais. García e Castro (1986) utilizaram dados de 81 postos pluviométricos para a caracterização do regime de chuvas na Bacia do Alto Paraguai e definiram 3 grupos distintos: Grupo 1, situado no nordeste da bacia, com altas precipitações entre os meses de novembro e março, com clima úmido mesotérmico; Grupo 2, na região central com características climáticas seco megatérmico; e na região sul da bacia o Grupo 3, classificado como subúmido mesotérmico. Marcuzzo (2014), ao selecionar bases de dados consistentes e com séries históricas com pelo menos 30 anos, empregou apenas sete postos de observações pluviométricas para os estudos da precipitação mensal no Pantanal Sul-mato-grossense.

A tendência atual é a utilização de informações climatológicas obtidas de plataformas espaciais, especialmente pela Agência Espacial Americana (NASA), com as informações dos satélites MODIS e GOES-16 e da Agência Espacial Japonesa. Os satélites Himawari, operados pelo Serviço Meteorológico Japonês (JMA), e o GOES-16, operado pelo NOAA, (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) monitoram a totalidade da superfície habitável do planeta. O projeto GPM (*Global Precipitation Measurement*), liderado pela NASA, integra uma rede de satélites em parceria multinacional para monitorar o ciclo da água na atmosfera (Hou et al., 2014).

Todos os sistemas de monitoramento climatológico apresentam falhas de difícil superação. O uso de estações meteorológicas convencionais está sujeito à ocorrência de falhas nas séries históricas, erros de anotações, erros sistemáticos introduzidos pelo operador e, principalmente, baixa representatividade espacial. As estações meteorológicas automáticas apresentam falhas nos sensores, falhas no envio dos dados e um grave problema referente à perda de calibração dos sensores. Problemas similares são observados nos radares terrestres de monitoramento das chuvas. A base de dados CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station) foi criada a partir da colaboração entre o USGS (U.S. Geological Survey) e o EROS (Earth

Resources Observation and Science), cobrindo o globo terrestre entre as latitudes 50°S e 50°N com informações diárias, pentadais, decendiais, mensais e anuais a partir de janeiro de 1981 até o presente (Funk et al. (2014)). O grande diferencial dessa base de dados consiste no monitoramento com resolução espacial de 0,05°, correspondendo a aproximadamente 5 km de pixel e a incorporação de bases de dados de estações terrestres. No Brasil, nos anos iniciais do processo de modelagem e calibração dos modelos, foram utilizados dados pluviométricos de mais de 7.000 estações terrestres, as quais foram reduzidas ao longo do tempo. Espera-se que a disponibilização dos dados no formato raster nos últimos anos permita analisar a intensidade e frequência de ciclos de chuva, minimizando a tendência observada de diminuição das estações terrestres no país.

2. Objetivo

Mapear as chuvas no Pantanal Mato-grossense a partir das bases de dados CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*), considerando bases de dados diários entre janeiro de 1981 e março de 2018, para avaliar a frequência de chuvas de altas intensidades, as tendências de precipitação mensal nos principais municípios da região e estabelecer comparações entre as chuvas obtidas pela base CHIRPS com as registradas nas estações meteorológicas convencionais.

3. Material e Métodos

A delimitação da área coberta pelo Pantanal Mato-grossense foi definida a partir de vetorização efetuada pelo IBGE, adaptada pelo MapBiomas e disponibilizada no formato shapefile em: http://mapbiomas.org/pages/database/reference_maps. A disponibilização dos dados no formato raster utilizados neste estudo podem ser encontrados no endereço: <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>.

A precipitação média para cada município foi obtida através da classe *QgsZonalStatistics* incorporada no software livre QGIS®. Tendo em vista o enorme número de imagens componentes da base de imagens CHIRPS, foi necessária a introdução de processos de automatização das análises, e um código fonte foi desenvolvido na linguagem de programação Python apresentado por Guimarães et al. (2017) com o seguinte *script*:

```
from qgis.analysis import QgsZonalStatistics
for z in range(2012, 2017): #Loop anual, ate 2616
for y in range(1, 13): #Loop mensal, ate 12
for x in range(1, 32): #Loop diario, ate 31
#Caminho do arquivo vetorial:
polygonLayer = QgsVectorLayer("[caminho]\%d\%d\shape\municBrasil.shp" % (z,y), 'zonepolygons',
"org")
#Caminho do arquivo raster:
rasterFilePath = "[caminho]\ImagensTIF\%d\%d\dia(%d).tif" % (z,y,x)
#ZoneStat = QgsZonalStatistics (Vetor, Raster, Prefixo tab. de Atrib., Banda do Raster, Funcao do
Comando)
zoneStat = QgsZonalStatistics (polygonLayer, rasterFilePath, "dia_%d" % (x),1)
print "Arquivo %d-%d-%d: [caminho]\ImagensTIF\%d\%d\dia(%d).tif. Erros:" % (z,y,x,z,y,x)
zoneStat.calculateStatistics(None)
print "Pronto!"
```

Para fins comparativos, a precipitação extraída das imagens CHIRPS foi obtida com a delimitação de uma zona de *buffer* com raio de 500 metros em torno da localização geográfica das estações meteorológicas do Inmet.

4. Resultados e Discussão

Na **figura 1** é mostrada a precipitação média anual no Pantanal Mato-grossense, a partir das bases de dados CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*), entre os anos de 1981 e 2018.

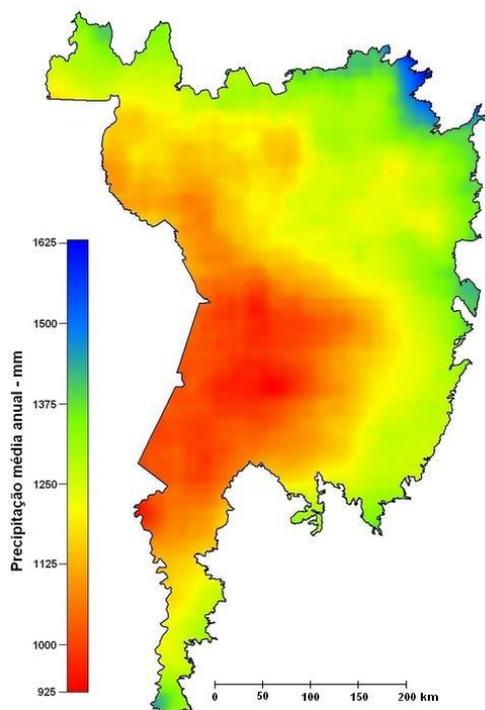


Figura 1. Precipitação Média Anual no Pantanal Mato-grossense a partir das bases de dados CHIRPS.

As **figuras 2 e 3** mostram as precipitações médias mensais no Pantanal Mato-grossense, nos períodos correspondentes às estações das chuvas e estiagem.

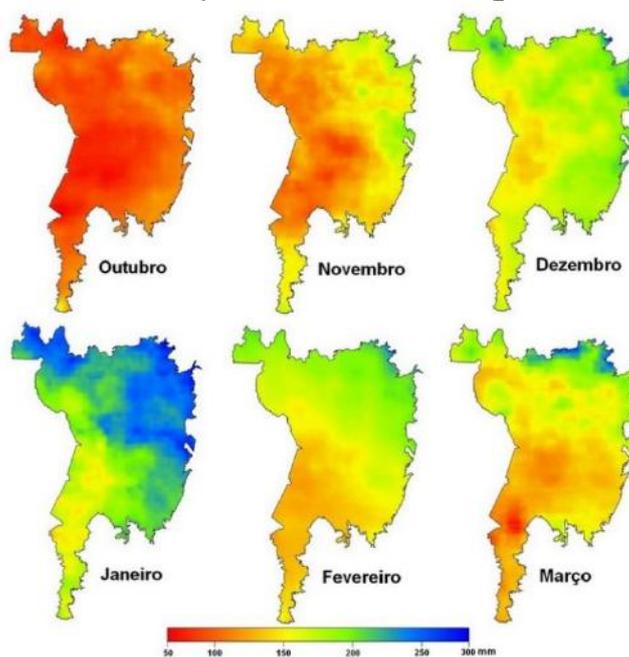


Figura 2. Precipitação média mensal durante a estação chuvosa no Pantanal Mato-grossense.

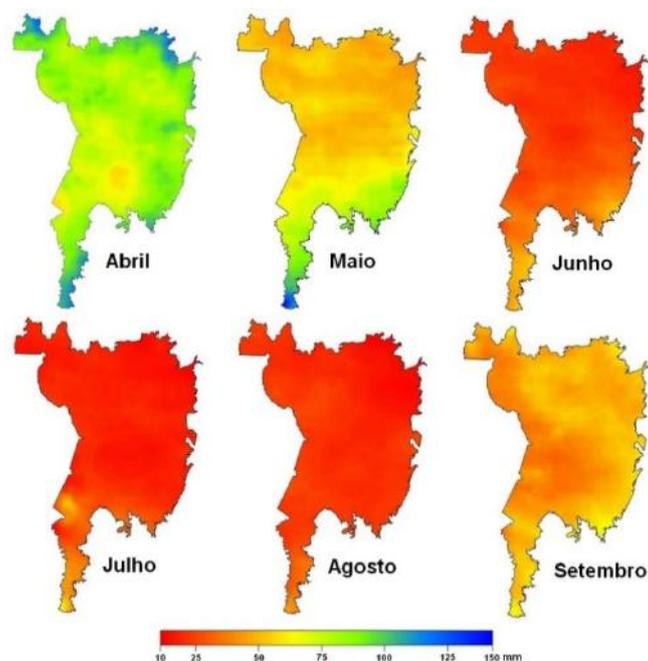


Figura 3. Precipitação média mensal durante a estação seca no Pantanal Mato-grossense.

Verifica-se que nas áreas mais secas a precipitação média anual é próxima de 900 mm/ano, compatível com a observada nas zonas de transição entre o Cerrado e a Caatinga nas regiões Norte de Minas Gerais e Vale do Jequitinhonha. Dentre os grupos climáticos observados por García e Castro (1986), ficam evidentes o Grupo 1 com altas pluviosidades no nordeste da região e o Grupo 2 na região central com as menores precipitações médias anuais. A maior precipitação observada para a região sul do Pantanal Mato-grossense também explica o Grupo 3 definido pelos mesmos autores. As maiores precipitações mensais ocorrendo no mês de janeiro são compatíveis com os resultados obtidos por Marcuzzo (2014). Os baixos índices pluviométricos observados para o mês de outubro são compatíveis com as informações de Santos et al. (2017), definindo a estação chuvosa entre os meses de novembro a março e a estação seca entre abril e outubro. Análises comparativas das bases CHIRPS e estações terrestres foram feitas por Trejo et al. (2016), na Venezuela, e os autores encontraram as melhores correlações para os locais planos, com a influência das frentes oriundas da Zonas de Convergência Intertropical e alta incidência de chuvas convectivas, o que corresponde à região do Pantanal Mato-grossense.

A **Figura 4** ilustra a comparação da precipitação mensal entre as estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instaladas nos municípios de Corumbá e Cáceres e os respectivos valores determinados pela base CHIRPS.

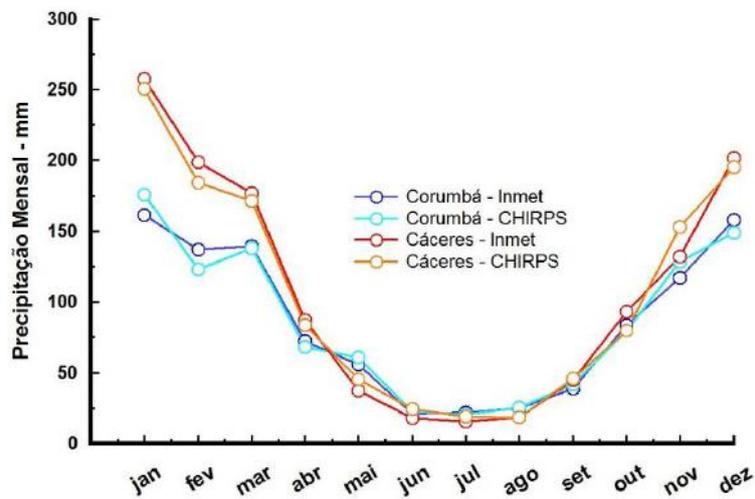


Figura 4. Comparação entre as precipitações médias mensais obtidas pela base de dados CHIRPS e as estações meteorológicas do Inmet em Corumbá-MS e Cáceres-MT.

As **Figuras 5 e 6** mostram a tendência da precipitação anual dos principais municípios do Pantanal Mato-grossense entre 1981 e 2017.

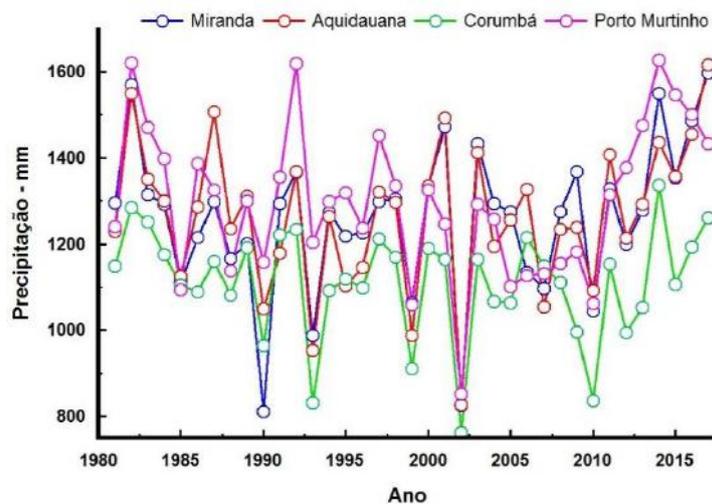


Figura 5. Variação anual da precipitação em municípios do Pantanal Sul-mato-grossense.

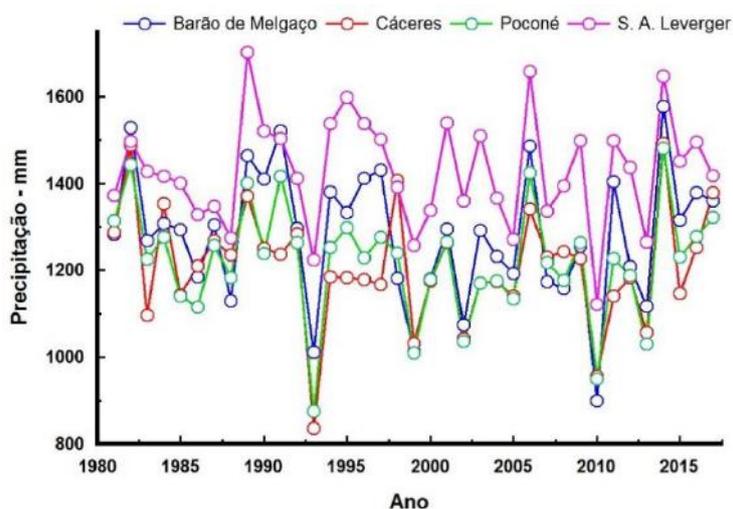


Figura 6. Variação anual da precipitação em municípios do Pantanal Mato-grossense.

As diferentes tendências das precipitações pluviométricas indicam a diversidade climática do Pantanal. Entretanto, as variabilidades climáticas tendem a ser homogêneas para o bioma. Os anos com maiores precipitações pluviométricas foram 1982, 2014 e 2017, enquanto as maiores estiagens ocorreram em 1990, 1993 e 2002 tanto para os municípios situados no Mato Grosso do Sul quanto naqueles localizados no Mato Grosso.

A **Tabela 1** mostra a precipitação média mensal para os municípios localizados no Pantanal Mato-grossense. Nesse caso, a precipitação foi estimada para toda a extensão territorial dos municípios e não em valores pontuais como aqueles obtidos de estações meteorológicas.

Tabela 1. Precipitação média mensal para os municípios do Pantanal Mato-grossense.

| Município | UF | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Mai | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro | Anual |
|-----------------------------|----|---------|-----------|-------|-------|-----|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|-------|
| Aquidauana | MS | 206 | 148 | 147 | 88 | 81 | 41 | 24 | 24 | 57 | 113 | 140 | 182 | 1251 |
| Barão de Melgaço | MT | 239 | 190 | 176 | 83 | 48 | 20 | 16 | 17 | 47 | 109 | 148 | 180 | 1273 |
| Bodoquena | MS | 200 | 139 | 159 | 109 | 95 | 52 | 28 | 30 | 63 | 125 | 140 | 196 | 1336 |
| Cáceres | MT | 224 | 175 | 164 | 86 | 51 | 24 | 19 | 21 | 44 | 96 | 127 | 175 | 1206 |
| Corumbá | MS | 196 | 148 | 134 | 77 | 58 | 27 | 21 | 22 | 44 | 91 | 125 | 163 | 1106 |
| Coxim | MS | 260 | 200 | 172 | 94 | 62 | 22 | 18 | 25 | 56 | 122 | 186 | 207 | 1424 |
| Curvelândia | MT | 252 | 201 | 188 | 96 | 45 | 22 | 20 | 22 | 61 | 97 | 151 | 189 | 1344 |
| Figueirópolis D'oste | MT | 238 | 204 | 175 | 109 | 54 | 21 | 19 | 26 | 50 | 92 | 148 | 197 | 1333 |
| Glória D'oeste | MT | 263 | 196 | 184 | 112 | 48 | 22 | 20 | 23 | 46 | 98 | 146 | 187 | 1345 |
| Itiquira | MT | 261 | 215 | 202 | 101 | 48 | 18 | 15 | 16 | 56 | 120 | 171 | 231 | 1454 |
| Juscimeira | MT | 285 | 233 | 227 | 116 | 45 | 18 | 16 | 14 | 56 | 144 | 203 | 252 | 1609 |
| Ladário | MS | 171 | 123 | 133 | 72 | 60 | 24 | 19 | 25 | 39 | 80 | 118 | 147 | 1011 |
| Miranda | MS | 202 | 137 | 161 | 88 | 82 | 36 | 32 | 26 | 56 | 112 | 136 | 179 | 1247 |
| Mirassol D'oeste | MT | 253 | 202 | 191 | 106 | 46 | 22 | 21 | 23 | 61 | 99 | 150 | 186 | 1360 |
| Nossa Senhora do Livramento | MT | 238 | 202 | 228 | 101 | 50 | 21 | 15 | 18 | 48 | 120 | 154 | 185 | 1380 |
| Poconé | MT | 216 | 176 | 176 | 86 | 53 | 22 | 18 | 22 | 48 | 99 | 130 | 171 | 1217 |
| Porto Espiridiano | MT | 221 | 190 | 164 | 99 | 53 | 24 | 17 | 23 | 44 | 96 | 137 | 170 | 1238 |
| Porto Murtinho | MS | 175 | 143 | 135 | 114 | 101 | 51 | 36 | 36 | 58 | 121 | 153 | 173 | 1296 |
| Rio Verde de Mato Grosso | MS | 236 | 172 | 149 | 87 | 67 | 29 | 19 | 24 | 58 | 115 | 162 | 206 | 1324 |
| Rondonópolis | MT | 274 | 217 | 192 | 99 | 42 | 16 | 13 | 11 | 54 | 126 | 183 | 238 | 1465 |
| Santo Antônio do Leverger | MT | 258 | 214 | 204 | 104 | 48 | 18 | 15 | 14 | 53 | 121 | 172 | 205 | 1426 |
| São José dos Quatro Marcos | MT | 254 | 207 | 198 | 116 | 51 | 21 | 20 | 24 | 61 | 111 | 158 | 190 | 1411 |
| Sonora | MS | 268 | 224 | 220 | 109 | 52 | 19 | 16 | 19 | 62 | 135 | 191 | 224 | 1539 |

5. Conclusões

As bases pluviométricas CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*) apresentaram resultados similares aos obtidos pelas séries históricas das estações meteorológicas do INMET instaladas em Cáceres/MT e Corumbá/MS, no Pantanal Mato-grossense.

A espacialização das precipitações apresentou similaridades com os trabalhos nesse tema para a região.

A maior resolução espacial das imagens CHIRPS (5 km de pixel) permite um melhor detalhamento da variabilidade das chuvas na região.

A carência de estações terrestres e os problemas inerentes às séries meteorológicas, como falta de representatividade espacial, erros sistemáticos, falhas nas obtenções dos dados, descontinuidade das observações e duração das séries, são fatores que justificam a busca por soluções alternativas. Nesse contexto, a série CHIRPS aparece como importante base de dados pluviométricos para os estudos da dinâmica dos ciclos das águas no Pantanal Mato-grossense.

6. Referências

- Ferreira, A. B. B. Pantanal Mato-Grossense: considerações sobre a proteção constitucional para um desenvolvimento econômico sustentável. **Interações**, v. 14, n. 1, p. 11-20, 2013.
- Funk, C.C.; Peterson, P.J.; Landsfeld, M.F., Pedreros, D.H., Verdin, J.P.; Rowland, J.D.; Romero, B.E., Husak, G.J.; Michaelsen, J. C.; Verdin, A. P. A quasi-global precipitation time series for drought monitoring: U.S. Geological Survey Data Series. v. 832, 4 p., 2014.
- Garcia, E. A. C.; Castro, L. H. R. Análise da frequência de chuva no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 9, p. 909-925, 1986.
- Guimarães, E.; Sartori, P. M.; Trevelin, P. S. C. (Orgs.). Pantanal: Paisagens, Flora e Fauna. 1. ed. **São Paulo: Cultura Acadêmica**, 2014.
- Guimarães, D. P.; Silva, P. H.; Landau, E. C.; Nery, R. N. Análise comparativa de diferentes procedimentos para a estimativa da evapotranspiração no Brasil. In: XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro. 2017. Petrolina-PE/Juazeiro-BA. **Anais...** Petrolina, CBAgro, 2017.
- Hou, A. Y.; Kakar, R. K.; Neeck, S.; Azarbarzin, A. A.; Kummerow, C. D.; Kojima, M.; Oki, R.; Nakamura, K.; Iguchi, T. The global precipitation measurement mission. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 95, p. 701-722, 2014.
- Marcuzzo, F. F. N. Geoespacialização da precipitação pluviométrica mensal no Pantanal Sul-mato-grossense. In: XX SIBESA – XX Simpósio Ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2014, Natal, RN. **Anais ...** Natal. 2014.
- Santos, M. J. M.; Pinto, L. B.; Iribarem, G. B.; Conceição, L. F. C.; Monteiro, C. A. Avaliação das temperaturas mínimas e máximas para eventos de friagem no Pantanal. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 430-438, 2017.
- Verdin, A., B. Rajagopalan, K. W.; Chris, F. A Bayesian kriging approach for blending satellite and ground precipitation observations. **Water Resources Research**, v. 51, 908–92. 2015.