



DINÂMICA ESPACIAL DAS INUNDAÇÕES DO PANTANAL SUL

Spatial Dynamics of Floods in the South Pantanal

DOI 10.55028/geop.v18i34

Rayssa Aparecida Pinheiro Noveli*
 Beatriz Lima de Paula Silva**
 Luciana Escalante Pereira***

Resumo: O Pantanal possui uma complexa dinâmica fluvial marcada por pulsos de inundação que ocorrem anualmente na região. Deste modo, este trabalho busca descrever esse comportamento utilizando aspectos geomorfológicos e hidrológicos da planície. O comportamento da inundação na delimitação da pesquisa ocorre de maneira heterogênea, isso se dá, pois, a mancha de inundação apresentam diferentes ocorrências como o efeito remanso e a relação canal-planície, esses eventos são normalmente moldados pela consequência das relações estabelecidas com a morfologia da área e sua dinâmica hídrica.

Palavras-chave: Rio Paraguai, Geomorfologia, efeito remanso, planície de inundação.

Abstract: Pantanal Wetland has a complex fluvial dynamics marked by flood pulses that occur annually in the region, so this work seeks to describe this behavior using geomorphological and hydrological aspects of the plain. Behavior of the flood in the delimitation of the research

Introdução

A Bacia do Alto Paraguai (BAP) “ocupa uma área de aproximadamente 345.000km² em território brasileiro, dos quais cerca de 135.000km² constituem a planície úmida do Pantanal” (Assine, 2003). Na BAP em alguns trechos o rio Paraguai escoar com padrões fluviais diferenciados e particulares, construindo um dos ambientes mais complexo: o Pantanal (Silva, 2020).

O Pantanal, de acordo com Assine (2005), é uma bacia sedimentar quaternária que encontra-se na área da Bacia do Alto Paraguai tendo o rio Paraguai como leito majoritário. Assine (2003) diz que quando o leito adentra a planície,

* Licenciada em Geografia pela UFMS. Mestranda em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pela Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto Geociências – UFMG. Analista de Sistemas de Informações Geográficas do Instituto Homem Pantaneiro (IHP), Corumbá – MS. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3954543889819095>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0103-9973>. E-mail: rayssapinheironoveli@gmail.com.

** Professora Adjunta UFMS. Doutora em Geociências e Meio Ambiente pelo Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. Docente no programa de Pós-Graduação em Estudos Fronteiriços do CPAN-UFMS. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7042370955277822>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8541-6165>. E-mail institucional: beatriz.paula@ufms.br.

*** Docente no programa de Pós-Graduação em Estudos Fronteiriços do CPAN-UFMS. Doutora em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela UFMS. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9170753220218786>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7733-5920>. E-mail institucional: escalante.pereira@ufms.br.

occurs in a heterogeneous way, this is because the flood spot has different occurrences such as the backwater effect and the channel-plain relationship, these events are usually shaped by the consequence of the relationships established with the morphology of the area and its water dynamics.

Keywords: Paraguay River, Geomorphology, backwater effect, floodplain.

ocorre a diminuição do gradiente topográfico e o rio passa por processo de sedimentação e de captação das águas da planície.

Assim, o rio Paraguai ocupa no Pantanal a função de canal tronco em uma área de sedimentação ativa, dispondo de uma vasta área de várzea (Assine, 2005). A extensão territorial é caracterizada por sua complexa rede hidrográfica, sujeita a periódicos pulsos de inundação (Brasil, 1982). Pulso de inundação é uma forma científica de se falar do processo anual de enchente e seca que ocorre no Pantanal (Resende, 2004). Na planície pantaneira a inundação é “condicionada pelo transbordamento das águas da calha do rio Paraguai nos períodos de cheia” (Macedo, 2013), por consequência deste transbordamento as águas se acumulam na planície criando extensas áreas inundadas (Mendes, 2014).

Dentro da planície, a dinâmica particular de inundação influencia desde os processos ecológicos até atividades humanas da região (Padovani, 2010). As ondas de inundação do rio Paraguai têm como principal motivo as fortes chuvas na cabeceira (Moraes, 2013). Bergier (2010), diz que em áreas úmidas tropicais, a dinâmica das inundações é ditada particularmente pelo período chuvoso ao longo de aproximadamente seis meses no verão austral.

Assim, as características da planície é objeto de estudos em diferentes áreas da ciência e neste sentido, esta

pesquisa busca contribuir com o tema. Para isto, buscou-se descrever a dinâmica das inundações nas sub-regiões pantaneiras que formam a borda oeste do estado de Mato Grosso do Sul.

Área de estudo

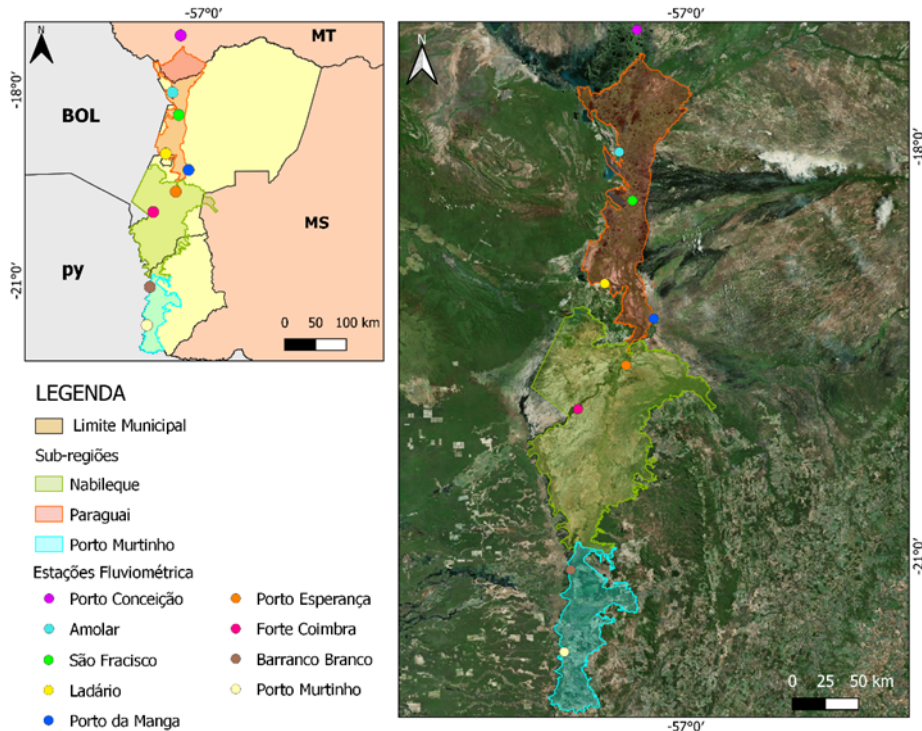
A BAP se difere em sua estrutura geomorfológica, tendo seu terreno marcado por duas unidades territoriais com características completamente distintas: sendo o planalto, um compartimento de terras altas que podem variar entre 200m a 1.100m e a planície definida como terras baixas que não atingem a máxima topográfica de 200m (ANA, 2018).

Ocupando parte da área da bacia, as terras baixas dão origem a estrutura aluvial do Pantanal. O Pantanal corresponde a uma “extensa planície aluvial alojada na Depressão do Rio Paraguai, que compõe um mosaico de paisagens onde diversos sistemas deposicionais atuam na alocação dos sedimentos provenientes dos planaltos circundantes (Macedo, 2013).

Para delimitação da área de estudo na planície, foi definida como base as subdivisões listadas por Silva & Abdon (1998) em seu trabalho “Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões”. Os autores categorizam a planície em 11 sub-regiões, estabelecendo como critérios aspectos relacionados a inundação, relevo, solo e vegetação.

Foram, portanto, selecionadas 3 destas 11 subdivisões, ficando estipuladas como área de estudo as sub-regiões do Paraguai, Nabileque e Porto Murtinho. As três subdivisões escolhidas ocupam majoritariamente o território do estado de Mato Grosso do Sul, tendo seus limites nos municípios de Corumbá, Ladário e Porto Murtinho (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo com a espacialização das subdivisões definidas para pesquisa.



Organização: os autores.

Materiais e métodos

Para geração de informações topográficas foram utilizados Modelos Digitais de elevação (MDE) com resolução de 12 m fornecidas pelo sensor PALSAR. O PALSAR é um sensor de abertura sintética que opera na Banda L, capaz de obter imagens diurnas ou noturnas e em quaisquer condições atmosféricas (Embrapa, 2018). O satélite iniciou sua missão em 24 de janeiro de 2006 sob a responsabilidade da *Japan Aerospace Exploration Agency* – JAXA, no centro espacial de Tanegashima (Japão). As cenas utilizadas para mapeamento foram disponibilizadas pelo site ASF.Alaska-NASA < <https://asf.alaska.edu/about-asf/> >.

Os dados comparativos de cota da calha fluvial da região foram coletados no banco de dados da hidroweb através do site da Agência Nacional de águas (ANA). Foram usados dados de nove estações fluviométricas, localizadas ao longo da área de estudo (Figura 1). A seleção das estações pautou-se pela disponibilidade de dados e informações, assim, sendo selecionadas as que possuíam as informações mais completas.

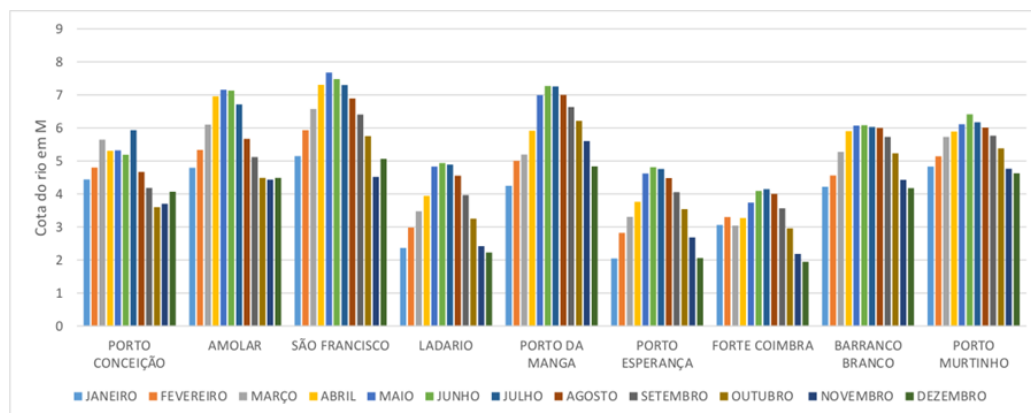
Com os dados das estações foi possível definir os anos a serem analisados, sendo estes: 2014, 2016 e 2018, estipulados a partir do critério de inundação. Nos anos selecionados, a inundação foi acima da média na planície pantaneira.

Os dados foram processados com o auxílio do software QGIS 3.4. O QGIS é um SIG (Sistema De Informações Geográficas) de acesso livre. Além disto, fez-se uso de ferramentas auxiliares como o Google Earth Pro para a geração de dados vetoriais (pontos) no formato KML (Keyhole Markup Language) contendo a localização das estações ao longo do leito do rio. Os pontos gerados serviram para subsidiar as discussões, sendo definidos como âncora para o mapeamento do comportamento hídrico entre uma estação e outra.

Resultados

Segundo Paz (2010) prever o comportamento do sistema hidrológico requer descrever seu funcionamento. Para compreender a dinâmica hídrica do rio Paraguai e descrever o comportamento dos pulsos de inundação, analisou-se o delineamento hídrico da média mensal para cada mês nas nove estações fluviométricas (Figura 2).

Figura 2 – Dinâmica mensal de cada estação analisada



Organização: os autores.

Analisando o gráfico é possível observar que das nove estações, três registram cotas acima de 7 metros – Amolar, São Francisco e Porto da Manga; uma acima dos 6 metros – Porto Murtinho; duas acima de 5 metros – Porto Conceição e Barranco Branco; e as outras três estações ficam abaixo dos 5 metros.

A primeira estação, Porto Conceição, fica fora do perímetro da área de estudo e foi escolhida justamente como um parâmetro para saber o quanto de água

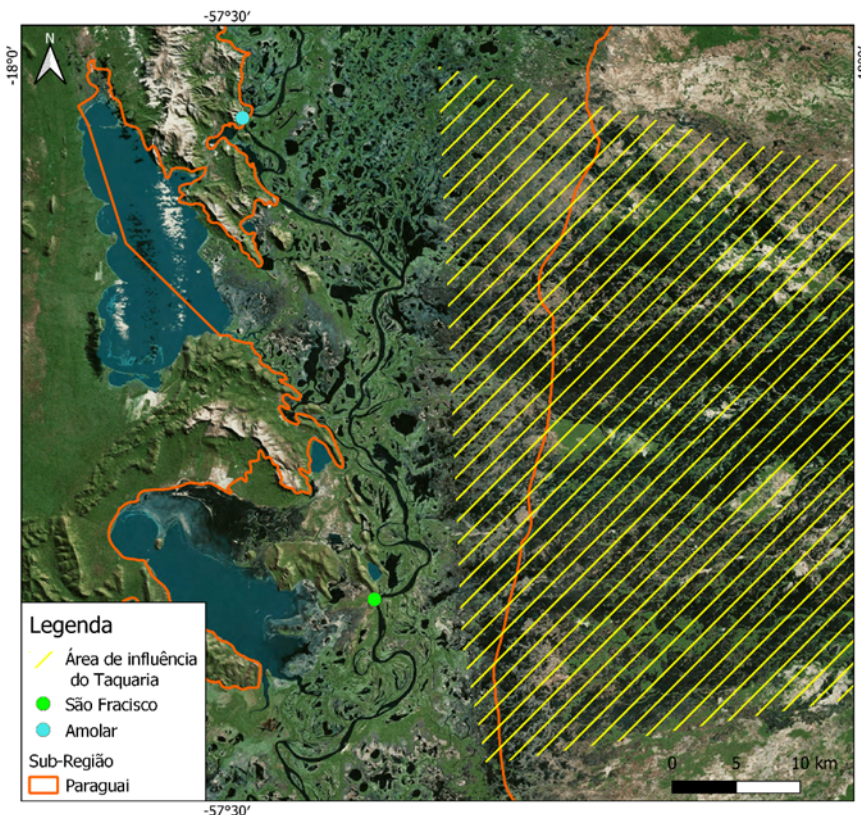
adentrava ao perímetro analisado. No entanto, as primeiras duas estações pós Porto Conceição registram valores superiores a esta, e representam as maiores cotas para a área analisada.

É interessante observar esse comportamento nas réguas da estação Amolar e São Francisco, já que ambas estão localizadas abaixo de uma região que é caracterizada pelo efeito remanso, o comum seria que as cotas registradas nestas réguas fossem menores, visto que, há uma redução na vazão hídrica na região. Para entender, a feição morfológica da Serra Do Amolar assume nesse trecho uma função de represamento das águas provenientes das áreas a norte. Isto interfere na forma de escoamento das águas. Segundo Lemfers (2020) rios com canais abertos, tem seu escoamento governado por forças de gravidade e em condição normal o canal escoava livremente, mas quando essa massa encontra um barramento o curso do rio reduz a velocidade da água nas imediações da barragem, gerando o acúmulo da massa hídrica. Esse efeito é chamado de remanso hidráulico.

Esse efeito sofre uma potencialização por localizar-se em uma grande bacia de inundação, deste modo o volume de água que escoava pelo gargalo hidráulico é menor que o volume depositado na planície, levando ao represamento temporário das águas provindas das áreas circunvizinhas (Stevux *et al.*, 2019). Dessa forma, é possível que o valor de cota registrado nas estações logo abaixo do gargalo hidráulico tenha a contribuição de algum outro aspecto da planície. E, neste sentido, outra feição morfológica pode ser o fator contribuinte: o Megaleque do Taquari.

Na Figura 3 é possível perceber que ambas as estações são localizadas próximas a uma região de influência do lobo distributário do Taquari. A região do lobo distributário apresenta água o ano inteiro e essa água que vem do Megaleque é distribuída na planície. A estação do São Francisco é a mais próxima do lobo distributário do megaleque, o que pode ser um dos fatores que contribuem para a estação possuir a maior média dentre os pontos analisados, neste trecho o rio tem sua cota média definida em 7,68 m.

Figura 3 – Demonstração da possível influência do lobo distributário do Taquari nas estações de São Francisco e Amolar



Organização: os autores.

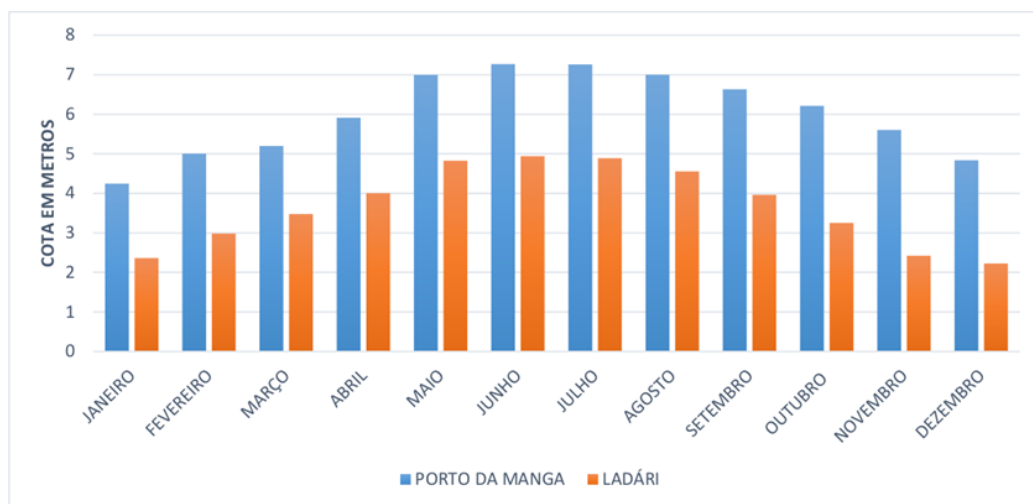
O escoamento do leito a jusante inicia um padrão distributivo, até a chegada da massa hídrica na seção de Ladário. Na extensão da planície próxima a Ladário o pico de inundação é definido no mês de junho e se estabelece até julho. As características morfológicas da área dão espaço para a relação Canal-planície, essa relação se dá com a perda de água do canal para a planície de inundação, ou seja, devida a extravasamento da calha fluvial e diminuição do gradiente topográfico temo uma expansão da área de acúmulo de água.

Para explicar, até atingir a estação de Ladário a planície recebe um grande volume de água proveniente da estação de São Francisco, durante esse trecho o leito fluvial perde aproximadamente 2 m de água para planície. Abaixo destas estações, mais próxima a área urbana, tem-se a estação de Ladário. Essa estação, dentro da área estudada, está localizada na segunda maior área de acumulação de águas, ficando atrás somente da área denominada de leque do Nabileque, onde estão localizadas as estações de Porto Esperança e Forte Coimbra, ou seja, dentro

do perímetro analisado, as áreas que a planície mais acumula água, coincide com os locais onde o rio registra as cotas mais baixas.

O comportamento do rio Paraguai em Ladário possui uma baixa descarga em comparação às outras estações, principalmente em relação à Porto da Manga (Macedo, 2013). Observando a Figura 4, percebe-se que a descarga hídrica que Ladário fornece a estação de Porto da Manga não é suficiente para explicar as máximas cotadas na estação, haja vista, que a estação de Ladário não registra nem 5m em sua máxima e a secção fluviométrica de Porto da Manga registra a segunda maior média entre as máximas batendo a marca de 7,27 m em seu ápice.

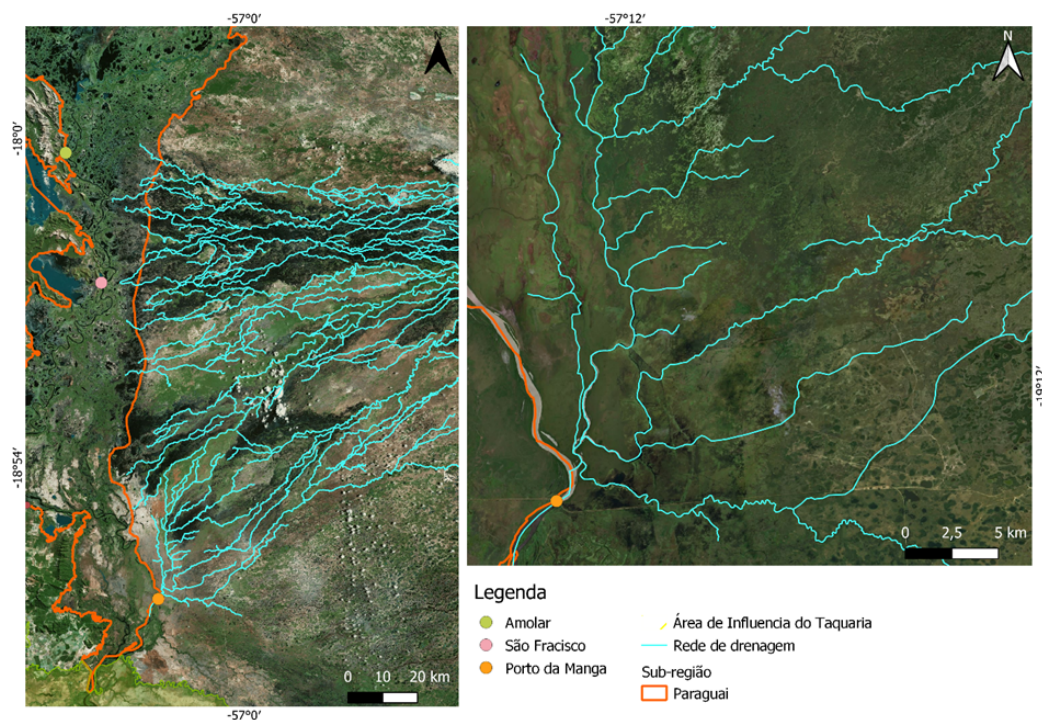
Figura 4 – Comparação entre as médias de descargas fluviais da estação de Ladário e Porto da Manga



Organização: os autores.

Observando a dinâmica hídrica da área, percebe-se que neste ponto da planície as águas registradas pela estação de Porto da Manga não são apenas provenientes da massa hídrica calculada em Ladário. “Porto da Manga, por estar mais a jusante, recebe contribuição dos rios Paraguai-Mirim, Negro e de antigos canais do Taquari” (Macedo, 2013). Essa dinâmica fica mais clara quando se verifica as a rede hídrica da área (Figura 5).

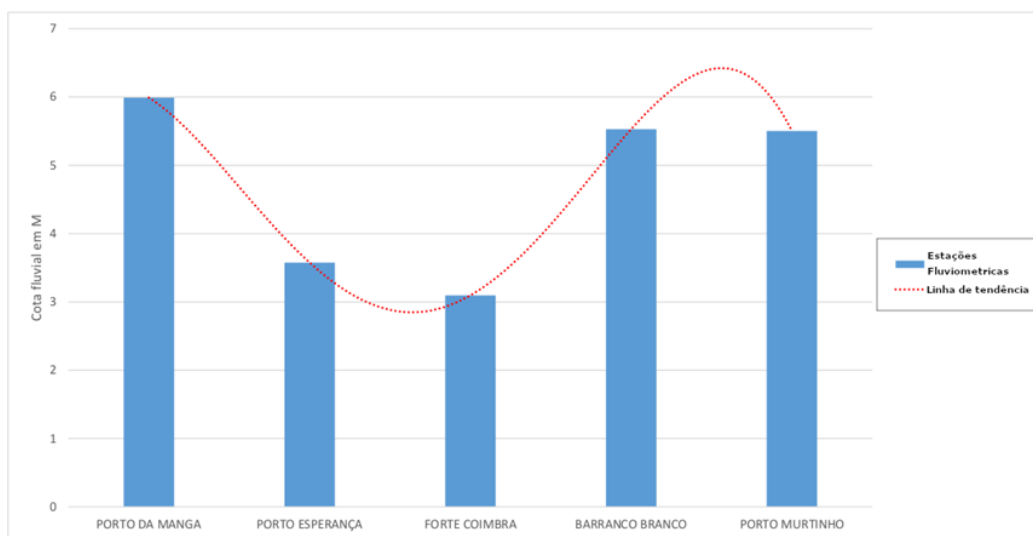
Figura 5 – Delimitação das curvas de nível na área da estação de Porto Conceição onde pode se perceber a canalização das águas do leque Taquari e a planície de acumulação das águas registra pela estação de Ladário



Organização: os autores.

A topografia da área mostra que o rio Paraguai vem fluindo de norte para sul até a altura da área urbana de Corumbá onde o canal muda o seu curso para SE. A mudança do canal está ligada ao entrave geomorfológico gerado pela elevação de Corumbá e do maciço Urucum, nesta secção pode se observar a variação altimétrica mostrada pelas curvas de nível da área. Essa altimétrica variante represa as águas na extensão NO da planície, enquanto na porção SE (onde está localizada Porto da Manga) o leito principal assume um padrão tributário, passando a receber águas de seus afluentes e de antigos canais do Taquari, o que pode esclarecer a diferença nas máximas das estações.

Nas secções de Porto Esperança e Forte Coimbra essa dinâmica entre a variação da descarga fluvial volta a mostrar padrões destoantes das demais estações. Observando a Figura 6 percebe-se que as máximas registradas tanto na estação Porto Esperança quanto na estação Forte Coimbra não marcam 5m de máxima. A linha de tendência do gráfico mostra a variação na altura da lâmina de água do rio Paraguai, nas diferentes estações.

Figura 6 – Ilustração do comportamento hídrico nas 4 últimas estações

Organização: os autores.

O Comportamento no trecho apresentado na Figura 6 assemelha-se com as estações de Amolar, São Francisco e Ladário, onde Porto da manga vem sendo abastecida pelo lobo do Taquari e seus afluentes, em uma planície estreitada pelo maciço do Urucum, causando extravasamento do canal que acumula essa massa hídrica nas áreas de gradiente topográfico aberto. Porto Esperança e Forte Coimbra localizam-se em uma área onde o leito assume um padrão distributivo alocando água na planície e dando origem a um sistema de megaleque fluvial que drena as águas para áreas mais baixas. A linha de tendência da figura 6 mostra a flutuação do nível da lâmina de água da calha fluvial em cada uma dessas ocorrências.

Toda massa hídrica que se aloja no leque do Nabileque, desce até sua franja, iniciando o processo final da inundação na planície nas estações de Barranco branco e Porto Murtinho.

Considerações finais

A partir dos dados gerados pela pesquisa observou-se que os pulsos de inundação levam de 5 a 6 meses em seu escoamento entre a estação fluviométrica de Porto Conceição até a estação de Porto Murtinho. A complexidade do funcionamento hidrológico da planície dificulta descrever com precisão a dinâmica dos pulsos de inundações. Mesmo com toda essa complexa dinâmica, percebe-se em alguns trechos da borda oeste a influência direta do megaleque taquari na particularidade do ciclo das águas na área.

Ao longo da descrição do escoamento da massa hídrica, dois fatores mostraram-se de grande influência na dinâmica de inundação da planície. Sendo eles, o efeito remanso funcionando como um barramento das águas e a relação canal-planície que é o acúmulo de água em áreas de gradiente topográfico aberto a partir de extravasamento da calha fluvial.

Toda essa estrutura mostra as particularidades de um amplo mosaico de paisagens. Isso pode ser afirmado a partir da percepção dos condicionantes regionais de cada área analisada. Dessa forma, a partir dos casos analisados neste trabalho em toda borda oeste do estado de Mato Grosso do Sul, obtém-se um panorama do particular e dinâmico comportamento da onda de inundação neste trecho.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS/MEC – Brasil e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ.

Referencias

- ANA/GEF/PNUMA/OEA. Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. **Relatório Final/Agência Nacional de Águas** – ANA. Brasília, 2004.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai – PRH Paraguai. **Resumo Executivo / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2018.
- ASSINE, M. L. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, v. 70, n. 3-4, p. 357-371, set. 2005.
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, v. 114, p. 23-34. 2004.
- ASSINE, M. L. **Sedimentação na bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil**. 2003. 106 f. Tese (livre-docência) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/108382>.
- BERGIER, I.; RESENDE, E. K. Dinâmica de cheias no Pantanal do rio Paraguai de 1900 a 2009. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres, MT. **Anais [...]**. Cáceres, MT: INPE/Embrapa, 2010. p. 35-43.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Mapeamento de três decênios da chuva pluviométrica total e sazonal do bioma Pantanal. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres, MT. **Anais [...]**. Cáceres, MT: INPE/Embrapa, 2010. p. 84-94.
- CORINGA, E. A. O. *et al.* Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 19-28, 2012.
- EMBRAPA; ALOS - Advanced Land Observing Satellite. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/alos>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- KUERTEN, S.; ASSINE, M. L. O rio Paraguai no megaleque do Nabileque, sudoeste do Pantanal Mato-Grossense, MS. **Brazilian Journal of Geology**, v. 41, n. 4, p. 642-653, 2011.

LEMFERS, F. C. Efeito de Remanso em Reservatórios. **LinkedIn**, 1 ago. 2020. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/efeito-de-remanso-em-reservat%C3%B3rios-fernanda-cristina-lemfers>. Acesso em: 20 jul. 2021.

MACEDO, H. A. **Geomorfologia e hidrossedimentologia da planície do rio Paraguai, da lagoa Vermelha à confluência do rio Miranda, Pantanal Mato- Grossense**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro-SP, 2013.

MENDES, D. **Geocronologia de formas deposicionais e evolução da planície interleques do rio Negro, Quaternário da Bacia do Pantanal**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro - SP, 2014.

MORAES, E. C.; PEREIRA, G.; CARDOSO, F. D. S. Avaliação da chuva e sua influência sobre as áreas inundadas no Pantanal. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 7216-7224.

PADOVANI, C. R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do pantanal**. 2010. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2010.

PEREIRA, G.; CHÁVEZ, E. S.; SILVA, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 89-103, 2012.

PAZ, A. R. **Simulação hidrológica de rios com grandes planícies de inundação**. 2010. 258 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RESENDE, E. K. Os controles geológicos e os pulsos de inundação no Pantanal. **ADM – Artigo de Divulgação na Mídia**, Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, n. 63, p.1- 2. mai. 2004.

SILVA, A. **Geomorfologia do megaleque do rio Paraguai, quaternário do Pantanal mato-grossense, Centro-Oeste do Brasil**. 2010. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

SILVA, J. dos S. V.; DE MOURA ABDON, M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 33, n. 13, p. 1703- 1711, 1998.

SILVA, E. *et al.* **Geomorfologia e dinâmica fluvial do rio paraguai no trecho entre Cáceres-MT e Corumbá-MS**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas -MS, 2020.

STEVANUX, J. C.; MACEDO, H. A.; ASSINE, M. L.; SILVA, A. Changing fluvial styles and backwater flooding along the Upper Paraguay River plains in the Brazilian Pantanal wetland. **Geomorphology**, v. 350, 2019.