

Lineamento de vegetação de magnitude regional no Norte do Pantanal: variabilidade florística e fenológica em planície de sedimentos quaternários

Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida¹
Cibele Hummel do Amaral²
Moreno Botelho³
Eduardo Francisco Ribeiro¹
Natasha Costa Penatti¹

¹Universidade de São Paulo - USP/IGc
Rua do Lago, 562 – 05508-080 –São Paulo - SP, Brasil
talmeida@usp.br, {eduardofribeiro, nat.bio}@gmail.com

²Universidade Federal de Viçosa - UFV/DEF
36570-900 - Viçosa - MG, Brasil
chamaral@ufv.br

³Engenheiro Florestal autônomo
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
morenobot@gmail.com

Abstract. The Pantanal is the largest tropical wetland and is located in the center of South America. It corresponds to an active sedimentary basin of Quaternary age with an area about 160,000 km². Despite the monotony of terrigenous sediments, deposited by several megafans, its vegetation present high variability. This variability is a result of many factors: the region being surrounded by four biomes (Brazilian savanna, Chaco, Amazon Rainforest and Atlantic Forest), the flood pulse, the geological history, expressed by the variability in the sediment source areas and neotectonics and the flatness of the area. Small variations in relief, between decimeters to a few meters, imply in changes in floods duration and intensity. Thus faults with small vertical reject can generate vegetation lineaments. This paper discusses the characterization of the most notable of these lineaments in the Pantanal, a feature with NE direction and about 100 km long, considering the similarity between the sample plots (using the Jaccard index - Jacc) and the bulk of plant phenological variability obtained remotely by MODIS NDVI time-series. At the NW side of the studied lineament the vegetation is evergreen, while on the SE side the vegetation becomes dry during the long and severe annual droughts. Considering the Jacc of the plots, we can conclude that there are two regional strata. One at NW region of the lineament (Seasonally Flooded Evergreen Forests), and a second stratum, at SE mainly, characterized by Cordilheiras (paleolevees) and Cerradões. This stratum has various degrees of similarity between plots. The strata presented high floristic dissimilarity between them, what is clearly seen by their regional phenological behavior. Considering that is a flat region without critical variations of soils as well as the magnitude of the lineament, the results are really impressive.

Palavras-chave: Pantanal, vegetation lineament, phytosociology multitemporal remote sensing, Pantanal, lineamento de vegetação, fitossociologia, sensoriamento remoto multitemporal.

1. Introdução

O Pantanal é uma bacia sedimentar ativa, formada no Plioceno Superior/ Pleistoceno Inferior (Ussami et al., 1999) com história de preenchimento mais complexa que se imagina para uma bacia quaternária tão distante de bordas ativas da placa Sul-Americana: a tectônica desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da paisagem, na delimitação de lobos deposicionais e das principais drenagens (Assine e Soares 2004, Almeida et al., 2015; Assine et al., 2016). Seu preenchimento vem sendo feito por diversos megaleques, ambientes de sedimentação que se caracterizam, no conceito de Leier et al. (2005), por extensos sistemas distributários com áreas de $10^3 - 10^5$ km² e baixo gradiente (0,1° a 0,01°). Em função disto o Pantanal é uma região muito plana, com uma variação de menos de uma centena de metros na altitude distribuída na imensidão de em torno de 180.000 km² de megaleques e planícies fluviais, dos quais 153.000 km² no Brasil (Pott e Silva, 2015).

Essa condição de imensa planície sugere monotonia ambiental. E ao contrário, a grande variabilidade do Pantanal ensejou ao menos 12 estudos, desde a década de 1970, para discutir quais e quantos são os “pantanais”, variando entre seis e 25 sub-regiões com características peculiares, sendo o trabalho de Silva e Abdon (1998) o mais adotado, com 11 sub-regiões. Essas subdivisões consideraram haver diferentes padrões de geomorfologia, hidrologia, flúvio-morfologia, pedologia, regime e dinâmica de inundação, tradições locais, geopolítica e, naturalmente, coberturas vegetais. Já Penatti (2014) discute a variabilidade fenológica da vegetação pantaneira, identificando sete comportamentos fenológicos distintos, de ocorrência descontínua. Que processos geraram tal diversidade? A localização, entre quatro biomas (Cerrado, Chaco, Floresta Amazônica e Mata Atlântica), o clima de savana, entre úmido e semiárido e sazonalmente muito marcado, com longas secas, e finalmente a planura. Esta fornece as pequenas variações no relevo, de decímetros a poucos metros, uma importância enorme na estrutura das coberturas vegetais e nas espécies presentes por afetar a presença, a intensidade e a duração das inundações sazonais. De acordo com Pott e Silva (2015) a inundação é o fator primordial, pois a vegetação pode ser diferente no mesmo solo de acordo com o relevo, com seu padrão espacial sendo um "caos auto-organizado", com vegetação florestal nos terrenos mais preservados das inundações, savanas de gramíneas nas áreas sazonalmente inundadas e vegetação aquática nos corpos d'água.

Pouco se cita ser a geologia responsável por muito da variabilidade ambiental do Pantanal: as pequenas variações no relevo são função dos processos de sedimentação/erosão ou da reativação de estruturas do embasamento da bacia, gerando falhas com componente vertical de rejeito. Apenas os murundus, de gênese ainda incerta, podem ser biogênicos. Na revisão sobre a Geologia e a Geomorfologia do Pantanal Assine et al. (2016) citam a presença de vários sistemas de falhas ativas cortando aquela bacia, sendo particularmente importante o de direção NE-SW, supostamente associado com o Lineamento Transbrasiliano, uma sutura geotectônica descrita na região por Soares et al. (1988). Segundo Assine et al. (2016) as falhas deste sistema levam ao abatimento dos blocos a NW das falhas, expressas em imagens de sensoriamento remoto como lineamentos, controlando áreas de maior ou menor subsidência. Expõem ainda que o mais notável exemplo destas estruturas ocorre no norte do Pantanal, com uma falha que separa a noroeste uma região de subsidência mais intensa e irrigada pelos rios perenes Cuiabá, São Lourenço e Paraguai enquanto a sudeste há apenas cursos d'água temporários associados a antigas drenagens distributárias do megaleque do rio Taquari.

De acordo com o mapa de cobertura vegetal e uso do solo apresentado em Pott e Silva (2015) há na área de estudo duas unidades, floresta de espécies pioneiras, incluindo cambará (*Vochysia divergens*) e Cerrado, incluindo cerradão, savanas inundáveis com monodominância e savanas de gramíneas. A variabilidade da vegetação na área de estudo é, como em todo o Pantanal, regida essencialmente pela água, em função de pequenas variações no relevo, de dimensão decimétrica a métrica. Ali, entretanto, ocorre um bem marcado lineamento de

vegetação que se estende por uma centena de quilômetros que ordena a vegetação independentemente da distância da principal drenagem local, o rio São Lourenço. Este lineamento é a expressão em imagens de sensoriamento remoto da falha que separa o norte do Pantanal, uma região deprimida topograficamente em relação à porção central do Pantanal, associada ao megaleque do rio Taquari. Embora não citado como tal, este lineamento aparece nos documentos que cartografaram a vegetação da região, tanto no de Pott e Silva acima citado como nos de WWF-Brasil (2009) e Evans et al. (2014), com o primeiro citando vegetação arbórea com formações pioneiras de cambará, ipê amarelo (*Tabebuia aurea*) e carandá (*Copernicia alba*) e o segundo composto por savanas arbóreas abertas com frequente monodominância de pombeira (*Cyatharexylum myrianthum*) e cambará. Considerando a variabilidade espaço-temporal da vegetação pantaneira Almeida et al. (2015) destacaram o limite linear entre vegetação com senescência tardia ou inexistente e as savanas afetadas precocemente pelas estiagens, considerando aí existir uma falha com elevação do bloco a sudeste.

Este trabalho, utilizando dados multitemporais de sensoriamento remoto e dados de campo na porção centro-norte do Pantanal (Figura 1), discute a relação da similaridade florística da vegetação florestal com a descontinuidade ambiental dada pelo lineamento bem como o comportamento do verdor da vegetação da região em diferentes fases do ciclo hidrológico. O foco da pesquisa, portanto, é procurar entender este lineamento de vegetação, de aparente origem geológica e com mais de 100 km de extensão.

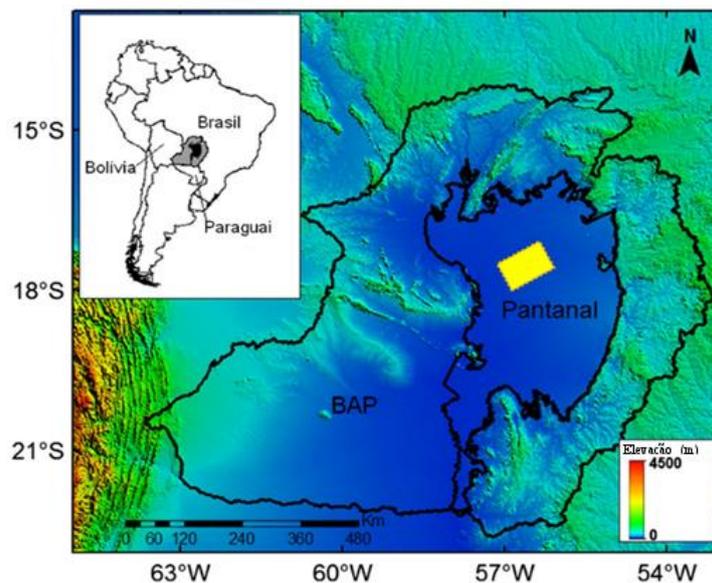


Figura 1. A área de estudo (retângulo amarelo) em relação ao Pantanal e à Bacia do Alto Paraguai (BAP) tendo como fundo imagem SRTM. (Modificado de Almeida et al., 2015).

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Sensoriamento Remoto

Para escolher momentos representativos do ciclo hidrológico da região foram utilizados dados do sistema sensor TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), com resolução espacial de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$. Foram utilizados os dados do produto 3B42 para obter a precipitação mensal e, a partir de uma série de 16 anos (1998-2014), foi obtida a estimativa de precipitação média mensal, apresentada em diagrama. Em função da posição do lineamento sob estudo foram selecionados cinco pixels para representar a estimativa de precipitação média no bloco a NW do lineamento e cinco pixels para o bloco SE.

Para analisar a variabilidade fenológica regional foram utilizados dados MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), especificamente o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do produto MOD13Q1 que fornece imagens compostas de 16 dias (23 imagens por ano) com resolução espacial de 250m. A partir de uma série temporal de NDVI (2001-2015) filtrada pelo algoritmo Savitsky-Golay (Savitzky e Golay, 1964) no software TIMESAT (Chen et al., 2004; Jönsson e Eklundh, 2002, 2004) obteve-se uma série média, com 23 imagens médias. Duas fontes de informação foram utilizadas para selecionar os três DOYs (Day of the Year – dia do ano) para obter uma composição colorida que mostre, grosso modo, a variabilidade fenológica da região: a estimativa de precipitação mensal média (TRMM), e, a partir da série anual média de NDVIs de quinze anos, a correlação obtida entre a imagem de do DOY 001 e os seguintes, até o DOY 353. Naturalmente o que impera nessa representação gráfica é o comportamento cíclico do verdor onde a correlação cai até o ponto máximo da senescência pela estiagem e tornando a subir com o retorno das chuvas. Assim feita a escolha das imagens o triplete resultante será rico em informação fenológica e auxiliará no entendimento da espacialização da variabilidade das coberturas vegetais no entorno do lineamento.

Para a escolha das parcelas a serem visitadas no trabalho de campo foi utilizado um par de imagens da série Landsat (órbita e ponto 226/072), uma do sensor TM (de 08/09/1986) e uma do sensor OLI (de 01/09/2016). Foram selecionados locais em que nas duas imagens houvesse vegetação fechada, o que, na região, refere-se a coberturas florestais, permitindo mostrar parcelas em florestas com mais de 30 anos, em avançado estágio de regeneração.

Para a orientação em campo foram utilizadas ainda imagens Pleiades e RapidEye, com estas últimas auxiliando ainda na escolha de detalhe da localização das parcelas.

2.2 Trabalhos em campo

Dezessete parcelas de 20 x 30 m foram alocadas na área de estudo, sendo a amostragem classificada como estratificada seletiva. Suas disposições foram definidas considerando dois estratos com padrões fenológicos distintos, um a NW do lineamento e outro a SE, e também a resposta espectral da vegetação em 1986 e 2016 (TM e OLI), a fim de selecionar fragmentos florestais antigos. Cada parcela foi inicialmente percorrida, com anotação das espécies presentes nos estratos herbáceo e arbustivo-arbóreo. Posteriormente, todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm foram taxonomicamente identificados e dados, como número de fustes, DAP e altura total, foram coletados. As medidas de altura total dos fustes foram coletadas com hipsômetro Vertex IV (Haglof Inc. – Madison, MS, EUA). Galhos, folhas e órgãos reprodutivos foram, sempre que necessário, fotografados com zoom, para posterior identificação junto a livros, periódicos e herbários virtuais.

2. Resultados e Discussão

A série TRMM de 16 anos utilizada mostra que a estimativa de pluviosidade mensal para a área de estudo tem um comportamento semelhante ao do Pantanal como um todo, com as chuvas se concentrando entre outubro e abril e a seca mais intensa de junho a agosto (Figura 2A). Índices de vegetação tem grande correlação com a chuva, mas a resposta da vegetação não é imediata e tão pouco homogênea. Para considerar a dinâmica sazonal da vegetação local obteve-se a correlação entre a primeira imagem NDVI (DOY 001) com as demais 22 imagens do ciclo anual (Figura 2B).

A partir dos dados da Figura 2 foram escolhidos os DOYs de imagens MODIS-NDVI médias de série de 15 anos para compor a imagem indicativa do essencial da variabilidade fenológica da vegetação local. Considerou-se, assim, a imagem do DOY 97(07 de abril), expressando o verdor máximo; para o momento de maior senescência da vegetação, após três meses de pluviosidade mensal da ordem de 20mm foi selecionado o DOY 241 (29 de agosto)

e, como indicação da rebrota precoce pelo retorno da chuva, o DOY 289 (6 de outubro) (Figura 3).

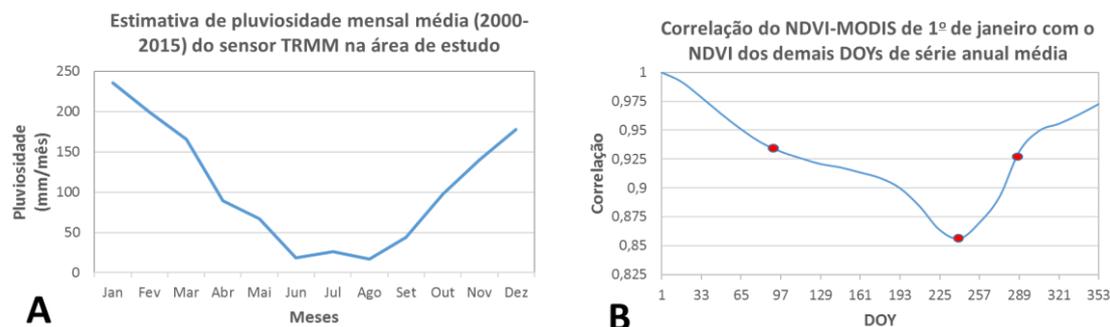


Figura 2. Em A, estimativa de pluviosidade mensal a partir de dados TRMM na área de estudo (média 2000-2015). Em B correlação do DOY 001 da série média de NDVI/MODIS com os DOYs seguintes da série anual média. Os pontos em vermelho indicam as imagens selecionadas na indicação da variabilidade fenológica.

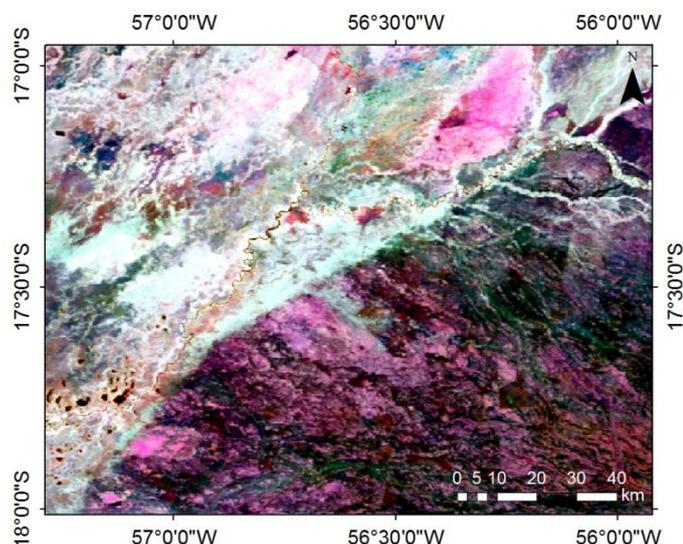


Figura 3. Composição colorida multitemporal de imagens NDVI/MODIS da série anual média (2001-2015) em RGB: 07 de abril, 29 de agosto e 16 de outubro. Observar como o lineamento de vegetação está bem marcado.

A Figura 3 permite uma interpretação simples, com o branco ou tons claros indicando senescência discreta a ausente, pela dominância de espécies perenifólias; o magenta claro indica vegetação senescente no auge da estiagem, mas com rebrota rápida, mantendo-se verde ao longo da estação chuvosa; áreas em ciano foram interpretadas como inundadas em abril, secas em setembro e verdes em outubro e em vermelho áreas com rebrota tardia (seca em setembro e outubro); em tons de verde, áreas fortemente sujeitas a inundação, mas não inundadas em setembro, quando se encontram com vegetação verde. Em negro e tonalidades escuras, baixos teores em clorofila e/ou área foliar.

Foram amostrados 621 indivíduos arbóreos distribuídos em 69 espécies, 68 gêneros e 32 famílias botânicas em 17 parcelas de 20 x 30 m. A disposição das parcelas procurou atender o essencial da variabilidade das florestas locais, considerando as possibilidades de acesso e a posição relativa ao lineamento em estudo (Figura 4). Em função da similaridade, indicada pelo Índice de Jaccard (Jacc), foram definidos dois estratos de florestas: um a noroeste – NW (Florestas Inundáveis) e um a sudeste – SE do lineamento e em pontos isolados a NW (Cerradões e Cordilheiras), como previsto pela variação fenológica observada nas imagens. É

importante realçar a condição *sine qua non* de estar em cordilheiras (porções de terreno alongadas e curvilíneas mais elevadas que o terreno adjacente e que atuam como diques das áreas sujeitas a alagamentos sazonais), para que a vegetação a NW se mostre similar àquela a SE do lineamento. A presença dessas cordilheiras pode ser observada na análise fenológica, quando em maior detalhe, onde feições alongadas e curvilíneas demonstram apresentar senescência em 29 de agosto (Figura 3), diferentemente da vegetação que a cerca. Contudo, devido a sua largura e baixa presença na paisagem, as cordilheiras a NW não apresentam significância regional, principalmente, ao serem analisadas por sensores de cobertura global e baixa resolução espacial como o MODIS.

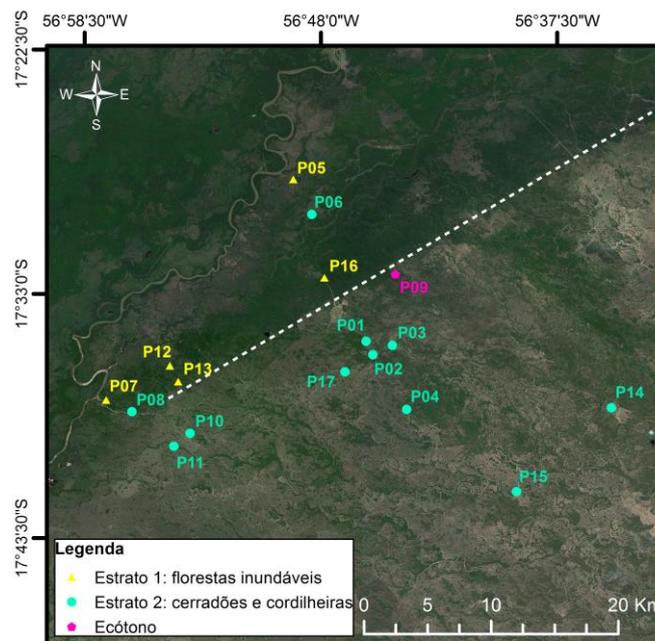


Figura 4. Distribuição das dezessete parcelas de amostragem da vegetação, estratificadas por seus índices de similaridade de Jaccard, sobre composição colorida em cores reais de mosaico de imagens RapidEye, da região de estudo próxima à divisa noroeste do Estado Mato Grosso do Sul com o Estado de Mato Grosso.

Houve também uma única parcela (P09) alocada a SE, nas proximidades do lineamento, e que representa o ecótono entre os dois estratos: Florestas Inundáveis e Cerradões e Cordilheiras. P09 apresentou alto Jacc tanto com a vegetação compreendida pelo estrato de Cerradões e Cordilheiras (P02, Jacc = 0,26), quanto pelo estrato de Florestas Inundáveis (P05, 0,26). As parcelas com maior Jacc foram P13 e P16 (0,73); ambas estão localizadas na porção imediatamente a NW do lineamento e têm o dossel com elevada dominância de *Vochysia divergens* e *Licania parvifolia*. O Jacc médio entre as florestas inundáveis é de 0,33, indicando alta similaridade florística entre as florestas inundáveis dispostas a NW ao longo do lineamento. Quando analisamos o estrato dos Cerradões e Cordilheiras é possível verificar uma maior variabilidade florística entre parcelas. Destacam-se como fortemente similares (Jacc médio = 0,32) os Cerradões amostrados nas parcelas 04, 14 e 15a SE, mais distantes do lineamento (até ~ 20 km), e que, com evidente formação de murundus (elevações circulares no terreno, com poucas dezenas de diâmetro), não apresentam em sua florística *Attalea phalerata*. Essa é a espécie mais abundante no conjunto de parcelas (n = 68) e, evidentemente, em todas as cordilheiras, a SE ou NW do lineamento. O compartilhamento dessas espécies e de outras, entre as cordilheiras e a maioria dos cerradões – esses sem desnível de terreno aparente, com forma

variada e mais próximos ao lineamento, não permitiram a dissociação florística dessas formações.

Considerando a comparação entre as parcelas dos dois extremos, Florestas Inundáveis (1) e Cerradões e Cordilheiras (2), o valor máximo de Jacc encontrado foi de 0,14, muito distante do mínimo para serem consideradas florestas similares ($Jacc \geq 0,25$) e, em doze casos, o Jacc foi de zero (não havendo compartilhamento de nenhuma espécie pelo par de parcelas analisadas). A importância da distância na redução da similaridade foi demonstrada pelos valores máximos do Jacc: nas duas parcelas de Cerradão mais distantes (P14 e P15) o valor máximo daquele índice foi de 0,09 em relação às cinco parcelas de floresta inundável. Observe-se, neste sentido, que o grupo de parcelas de Cerradões e Cordilheiras mais próximo ao lineamento apresenta maior similaridade florística com as parcelas de floresta inundável, como esperado pela proximidade geográfica.

Considerando-se que todas as parcelas amostraram coberturas florestais antigas (com no mínimo 30 anos), fica evidente a origem da dissimilaridade florística e fenológica associada ao lineamento. Considerando-se ainda o relevo plano e a ausência de diversidade geológica no substrato conclui-se que este lineamento esteja associado a uma falha com pequeno rejeito vertical e seja um notável exemplo de como pequenas variações no relevo implicam em dissimilaridade florística e fenológica no Pantanal. Considere-se, por fim, que o lineamento estudado apresenta uma suave inflexão e segue por mais 120 km e está na continuidade a SW da zona de falhas General Carneiro, feição do Neoproterozoico associada ao Lineamento Transbrasileiro e estudada por aeromagnetometria em Curto et al. (2014). Naquele trabalho descreve-se a atividade daquela estrutura durante a deposição da Bacia do Paraná e sugere-se reativação atual, pois há sismos alinhados à feição. É relevante considerar que esta falha, que tem suas origens no Proterozoico e esteve ativa no Paleozoico e Mesozoico, esteja influenciando a diversidade das coberturas florestais do Pantanal.

4. Conclusão

A abordagem simplificada da fenologia da superfície terrestre com dados temporais NDVI (MODIS) e o levantamento fitossociológico de campo mostraram resultados compatíveis entre si demonstrando haver duas coberturas vegetais distintas e adaptadas à variada disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem dos dois lados do lineamento em estudo. Excluem-se as cordilheiras (porções elevadas do terreno, curvilíneas e alongadas, que atuam como diques marginais das áreas com alagamento sazonal) que podem ocorrer em ambos os lados da falha e que apresentam elevada similaridade florística e padrão fenológico. A causa para a brusca variação florística entre os estratos de Florestas Inundáveis (1) e Cordilheiras e Cerradões (2), limitada linearmente por em torno de 100 km, quando analisada regionalmente, e sem variação significativa nos solos, indica a presença de uma falha de alto ângulo com rejeito vertical que abateu o bloco a noroeste. O terreno plano, com variação topográfica não observável em caminhamentos, sugere um rejeito muito discreto e não um posterior atulhamento preferencial dos terrenos no bloco abatido. Sugere-se aqui, portanto, que o lineamento de vegetação estudado é regido pela água, o que se manifesta fenológica e fitossociologicamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Angelina Barros Baruki e Sérgio Baruki, proprietários da fazenda Recreio, não apenas pela acolhida mais que gentil da equipe que foi ao campo como pelo enorme apoio dado na infraestrutura para deslocamentos na região, com acesso facilitado em diversas fazendas vizinhas, onde sempre fomos bem recebidos. Sem esse apoio teria sido impossível realizar tantas parcelas em tão pouco tempo. Os autores agradecem ainda à Airbus Defense & Space pela cessão, sem custos, de um segmento de imagem Pleiades e, finalmente,

ao Ministério do Meio Ambiente pela cessão, também sem custos, de diversas cenas de imagens do sensor RapidEye. Estas imagens auxiliaram muito na localização em campo e as RapidEye foram além, ajudando visualizar a diversidade das coberturas vegetais. Agradecem finalmente a Cibele Hummel do Amaral e Moreno Botelho, que custearam parte importante do trabalho de campo e adquiriram software para tratar dados botânicos. Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Processo 302925/20155, a qual custeou a maior parte dos gastos com a viagem de campo e análise de amostras.

Referências Bibliográficas

- Almeida, T. I. R., Penatti, N. C., Ferreira, L. G., Arantes, A. E., & do Amaral, C. H. Principal component analysis applied to a time series of MODIS images: the spatio-temporal variability of the Pantanal wetland, Brazil. **Wetlands Ecology and Management**, v. 23, n. 4, p. 737–748, 2015.
- Assine, M. L., & Soares, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, v. 114, n.1, p. 23–34, 2004.
- Assine, M. L.; Merino, E. R.; Pupim, F. N.; Warren, L. V.; Guerreiro, R. L.; McGlue, M. M. Geology and geomorphology of the Pantanal basin. In: Bergier, I.; Assine M.L. (Orgs.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. Springer International Publishing, 2016, p.23–50.
- Chen, J., Jönsson, P., Tamura, M., & Gu, Z. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter. **Remote sensing of Environment**, v. 91, n. 3, p. 332-344, 2004.
- Curto, J. B., Vidotti, R. M., Fuck, R. A., Blakely, R. J., Alvarenga, C. J. S., & Dantas, E. L. The tectonic evolution of the Transbrasiliano Lineament in northern Paraná Basin, Brazil, as inferred from aeromagnetic data. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 119, n. 3, p. 1544-1562, 2014.
- Evans, T. L., Costa, M., Tomas, W. M., & Camilo, A. R. Large-scale habitat mapping of the Brazilian Pantanal wetland: A synthetic aperture radar approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 155, 8–108, 2014.
- Penatti, N.C. Geobotânica e fenologia da superfície terrestre no estudo da diversidade do Pantanal: uma abordagem multi-sensor. 2014. 231p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- Pott, A., & Silva, J. Terrestrial and aquatic vegetation diversity of the Pantanal wetland. In: Bergier, I.; Assine M.L. (Orgs.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. Springer International Publishing, 2016, p.111-132.
- Savitzky, A., & Golay, M. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. **Analytical chemistry**. 36(8), 1627-1639, 1964.
- Silva, J. D. S. V.; Abdon, M. D. M. Delimitação do pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1703–1711, 1998.
- Soares, P.C., Assine, M.L., Rabelo, L. The Pantanal Basin: recent tectonics, relationships to the Transbrasiliano Lineament. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 9. 1998, Santos. Anais. INPE, São José dos Campos, p. 459–469, On-line. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.08.10.23/doc/1_141o.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2016.
- Ussami, N., Shiraiwa, S., & Dominguez, J. M. L. Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: The Pantanal wetland, SW Brazil. **Tectonics**, v. 18, n.1, p. 25–39, 1999.
- WWF- Brasil. **Monitoring alterations in vegetation cover and land use in the upper Paraguay river basin: Brazilian portion: period of analysis: 2002 to 2008**. Brasília: Conservation International, 2009. 58p.