



Controle Estrutural sobre Avulsões e Capturas de Drenagem na Bacia do Pantanal
Structural Control on Avulsions and Drainage Catches in the Pantanal Basin

Antonio Conceição Paranhos Filho¹;
Camila Leonardo Miotto²; Rômulo Machado³ & José Renato Silva de Oliveira³

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Engenharias,
Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais,
Unidade 7A, Cidade Universitária, s/n, 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

² Universidade Federal de Mato Grosso, Laboratório de Geoprocessamento,
Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, 78735-901, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil

³ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. Rua do Lago 562, Butantã, 5508-080, São Paulo, São Paulo, Brasil
Emails: antonio.paranhos@pq.cnpq.br; ea.miotto@gmail.com; rmachado@usp.br; j.reenatoo@gmail.com

Recebido em: 17/04/2019 Aprovado em: 28/06/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_19_26

Resumo

Considerada uma região única e peculiar, o Pantanal é constituído por um sistema de leques aluviais. Por apresentar essa característica, sua paisagem se modifica frequentemente e observam-se processos relacionados com atividades relacionadas a mudanças no curso dos rios, processo conhecido como avulsão. Na planície ocorrem vários processos de avulsão, como a do baixo curso do Rio Taquari e também a avulsão que determinou a direção atual dos rios Paraguai e Nabileque. Apesar desses processos terem sido observados e descritos anteriormente, não há indicação de que as avulsões se mostram como mudança do regime de controle estrutural. Assim, este trabalho objetivou avaliar a relação entre o processo de avulsões e lineamentos estruturais por meio da análise de processos de mudança do curso de alguns dos rios que formam o Pantanal. Como resultado, observou-se que em todos os casos de avulsão e controle estrutural ora apresentados houve migração do rio de um sistema estabelecido de estruturas para outro. Com exceção da calha do Rio Paraguai, que segue a direção NS, todos os processos de avulsão demonstrados neste trabalho indicam a mudança dos cursos para a direção EW, ou seja, a nova direção a ser seguida não é escolhida de modo aleatório.

Palavras-chave: Geotecnologias; lineamentos estruturais; neotectônica

Abstract

Considered a unique and peculiar region, the Pantanal is composed mainly by alluvial fan systems. By presenting this characteristic, its landscape is modified often and presents activities related to changes in the course of rivers. At the plain are discussed various avulsion processes, such as the lower course of the Taquari River and also the avulsion that determined the current direction of Paraguay and Nabileque river. Although these processes have already been observed or described before, there is no indication that these avulsions are responses for the changes in the structural control system. Thus, this study aimed to determine the relation between avulsion processes and structural lineaments by analyzing ongoing processes of change of some of the rivers that form the Pantanal. As a result, it was observed that in all cases avulsion and structural control was presented herein river migration of a set of structures system to another.

Keywords: Geotechnologies; structural lineaments; neotectonic

1 Introdução

O Pantanal é um sistema deposicional constituído principalmente por um sistema de leques aluviais (dominados essencialmente por rios), de planícies fluviais e lacustres, sendo o Rio Paraguai o coletor de toda a água que adentra a região. Por ser assim formado, sua paisagem modifica-se constantemente, já que o processo de sedimentação se organiza por meio da construção e abandono de lobos deposicionais. Atividades como rompimento de diques marginais e mudanças no curso do rio são frequentes nessa região (Assine, 2003).

A avulsão fluvial constitui-se num conjunto de processos que provoca mudanças significativas no curso de um rio. Ocorre, principalmente, em rios em regime de sedimentação ativa, sendo tais mudanças induzidas por processos autocíclicos, ou seja, por fatores inerentes ao próprio sistema deposicional, sendo identificados como as causas diretas mais evidentes das mudanças na paisagem. Processos alocíclicos (fatores externos à bacia), como movimentos tectônicos e mudanças climáticas, também podem induzir tais modificações (Miall, 1996; Assine, 2003, 2005).

Assine (2009) considera vários fatores, como o escoamento superficial da água (velocidade, descarga e tipos de fluxo), infiltração e escoamento subterrâneos, tempo de residência da água no sistema, flutuação do nível freático, tipos de transporte dos sedimentos (fluxos canalizados e em lençol), deposição dos sedimentos no leito, processos sedimentares nas planícies de inundação, avulsão e divergência dos canais, os quais devem ser considerados em conjunto na análise de como atuam os processos autogênicos. O autor descreve ainda que esse fenômeno é muito comum em sistemas distributários, como em megaleques fluviais, onde o rio principal não deriva lateral e progressivamente na planície, mas muda bruscamente de posição para pontos antes fora do domínio do canal.

No Pantanal, os processos de avulsão são muito comuns, sendo os pontos de rompimento chamados localmente de “arrombados”. Durante as cheias, parte da água passa a fluir para a planície de inundação pelo “arrombado” e o canal pode se dividir, dando origem a um distributário. Caso o fenômeno

de avulsão se complete, com o abandono do antigo canal, ocorre uma mudança no curso do rio (Assine *et al.*, 2005).

Vários autores relatam a mudança de curso dos rios da planície pantaneira tais como os de Santos *et al.* (2012) que descreveram o processo de avulsão do Rio Aquidauana; Kuerten & Assine (2011), os quais demonstraram o processo de avulsão dos rios Paraguai e Nabileque; e o trabalho de Assine (2010), que relata as mudanças ocorridas no curso do Rio Taquari.

Apesar desses processos já serem observados e descritos anteriormente, não há indicação da relação de controle estrutural sobre estas feições, nem como as avulsões se mostram susceptíveis de mudanças devido ao controle estrutural.

Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a relação entre os processos de avulsões e lineamentos estruturais por meio da análise de processos de mudança de curso de alguns dos rios que drenam o Pantanal. Para isso foram utilizadas imagens de satélite e os trabalhos que trazem essa temática.

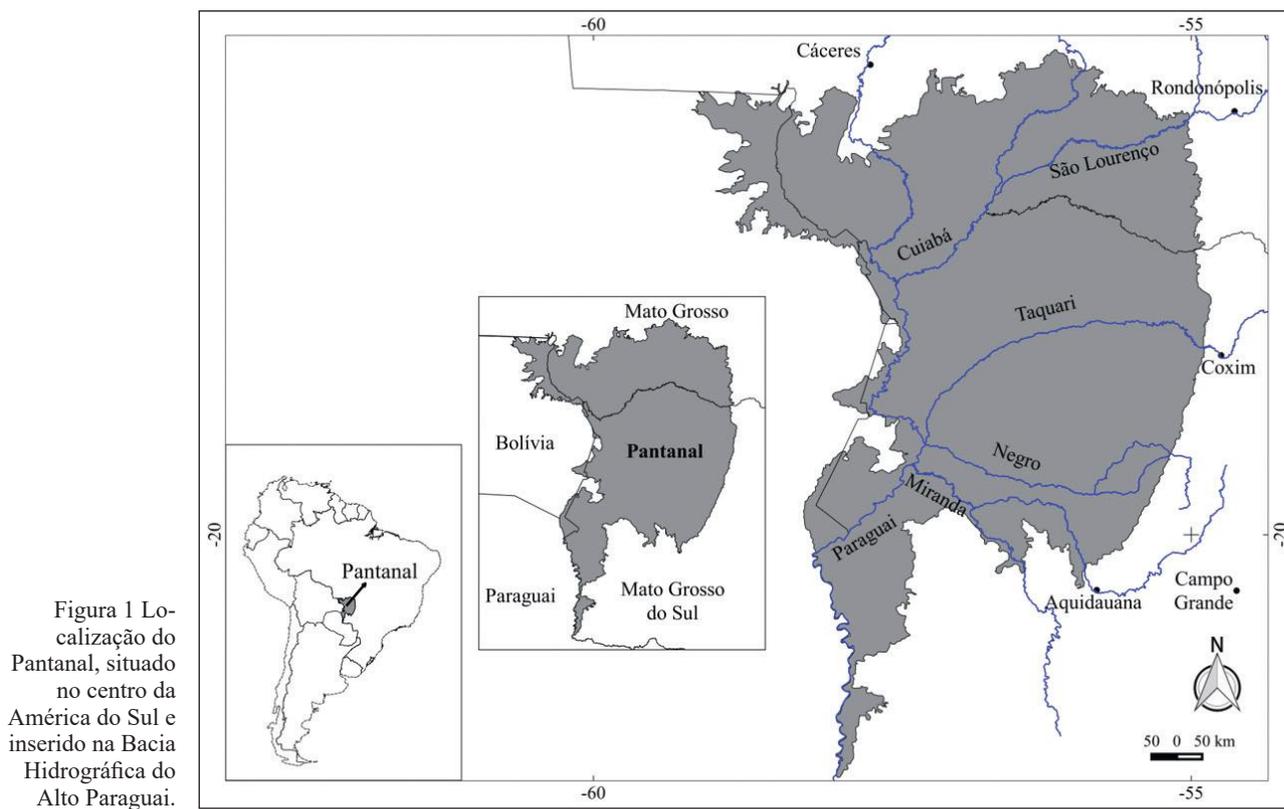
2 Material e Métodos

A área de estudo compreende o Pantanal, localizado na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai (BAP), ocupando 140.640 km² distribuídos entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além da Bolívia e Paraguai (Figura 1) (Miotto *et al.*, 2012).

A bacia sedimentar do Pantanal é um domínio morfoestrutural tectonicamente ativo, em processo de subsidência, acumulando sedimentos (Almeida, 1959, 1965; Assine, 2003; Facincani *et al.*, 2012; Paranhos Filho *et al.*, 2013), sendo os rios que drenam o planalto no entorno dele os responsáveis pelo transporte dos sedimentos que preenchem a bacia.

No presente trabalho foram identificadas em imagens de satélite feições e avulsões existentes na planície pantaneira, as quais foram analisadas, tendo em vista o controle estrutural da hidrografia no Pantanal.

Conforme já mencionado anteriormente, algumas feições já foram identificadas em trabalhos



anteriores (citados caso a caso), porém não há neles a interpretação da existência de marcado controle estrutural sobre estas feições e de que as avulsões se mostram como mudança da orientação estrutural.

Assim, foram analisadas as seguintes feições:

- Avulsão do Rio Taquari (em Assine, 2010);
- Avulsão do Paraguai - Nabileque (em Assine, 2003; Kuerten *et al.*, 2009).
- Avulsão do Rio Aquidauana (em Santos & Facincani, 2012);
- Lineamento do Rio Negro como limite estrutural da Nhecolândia com a ausência de lagoas ao sul desta estrutura (em Mendes, 2008);
- Controle estrutural sobre o Rio Paraguai em Corumbá (em Assine, 2003).

Os lineamentos estruturais empregados neste estudo são aqueles propostos por Paranhos Filho *et al.* (2013), determinados a partir da análise visual de imagens de satélite correspondentes à área do Panta-

nal e seu entorno. Foram identificados três principais conjuntos de direções de lineamentos: NE, em torno de N-S e E-W.

No presente trabalho, as imagens analisadas foram as do satélite Landsat 8, sensor OLI, todas obtidas por meio do *Earth Explorer* do USGS (*United States Geological Service* - <http://earthexplorer.usgs.gov/>). Essas imagens apresentam 30 m de resolução espacial nas bandas multiespectrais e 15 m na banda pancromática.

A fotointerpretação e o processamento dos dados foram realizados no *software* gratuito e livre QGIS, versão 2.12 – Lyon (QGIS Development Team, 2015).

3 Resultados e Discussão

Riccomini & Assumpção (1999) apresentaram uma compilação de importantes feições estruturais da tectônica quaternária brasileira e descreveram a presença de falhas ativas na bacia pantaneira. Soares *et al.* (1998) já associavam a movimentação

tectônica recente e a formação dos lobos aluviais que atualmente preenchem a bacia.

O processo de avulsão do Rio Taquari é o mais discutido na literatura. A ocorrência de avulsões nesse rio tornou-se frequente, principalmente em seu lobo atual, causando inundações em regiões antes raramente inundáveis, trazendo inúmeras preocupações às pessoas que vivem na região, já que as mesmas dependem de atividades desenvolvidas no local para sobrevivência (Padovani *et al.*, 2001; Assine *et al.*, 2005). As mudanças ocorrem de um ano para outro, evidenciando a instabilidade do rio.

A principal mudança no curso do mesmo ocorreu na década de 1990, sendo chamada de “avulsão/arrombado Zé da Costa”, localizada no baixo curso do Rio Taquari. A partir desse processo, o rio alterou seu fluxo para oeste.

Alguns autores, como Soares *et al.* (1998), Assine (2003) e Assine & Soares (2004), descrevem que o antigo leito do Rio Taquari estava relacionado ao controle estrutural exercido pelo Lineamento Transbrasileiro (LTB – importante feição tectônica na direção NE, que cruza a América do Sul), conforme Figura 2.

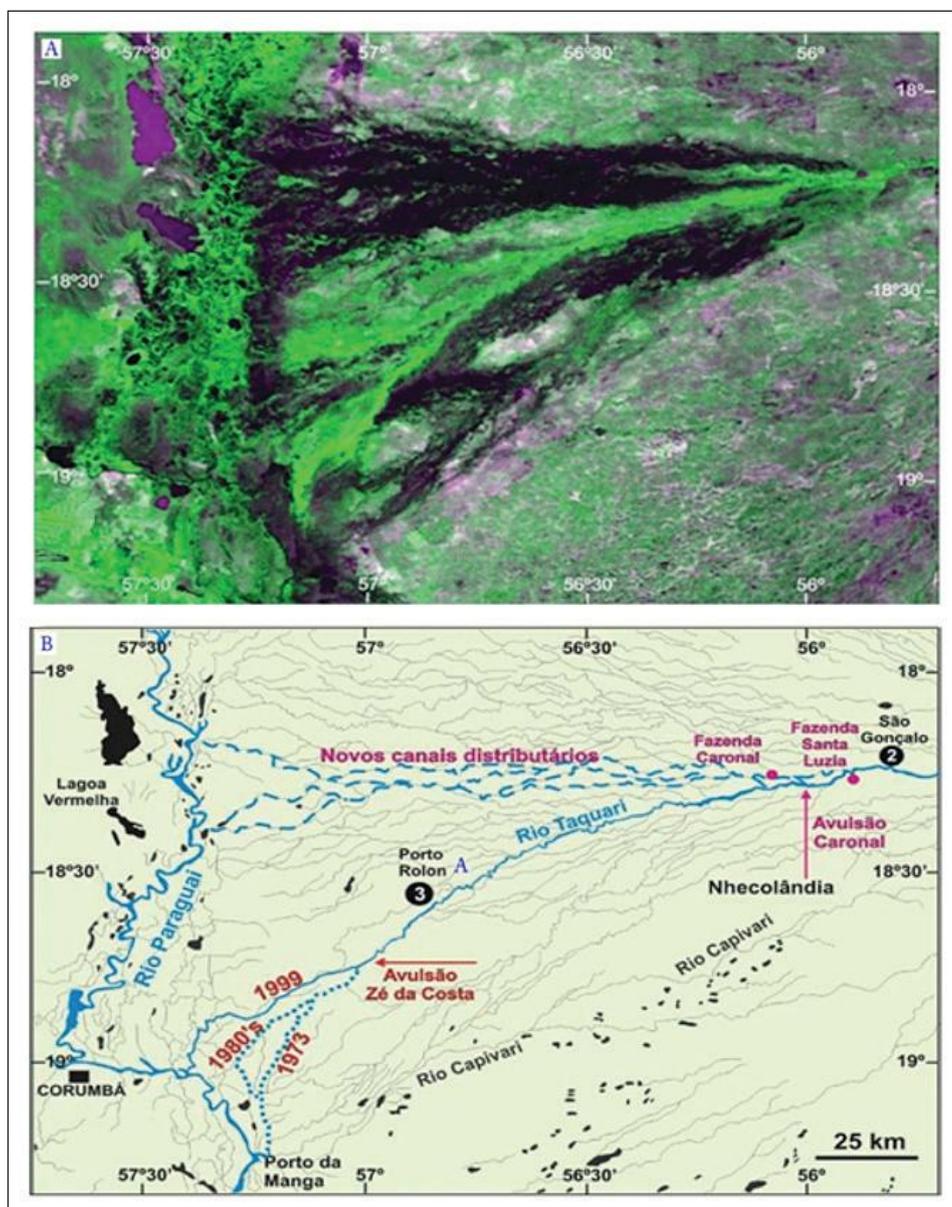


Figura 2 Lobo atual do Rio Taquari e, na interpretação de Assine (2010), as avulsões recentes. Nesta figura é possível notar que o leito antigo do rio era controlado pelo sistema NE, associado ao LTB. Em A, tem-se a imagem de satélite CBERS2, sensor WFI, órbita/ponto 165/124 de 15/08/2004 (retirado de Assine, 2010); Em B, tem-se o mapa com o traçado de canais anastomosados existentes na margem direita do Rio Taquari, formados a partir de rompimentos dos diques marginais nas fazendas Santa Luzia e Caronal (os números 2 e 3 referem-se à localização das estações fluviométricas de São Gonçalo e Porto Rolon) (retirado de Assine, 2010).

Ao se analisar a avulsão Zé da Costa, percebe-se que o curso do Rio Taquari está modificando-se, abandonando o controle do LTB e sendo capturado orientação estrutural EW (Figura 3). Esta mesma estrutura controla o Rio Paraguai no sul do Pantanal, na região do Nabileque.

Outra região do Rio Taquari que também está passando por processo de avulsão é na região da Fa-

zenda Caronal, próxima ao local onde se inicia o lobo atual. A ocorrência dessa avulsão pode modificar o curso do rio como um todo, já que o Rio Taquari pode abandonar seu canal principal e mudar de posição em cerca de 100 km (Assine, 2003, 2005) (Figura 4).

Para Assine (2003) e Kuerten *et al.* (2009), o curso atual do Rio Paraguai, em sua porção sul, é

Figura 3 O Rio Taquari apresenta forte controle estrutural NE, associado à direção NE do LTB. No trecho da avulsão atual, está sendo capturado pelo controle estrutural de direção quase E-W. A imagem de fundo utilizada é a do satélite Landsat 8, órbita/ponto 226/073 (Earth Explorer, 2017), na composição falsa-cor RGB 564.

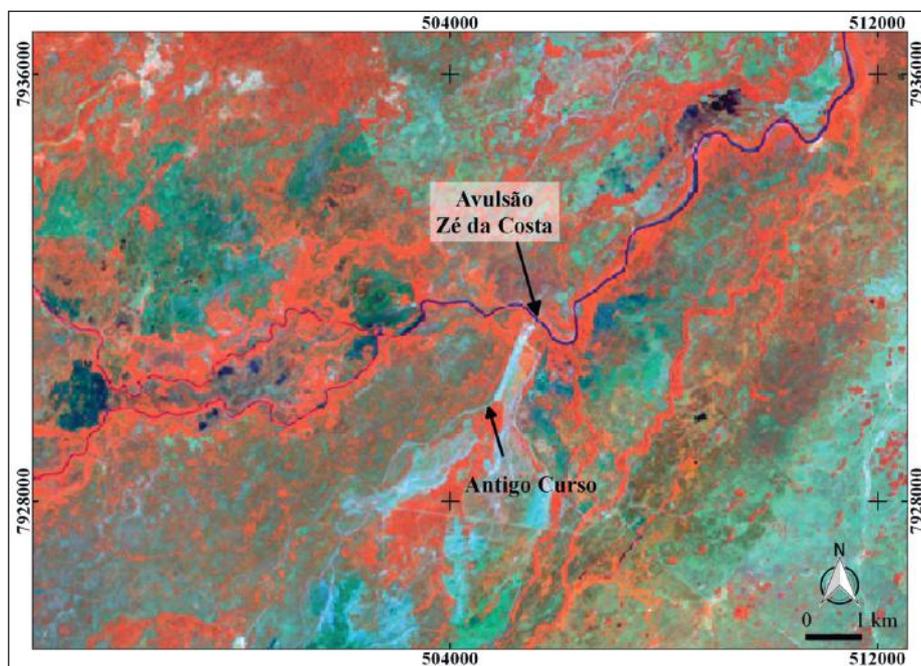
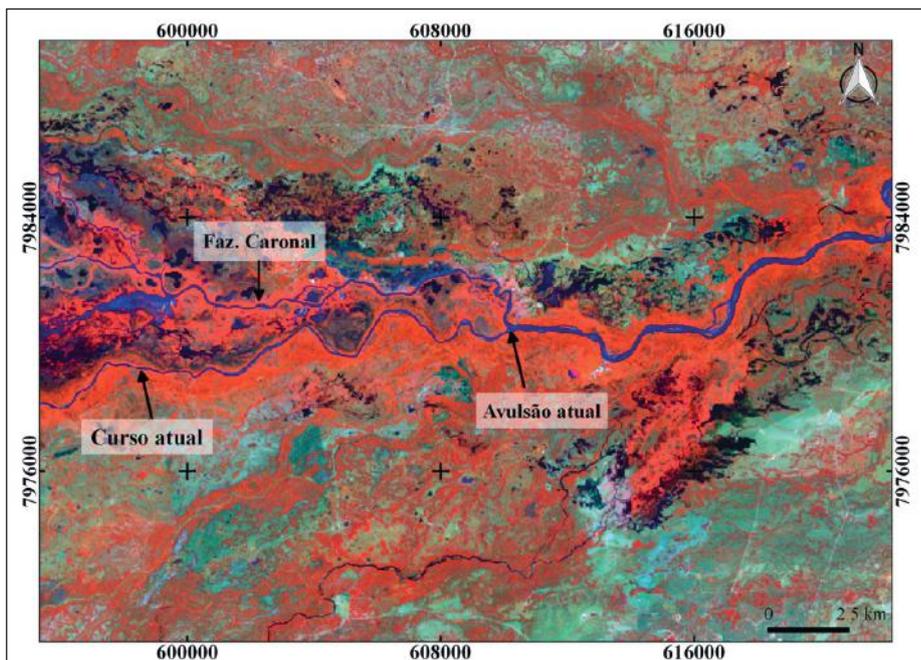


Figura 4 Processo de avulsão do Rio Taquari na altura da Fazenda Caronal descrita por Assine (2003, 2005), o qual pode modificar totalmente o curso do rio. A imagem de fundo utilizada é a do satélite Landsat 8, órbita/ponto 226/073 (Earth Explorer, 2017), na composição falsa-cor RGB 564.



resultante de uma mudança brusca do canal principal, sendo o canal abandonado hoje conhecido como Nabileque (Figura 5). A direção atual do Rio Paraguai (NE) é coincidente com a do LTB (controlado no percurso de 100 km, aproximadamente), enquanto o seu antigo curso, o Rio Nabileque, apresentava orientação NS, o que sugere controle tectônico, conforme já havia sido considerado por Ab'Saber (1988).

Santos & Facincani (2012) sugerem que o Rio Aquidauana também sofreu processo de avulsão. Considerando-se que as famílias de estruturas identificadas por Paranhos Filho *et al.* (2013), depreende-se que o Rio Negro e Miranda correm atualmente segundo estruturas E-W, bem como o atual Rio Aquidauana. O paleo-rio Aquidauana, como afluente do Rio Negro, corria em estruturas NW, com a avulsão, ele foi capturado pelas estruturas de orientação EW, consideradas mais recentes (neotectônica) por Paranhos Filho *et al.* (2013).

Uma observação que dever ser feita ainda na Figura 6 é que o campo de lagoas da Nhecolândia termina no Rio Negro. Nessa região encontra-se o Lineamento do Rio Negro (Mendes, 2008), o qual condiciona o seu curso, fazendo parte do conjunto de estruturas EW que, além de controlar estruturalmente o Rio Negro, limita também os Pantanaís da Nhecolândia e do Rio Negro.

O barramento do Rio Paraguai em Corumbá é também um bom exemplo do controle estrutural exercido no curso de um rio (Figura 7). O Rio Paraguai flui de norte para sul, em uma extensa e planície de inundação recente com forte estruturação no sentido norte-sul.

Na altura de Corumbá, o rio “encontra” um substrato Proterozoico, com 30 metros acima da sua planície atual alçada onde muda de curso com giro de 90°, para se encaixar numa estrutura EW (coincidente com o lineamento Tucavaca), contornando o bloco alçado e retomando a sua orientação norte-sul curso abaixo.

Tem-se, neste caso, além do controle estrutural do rio, um bloco de rochas mais antigas (proterozoicas) na parte sul de Corumbá, alçada no relevo em relação ao substrato mais jovem ao norte, constituído pela planície Pantaneira (Holoceno).

4 Conclusão

Os sistemas de avulsão são processos desencadeados por fatores autocíclicos e alocíclicos. Embora as modificações dos cursos dos rios que cortam o Pantanal podem ser resultantes de processos erosivos, sem controle estrutural, todos os casos aqui es-

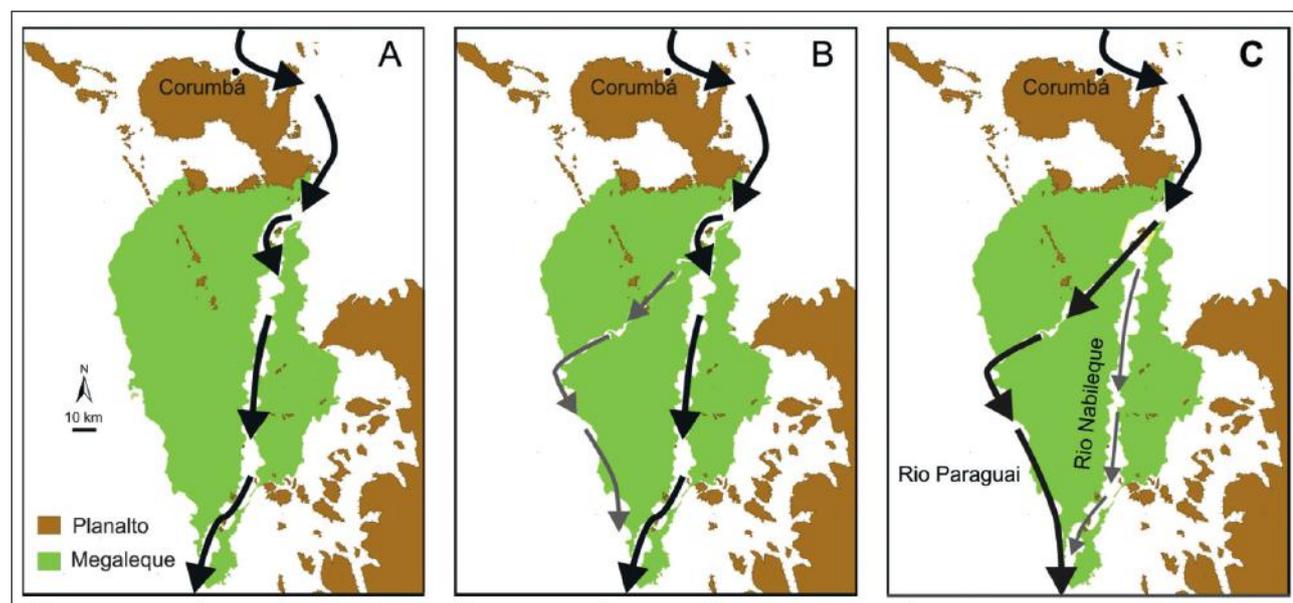


Figura 5 Mudança de curso do Rio Paraguai segundo Kuerten *et al.* (2009); Em A nota-se que o Rio Paraguai fluía na direção NS na atual planície do Rio Nabileque. Em B tem-se a avulsão/captura do curso do Rio Paraguai com direção NE/SW; em C, novo curso estabelecido no sentido SW e progressivo abandono do antigo cinturão de meandros, com a instalação do Rio Nabileque (retirado de Kuerten *et al.*, 2009).

Figura 6 Imagem do Landsat 8, órbita/ponto 226/074, RGB 752 (Earth Explorer, 2015a). É possível observar o paleocanal do Rio Aquidauana de direção NW, além dos canais atuais dos rios Negro e Aquidauana (com direção E-W). Além disto, é possível notar a ausência de lagoas da Nhecolândia ao Sul do Rio Negro, o qual ocupa o lineamento homônimo. Observar a ausência de lagoas ao sul do lineamento do Rio Negro.

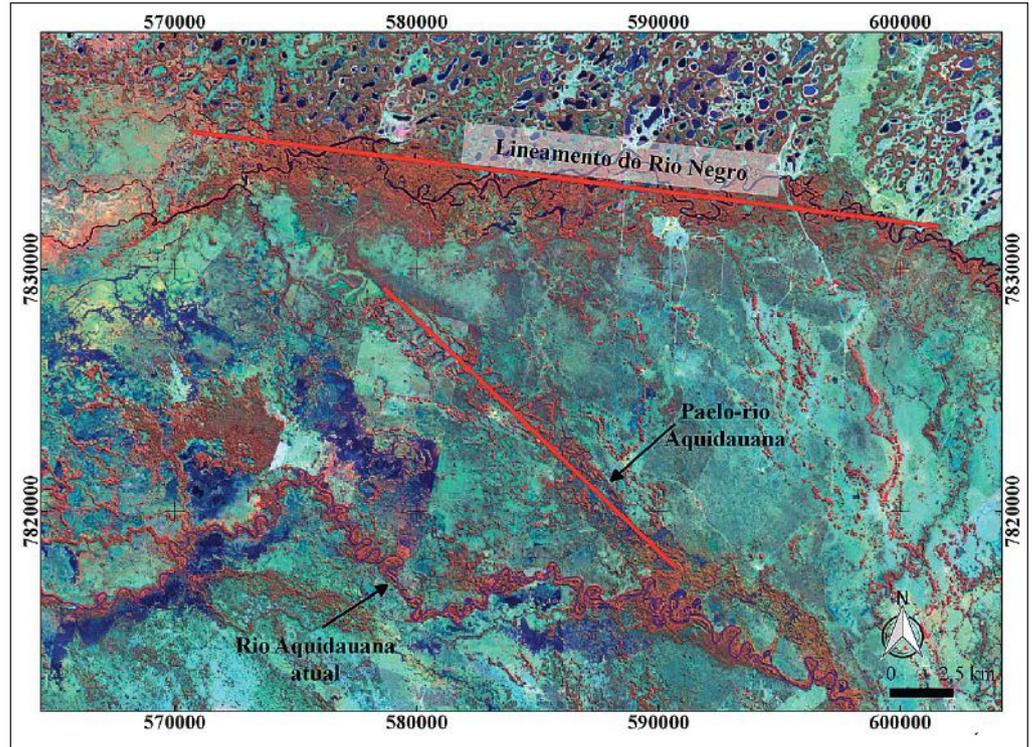
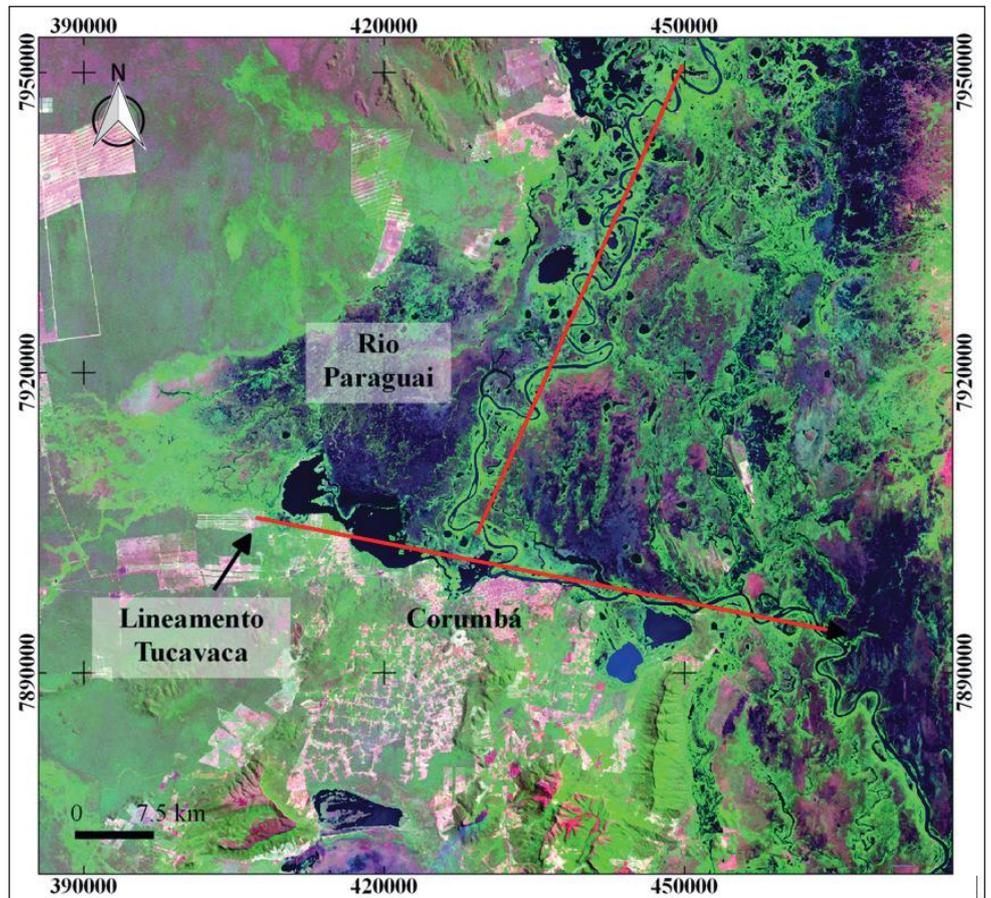


Figura 7 O Rio Paraguai desce do norte da imagem para sul, em uma larga faixa de planície de inundação holocênica e de sentido norte sul na altura de Corumbá “encontra” um bloco alçado e faz uma curva de 90°, mudando do sistema de estruturas norte-sul para o sistema leste-oeste. Imagem de fundo: Landsat 8, fusionada, RGB 752, órbita/ponto 227/073 (Earth Explorer, 2015b).



tudados sugerem a influência do controle estrutural na escolha da nova direção que o canal irá tomar.

Conclui-se, portanto, que em todos os casos de avulsão ora apresentados houve migração do rio de uma orientação estrutural anterior para outra que controla o seu curso atual. Com exceção da calha do Rio Paraguai, que segue a direção NS, todos os processos de avulsão demonstrados neste trabalho indicam a mudança para novos cursos na direção EW, ou seja, a nova direção a ser tomada não é escolhida de modo aleatório e que para Paranhos Filho *et al.* (2013) corresponde a direção mais jovem.

Por fim, devido ao fato de tais migrações acontecerem de maneira rápida na escala do tempo geológico (em média de 5 a 15 anos na região de estudo), tais mudanças sob controle estrutural reforçam as evidências da atividade tectônica atual no Pantanal.

5 Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Doutorado de C. L. Mioto. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelos recursos de Edital Universal (Processos: 446058/2014-9) e pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo 305013/2018-1, de A.C. Paranhos Filho e 300423/82-9, de R. Machado). A Fundect - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul pelos recursos do Edital: Chamada FUNDECT Nº 10/2015 UNIVERSAL-MS.

6 Referências

- Ab'Saber, A.N. 1988. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, 50(2): 9-57.
- Almeida, F.F.M. 1959. Traços Gerais da geomorfologia do Centro-Oeste Brasileira. Planalto Centro-Occidental e Pantanal Matogrossense. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, Guia de Excursão, n. 1, p. 7-65.
- Almeida, F.F.M.de. 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim da divisão de Geologia e Mineralogia*, 219: 1-96.
- Assine, M.L. 2003. *Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil*. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Tese de Livre Docência, 106p.
- Assine, M.L. 2005. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology*, 70(3-4): 357-371.
- Assine, M.L.; Padovani, C.R.; Zacharias, A.A.; Angulo, R.J. & Souza, M.C. 2005. Compartimentação geomorfológica, processos de avulsão fluvial e mudanças no curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6(2): 97-108.
- Assine, M.L. 2009. Taquari: um rio mutante. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2, Corumbá, Mato Grosso do Sul, 2009. *Anais*, Corumbá, p. 7-11.
- Assine, M.L. 2010. Pantanal Mato-Grossense: uma paisagem de exceção. In: Modenesi-Gauttieri, M. C.; Bartorelli, A.; Mantesso Neto, V. & Carneiro, C. D. R. (ed.). *A Obra de Aziz Nacib Ab'Saber*, SÃO PAULO: BECA, p. 464-489.
- Earth Explorer. 2015 a. Imagens Landsat 8. Órbita 226, ponto 074. Data de Passagem 20/06/2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 24 de setembro de 2015.
- Earth Explorer. 2015 b. Imagens Landsat 8. Órbita 227, ponto 073. Data de Passagem 30/08/2015. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Earth Explorer. 2017. Imagens Landsat 8. Órbita 226, ponto 073. Data de Passagem 15/10/2017. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Facincani, E.M.; Assumpção, M.S.; Assine, M.L.; França, G.S.L.A.; Paranhos Filho, A.C. & Gamarra, R.M. 2012. Terremotos no Pantanal. In: FRANCHYS, M.N.S.F.; BUENO, H.P.V. & BECK, M.C. (Eds.). *Pantanal: perspectivas históricas e culturais*. 2. ed. Campo Grande, MS: Editora Campo Grande, p. 87-99.
- Kuerten, S.; Assine, M.L.; Corradini, F.A.; Santos Gradella, F. & Silva, A. 2009. Rio Nabileque: antigo curso do Rio Paraguai? In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL, 2, Corumbá, Mato Grosso do Sul, 2009. *Anais*, Corumbá, p. 194-201.
- Kuerten, S. & Assine, M.L. 2011. O Rio Paraguai no Megaleque do Nabileque, sudoeste do Pantanal Mato-Grossense, MS. *Revista Brasileira de Geociências*, 41(4): 642-653.
- Mendes, D. 2008. *Filtros passa-baixas ponderados e dados SRTM aplicados ao estudo do Pantanal da Baixa Nhecolândia, MS: aspectos tectônicos e de distribuição de lagoas hipersalinas*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Dissertação de Mestrado, 67p.
- Miall, A.D. 2006. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. 4. ed. Germany: Springer - Verlag Berlin Heidelberg.
- Mioto, C.L.; Albrez, E.doA.; Paranhos Filho, A.C. 2012. Contribuição à caracterização das sub-regiões do Pantanal. *Revista Entre-Lugar*; 8: 165-180.
- Padovani, C.R.; Pontara, R.C.P. & Pereira, J.G. 2001. Mudanças recentes de leito no baixo curso do Rio Taquari, no Pantanal Mato-Grossense. *Boletim Paranaense de Geociências*, 49: 33-38.
- Paranhos Filho, A.C.; Nummer, A.R.; Albrez, E.A.; Ribeiro, A.A. & Machado, R. 2013. A study of structural lineaments in Pantanal (Brazil) using remote sensing data. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(3): 913-922.
- Paranhos Filho, A.C.; Mioto, C.L.; Marcato Junior, J. & Catalani, T.G.T. 2016. *Geotecnologias em Aplicações Ambientais*. 1. ed. Campo Grande, MS: Editora UFMS, 2016.
- QGIS Development Team. 2015. QGIS Geographic Information System, 2015.
- Riccomini, C. & Assumpção, M. 1999. Quaternary tectonics in Brazil. *Episodes*, 22: 221-225.
- Santos, R.M.; Facincani, E.M.; Arantes, W.P.; Nunes, T.L. & Quirini, P.B. 2012. Rio Aquidauana antigo afluente do Rio negro: Quaternário do Pantanal Matogrossense. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS DO PANTANAL, 4, Bonito, MS, 2012. *Anais*, Bonito, 478-785.
- Soares, P.C.; Assine, M.L. & Rabelo, L. 1998. The Pantanal Basin: Recent Tectonics, Relationships to the Transbrasiliano Lineament. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., Santos, SP, 1998. *Anais*, Santos, INPE, 459-469.