

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 05/12/2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E MUDANÇAS PALEO-  
HIDROLÓGICAS NA PORÇÃO SUL DO PANTANAL: A  
PLANÍCIE INTERLEQUES DO RIO NEGRO E LEQUES  
FLUVIAIS COALESCENTES**

EDER RENATO MERINO

Rio Claro (SP)  
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E MUDANÇAS PALEO-  
HIDROLÓGICAS NA PORÇÃO SUL DO PANTANAL: A  
PLANÍCIE INTERLEQUES DO RIO NEGRO E LEQUES  
FLUVIAIS COALESCENTES**

EDER RENATO MERINO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Mario Luis Assine

Rio Claro (SP)  
2016

551.42 Merino, Eder Renato  
M562e      Evolução geomorfológica e mudanças paleo-hidrológicas na porção sul do Pantanal: a planície interleques do rio Negro e leques fluviais coalescentes / Eder Renato Merino. - Rio Claro, 2017  
126 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Mario Luis Assine

1. Geomorfologia. 2. Hidrologia. 3. Megaleques. 4. Compartimentação geomorfológica. 5. Datação LOE. I.  
Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

EDER RENATO MERINO

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E MUDANÇAS PALEO-  
HIDROLÓGICAS NA PORÇÃO SUL DO PANTANAL: A  
PLANÍCIE INTERLEQUES DO RIO NEGRO E LEQUES  
FLUVIAIS COALESCENTES**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. JOSE CANDIDO STEVAUX

Prof. Dr. FRANCISCO SERGIO BERNARDES LADEIRA

Prof. Dr. ANTONIO CONCEIÇÃO PARANHOS FILHO

Prof. Dr. LUCAS VERÍSSIMO WARREN

Prof. Dr. MARIO LUIS ASSINE - Orientador

Resultado: **APROVADO**

Rio Claro - SP, 05 de dezembro de 2016

**Dedico** esta Tese à minha Família e aos meus Amigos  
que sempre estiveram ao meu lado acreditando  
e incentivando seja qual fosse a situação.

## AGRADECIMENTOS

O processo de "aprender", nem sempre é uma tarefa simples. Às vezes ocorre de forma natural e autodidata, mas grande parte do tempo se dá por meio de uma parceria, seja com um professor, um amigo, um técnico ou mesmo pessoas que passam rapidamente por nossa vida. Para mim esta Tese de Doutorado foi um processo de parceria que resume tudo isso, em alguns pontos fui obrigado a aprender sozinho, mas grande parte do processo contei com a ajuda de diversas pessoas, sem as quais este documento não existiria. Talvez eu cometa o erro de esquecer alguém, mas tenham certeza que isso não torna a pessoa menos importante.

Agradeço a meu orientador, Prof. Dr. Mario Luis Assine, que desde a Graduação me proporciona grandes oportunidades de aprendizado, acadêmicas, profissionais e pessoais. Sou grato pela paciência e respeito que aprendemos a ter um pelo outro. Enfim sou grato por não desistir, quando eu mesmo já havia entregue os pontos.

Fabiano Pupim, você é... o cara!!! Agradeço por tudo que me ensinou nos últimos anos e pelas incontáveis ajudas e conversas. Agradeço pelas oportunidades de aprendizado acadêmico e profissional, mas agradeço principalmente pela amizade que criamos. Tenho você não somente como amigo, mas como um exemplo!

Hudson Macedo, você também é o cara!!! Sem tua ajuda não teria conseguido desenvolver muito do que aqui está apresentado. Tenha certeza que tem meu eterno agradecimento pela ajuda, aprendizado e pela amizade. Você é uma pessoa que aprendi a admirar e respeitar, tanto pela sua capacidade, quanto pela hombridade e caráter.

Ao Prof. Aguinaldo Silva por sua incansável capacidade de ajudar ao próximo, muitas vezes até mesmo abrindo mão de seus compromissos pessoais. Pessoas como você são raras e guardo um imenso respeito por ti. Muito obrigado por toda ajuda com os trabalhos de campo (que bem sabemos que no Pantanal muitas são extenuantes), obrigado pela convivência e amizade.

Agradeço imensamente aos demais companheiros de pesquisa, que apesar de não estarmos tão próximos ao longo desses anos, mas que mesmo assim compartilhamos muitos momentos bons. Agradeço ao Renato Guerreiro que me acompanha desde o Mestrado, ambos sempre correndo contra o tempo, mas fazendo tudo dar certo no final. Agradeço a Deborah Mendes, Prof. Dr. Lucas Warren, Filipe

Varejão, Patricia Mescolotti, Michele Andriolli, Thaís Tinós, Mateus Vidotti, Danilo Picolli, Juliana Emy, Eder Spatti, Luiz Pereira, Camila Barbosa.

Sou grato por minha família por simplesmente serem quem são e estarem sempre a meu lado, a começar por minha mãe Carmem, minhas irmãs, sobrinhos, cunhados e ao meu pai que já partiu há anos. Agradeço a meus amigos pessoais Rui Guilherme por toda ajuda e paciência e aos amigos do Xamanismo.

Parte do Doutorado foi desenvolvida em Austin - TX, onde fui recebido amigavelmente pelo Prof. Dr. Edgardo Latrubesse, de quem pude receber grandes ensinamentos. Agradeço a Robert Bean, por me convidar para morar em sua casa durante minha estadia e também aos amigos Edward Park e Charles Wight.

Tudo no Pantanal é difícil, portanto agradeço imensamente a Adriano Saraceni Bandeira da empresa BR-PEC Agropecuária, pelo apoio logístico e concessão de acesso à propriedade durante trabalhos de campo. A Roberto Klabin, César Queirós e Helder Brandão pelo apoio e acesso às fazendas Caiman e Rio Negro, e também ao Sr. Khalil por apoio e permissão de entrada na Fazenda Nova Estância. Agradeço à UFSM e todos os funcionários da base de apoio à pesquisa às margens do rio Miranda e também do campus Pantanal. Sou grato aos professores Sidney Kuerten (UEMS) e Edna Maria Facincani (UFMS) pela cordialidade e colaboração nos trabalhos do megaleque do rio Aquidauana.

Por fim agradeço ao apoio financeiro da FAPESP (processo 2014/06889-2) e também ao apoio do CNPq e da CAPES, que concederam bolsas de estudos para realização do doutorado no Brasil e estágio sanduiche no exterior, respectivamente. Também agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente (UNESP), e ao auxílio financeiro para trabalhos de campo e congressos, bem como agradeço ao apoio diário dos funcionários da pós-graduação, em especial à Rosangela Vacello e a Maria Dorta.



"A mente que se abre para uma nova idéia  
jamais retorna ao seu tamanho original..."  
(Albert Einstein)

## RESUMO

O Pantanal é uma das maiores áreas alagáveis do planeta cuja dinâmica de inundação e o aporte sedimentar dos rios são os principais agentes que controlam a evolução de suas paisagens. Até o momento, as pesquisas sobre o trato deposicional moderno da Bacia do Pantanal têm se concentrado na planície tronco do rio Paraguai e nos sistemas de megaleques. Todavia, pouco tem-se realizado nas planícies interleques que são importantes áreas de captação e distribuição de águas e sedimento dos sistemas distributivos coalescentes. A planície interleque do rio Negro, limitada ao norte pelos megaleques do Taquari e do Negro e ao sul pelos megaleques do Aquidauana, Taboco e Miranda, constitui uma das principais áreas de captação da porção sul do Pantanal. A fim de compreender a evolução da planície interleques do rio Negro e sua interação com os sistemas deposicionais adjacentes foram conduzidos estudos geomorfológicos e hidrossedimentológicos a partir da integração de dados orbitais, sedimentológicos e geocronológicos. Também foram realizados estudos sobre a geomorfologia do megaleque do rio Aquidauana, um dos únicos grandes sistemas da borda sul sem estudos sistemáticos. Com isso buscou-se identificar, mapear e caracterizar de forma integrada os principais registros de mudanças paleo-hidrológicas na porção sul da bacia. Imagens de satélite e modelos digitais de elevação foram utilizados na compartimentação geomorfológica e na identificação de mudanças paleo-hidrológicas. Levantamento da descarga fluvial por ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) e coleta de carga sedimentar suspensa e de fundo permitiram a caracterização hidrossedimentológica dos principais rios da porção sul da bacia. Datações por luminescência opticamente estimulada (LOE) e descrição de fácies sedimentares permitiram o estabelecimento das idades das feições morfológicas bem como caracterização de descrição da arquitetura dos depósitos. A planície interleques do rio Negro foi dividida em sete compartimentos distintos: 1) planície interleques confinada; 2) lobo progradacional do rio Negro; 3) zona de alagamento permanente; 4) lobo deposicional moderno do rio Aquidauana; 5) zona de transição; 6) planície com lagoas interligadas por canais intermitentes; 7) planície em degradação por rede de canais tributários. O megaleque do rio Aquidauana foi compartimentado em três domínios: 1) lobo deposicional pleistocênico; 2) cinturão de meandros em vale inciso; e 3) lobo distributário atual. Modelo evolutivo da porção sul do Pantanal foi proposto com base no reconhecimento e estabelecimento da cronologia relativa e absoluta das principais mudanças paleo-hidrológicas ocorridas nos sistemas deposicionais desde o Pleistoceno Médio ao recente, dos quais as principais feições indicativas de mudanças foram: 1) rede de paleocanais distributários abandonados; 2) paleocinturão com mais 70 km de extensão, mapeado desde a porção central da planície interleques do rio Negro até próximo à foz do rio Miranda; 3) diferentes gerações de paleocinturões no megaleque do rio Miranda; 4) avulsão fluvial do rio Aquidauana que fez com que o rio deixasse de ser afluente do rio Negro e se tornasse afluente do rio Miranda 60 km para jusante.

**Palavras-chave:** planície interleques, megaleques, compartimentação geomorfológica, hidrologia, sensoriamento remoto, datação LOE.

## ABSTRACT

The Pantanal wetland, in central-west Brazil, is one of largest seasonally flooded freshwater wetlands in the globe, with unique landscapes and a hotspot for wildlife, being rivers flood dynamics and its sediment load major agents in the landscape evolution. Until now, researches about the basin modern alluvial tract are focused on the Paraguay river trunk plain and on the megafan systems. Nonetheless, little has been done in interfan plains that are important areas of catchment and distribution of water and sediment from the coalescing distributary systems. The Negro river interfan plain, bordered to the north by the Taquari and the Negro and to the south by the Aquidauana, Taboco and Miranda, is one of the main catchment area of the Pantanal. In order to understand the evolution of the Negro river interfan plain and its interaction with the adjacent depositional systems were performed geomorphological and hydrosedimentological studies based on the integration of orbital, sedimentological and geochronological data. Studies were also conducted on the Aquidauana megafan, one of the only major systems of the southern border without geomorphological studies. Thus, it was possible to identify, map and characterize the major records of paleohydrological changes in the southern portion of the basin in an integrated way. Satellite imagery and digital elevation models were used on the geomorphological zonation and for identifying paleohydrological changes. Survey of river discharge by ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), and collection of suspended and bed sediment load allowed hydrosedimentological characterization of the main rivers of the southern portion of the basin. Optically stimulated luminescence (OSL) dating and sedimentary description of facies allowed either the establishment of absolute ages of morphological features and characterization of the deposits architecture. The Negro interfan plain was divided in seven compartments: 1) confined interfan plain; 2) Negro river progradational lobe; 3) permanent flooded zone; 4) Aquidauana river modern depositional lobe; 5) transition zone; 6) plain with lakes interconnected by intermittent channels; and 7) degradational plain by tributary channels. The Aquidauana megafan was divided into three areas: 1) Pleistocene degradational lobe; 2) entrenched meander belt; and 3) modern depositional lobe originated by avulsion. Evolutional model of the southern Pantanal was proposed based on the recognition and establishment of relative and absolute chronology of major paleohydrological changes in the depositional systems from the Middle Pleistocene to recent, being the main changes: 1) network of abandoned distributary paleochannels; 2) over 70 km long paleomeander belt, mapped from the central portion of the Negro river interfan plain to near the mouth of the Miranda river; 3) different generations of paleomeander belts on the river Miranda megafan; 4) fluvial avulsion on the Aquidauana river that made the river change its mouth towards 60 km downstream in the river Miranda mouth.

**Keywords:** interfan plain, megafans, geomorphological zonation, hydrology, remote sensing, OSL dating.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA</b> .....	4
2.1. Trato dos sistemas deposicionais do Pantanal .....	7
2.1.1. Leques fluviais com área fonte em planaltos sedimentares.....	10
2.1.2. Leques fluviais com area fonte em terras baixas.....	11
2.1.3. As planícies do rio Paraguai .....	11
2.1.4. Sistemas de planícies interleques.....	12
2.2. Área estudada.....	13
2.2.1. Clima.....	14
2.2.2. Geomorfologia .....	14
2.2.3. Geologia .....	16
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	19
<b>4. MÉTODOS E MEIOS</b> .....	20
4.1. Processamento digital de imagens de sensores remotos .....	20
4.2. Compartimentação geomorfológica .....	26
4.3. Validação de campo, descrição e amostragem de material geológico.....	26
4.4. Dados hidrossedimentológicos .....	27
4.5. Caracterização sedimentológica .....	29
4.6. Análise por luminescência oticamente estimulada (LOE/SAR).....	29
<b>5. MEGALEQUE DO RIO AQUIDAUANA: CANAIS DISTRIBUTÁRIOS PLEISTOCÊNICOS, INCISÃO FLUVIAL E AGRADAÇÃO NO HOLOCENO</b> .....	32
5.1. Introdução .....	32
5.2. Resultados .....	34
5.2.1. Compartimentação geomorfológica .....	34
5.2.2. Lobo pleistocênico .....	34
5.2.3. Cinturão de meandros em vale inciso.....	37
5.2.4. Lobo distributário atual.....	39
5.3. Discussão: evolução geomorfológica e mudanças ambientais .....	40
5.3.1. Leque pleistocênico .....	40
5.3.2. Incisão Fluvial .....	41
5.3.3. Agradação do vale por rio meandrante.....	43
5.3.4. Avulsão fluvial e formação lobo deposicional moderno .....	44

5.4. Conclusões do capítulo .....	46
<b>6. PLANÍCIE INTERLEQUES DO RIO NEGRO: COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E DINÂMICA HIDROSEDIMENTAR .....</b>	<b>47</b>
6.1. Introdução .....	47
6.2. Resultados .....	49
6.2.1. Planície interleques confinada .....	50
6.2.2. Lobo progradacional do rio Negro .....	53
6.2.3. Zona de alagamento permanente .....	55
6.2.4. Lobo deposicional moderno do rio Aquidauana .....	57
6.2.5. Zona de transição .....	58
6.2.6. Planície com lagoas interligadas por canais intermitentes.....	59
6.2.7. Planície em degradação por rede de canais tributários .....	60
6.3. Discussão dos resultados .....	60
6.4. Conclusões do capítulo .....	71
<b>7. MUDANÇAS PALEO-HIDROLÓGICAS NA PORÇÃO SUL DO PANTANAL .....</b>	<b>74</b>
7.1. Introdução .....	74
7.2. Resultados .....	76
7.2.1. Megaleque do Negro .....	76
7.2.2. Megaleque do Miranda .....	81
7.2.3. Megaleque do Aquidauana .....	84
7.2.4. Megaleque do rio Taboco .....	85
7.3. Discussão.....	87
7.3.1. Pleistoceno Superior .....	89
7.3.2. Holoceno Inferior/Médio .....	90
7.3.3. Holoceno Superior .....	92
7.4. Conclusões do capítulo .....	93
<b>8. CONCLUSÃO .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Bacia hidrográfica do Alto Rio Paraguai (modificado de Assine et al., 2015b).....	1
<b>Figura 2</b> - Geologia Regional da Bacia do Pantanal (modificado de Assine et al., 2015b).....	4
<b>Figura 3</b> - Padrões de inundação da Bacia do Pantanal..	6
<b>Figura 4</b> - Diferentes classificações do Pantanal (modificado de Assine et al., 2015b).....	8
<b>Figura 5</b> - Trato deposicional da Bacia do Pantanal (modificado de Assine et al., 2015a), com indicação da área estudada (retângulo vermelho).....	9
<b>Figura 6</b> - MDE da Bacia do Pantanal com destaque para as áreas fontes dos principais rios, megaleques e planícies interleques (baseado em Assine et al., 2015a).....	13
<b>Figura 7</b> - Mapa Geomorfológico da área investigada (modificado de IBGE, 2009a e b). .....	15
<b>Figura 8</b> - Mapa geológico da investigada (modificado de Lacerda Filho et al., 2004).....	17
<b>Figura 9</b> - Nível médio mensal do rio Aquidauana na estação de Porto Ciríaco no período de 2000-2011. ....	25
<b>Figura 10</b> - Distribuição das seções do levantamento hidrossedimentológico realizado em campo. ....	28
<b>Figura 11</b> - Vazão, precipitação e perfil longitudinal do rio Aquidauana. ....	33
<b>Figura 12</b> - Mapa dos compartimentos geomorfológicos do megaleque do rio Aquidauana .....	34
<b>Figura 13</b> - Cinturão de meandros em vale inciso. ....	37
<b>Figura 14</b> - Lobo distributário atual do rio Aquidauana. ....	39
<b>Figura 15</b> - Avulsão fluvial do rio Aquidauana. ....	44
<b>Figura 16</b> - Contexto regional da área estudada. ....	48
<b>Figura 17</b> - Compartimentos geomorfológicos da planície interleques do rio Negro. ....	50
<b>Figura 18</b> - Vazão do rio Negro: Estações Bocaina e Faz. Rio Negro (em m <sup>3</sup> /s, adaptado de Mendes, 2014).....	51

<b>Figura 19</b> - Seções de transversais de ADCP de cada ponto onde foi amostrado sedimento em suspensão e carga de fundo.....	52
<b>Figura 20</b> - Canal do rio Negro (localização na Figura 17). .....	54
<b>Figura 21</b> - Índices de água (NDWI, MNDWI) e de umidade do solo (NMDI). .....	55
<b>Figura 22</b> - Canal do rio Negro com ilhas flutuantes de baceiros e macrófitas.....	56
<b>Figura 23</b> - Mapa de frequência de inundação do baixo curso da planície interleques do rio Negro. ....	57
<b>Figura 24</b> - Detalhe do baixo curso da Planície interleques do rio Negro.....	58
<b>Figura 25</b> - Depósitos de <i>crevasse splay</i> (leque de espraiamento). .....	59
<b>Figura 26</b> - Dinâmica hidrológica na planície interleques. ....	62
<b>Figura 27</b> - Vazante do Castelo. ....	63
<b>Figura 28</b> - Canais anabranching da área permanentemente alagada.....	65
<b>Figura 29</b> - Avulsões recentes na planície interleques do rio Negro.....	66
<b>Figura 30</b> - Canal do rio Negro na área permanentemente alagada.. ....	67
<b>Figura 31</b> - Lineamentos geológicos da planície interleques do rio Negro. ....	68
<b>Figura 32</b> - Trechos dos rios Negro e Aquidauana. ....	70
<b>Figura 33</b> - Lobos progradacionais dos rios Negro e Aquidauana.....	70
<b>Figura 34</b> - Sistemas Depositionais da Porção sul da Bacia do Pantanal. ....	75
<b>Figura 35</b> - Mudanças paleo-hidrológicas no megaleque do rio Negro. ....	77
<b>Figura 36</b> - Mudanças paleo-hidrológicas na porção distal da planície interleques do rio Negro.....	79
<b>Figura 37</b> - Paleocinturões da porção distal da planície interleques do rio Negro....	79
<b>Figura 38</b> - Perfil sedimentológico da amostras NE-P6 e XA-P1.....	80
<b>Figura 39</b> - Mudanças paleo-hidrológicas do megaleque do rio Miranda. ....	82
<b>Figura 40</b> - Perfil sedimentológico da amostras MI-AT, MI-PC e Corixo do Mutum. ....	83
<b>Figura 41</b> - Concreções carbonáticas na amostra Corixo do Mutum.....	84
<b>Figura 42</b> - Mudanças paleo-hidrológicas no megaleque do rio Aquidauana. ....	85
<b>Figura 43</b> - Mudanças paleo-hidrológicas no megaleque do rio Taboco. ....	86
<b>Figura 44</b> - Mudanças paleo-hidrológicas e estágios evolutivos da porção sul da Bacia do Pantanal. ....	88

**ÍNDICE DE TABELAS**

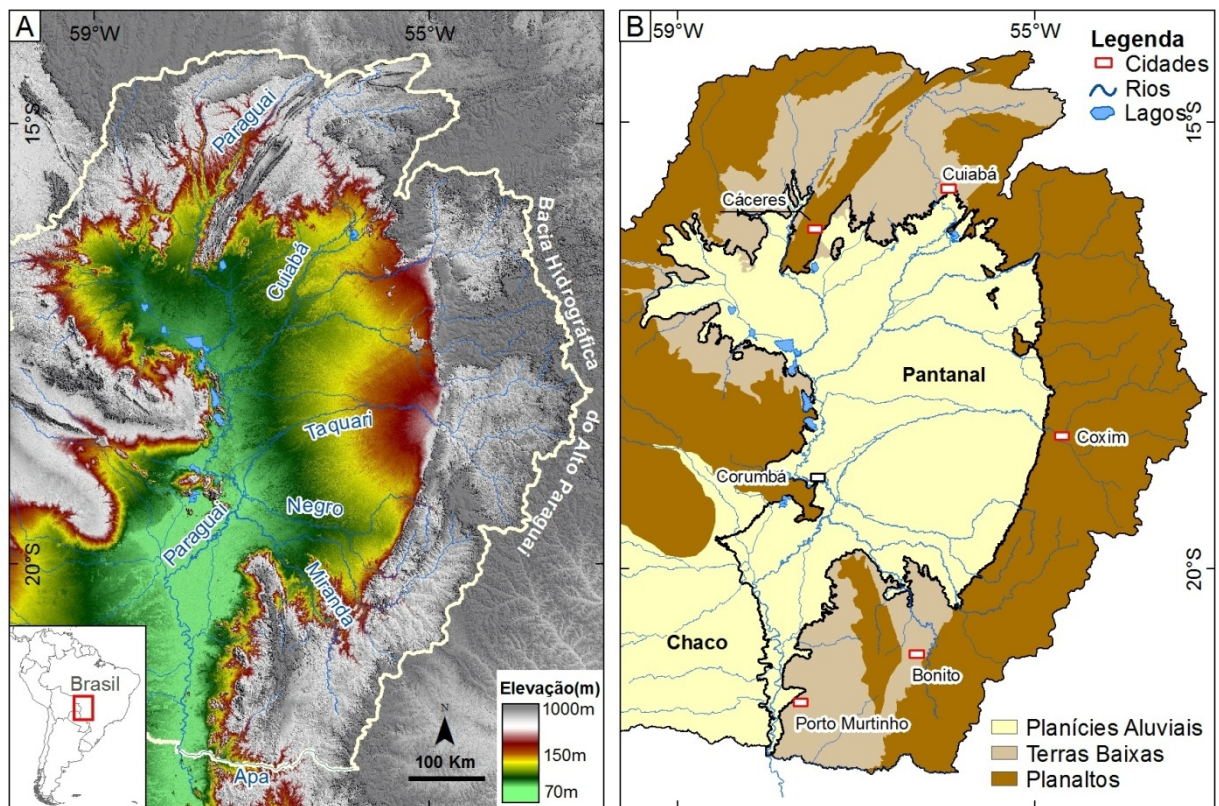
<b>Tabela 1</b> - Dados Orbitais utilizados na pesquisa.....	22
<b>Tabela 2</b> - Relação de Imagens Landsat e Dados de Vazão da Estação de Porto Ciríaco utilizados para processamento dos índices de umidade utilizados no trabalho. ....	24
<b>Tabela 3</b> - Tabela das idades OSL das amostras do megaleque do rio Aquidauana com respectivas taxas de dose .....	36
<b>Tabela 4</b> - Levantamento hidrossedimentológico dos principais rios da porção sul do Pantanal. ....	53
<b>Tabela 5</b> - Tabela das idades OSL das amostras dos paleocinturões da porção sul do Pantanal.....	80



## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Alto Paraguai (BAP) é um grande mosaico paisagístico drenado pelo rio Paraguai e seus afluentes. Com área de aproximadamente 600.000 Km<sup>2</sup>, estende-se por vasta área do centro-oeste brasileiro (estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) e alcança territórios da Bolívia e do Paraguai (ANA, 2004).

Três províncias geomorfológicas principais compõem a bacia (Figura 1): a) planaltos, compostos por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e por rochas metamórficas do embasamento cristalino; b) terras baixas, também chamadas de depressões, com grandes exposições de rochas metamórficas pré-cambrianas e; c) planícies aluviais, na parte central onde se desenvolve o trato deposicional moderno da bacia do Pantanal, que constitui uma das maiores planícies alagáveis ou "wetlands" do planeta, bem como também abrange parte da planície do Chaco (Alho et al., 1988; Por, 1995; Keddy et al., 2009; Assine et al., 2015a).



**Figura 1** - Bacia hidrográfica do Alto Rio Paraguai (modificado de Assine et al., 2015b). A) Modelo digital de elevação(MDE) SRTM (90m); B) Províncias geomorfológicas da BAP.

As *wetlands* estão entre os ambientes mais diversificados do planeta, refúgios para grande diversidade biológica, onde inúmeras espécies de plantas e animais e ambientes únicos se desenvolvem (Harris et al., 2005). O entendimento da dinâmica, funcionamento e evolução é dessas áreas é fundamental devido à sua importância na deposição e transporte de sedimentos, recarga de aquíferos, armazenamento de carbono, manutenção da biodiversidade, produção pesqueira dentre outros fatores físicos, ecológicos e econômicos (Phillips, 1989; Barbier, 1994; Keddy et al., 2009; Turner et al., 2000). Em termos globais, as *wetlands* ainda não são bem caracterizadas e uma das razões principais é a falta de informação sobre sua dinâmica hidrológica (Melack & Hess, 2004).

De acordo com a Convenção de RAMSAR (tratado intergovernamental que visa ação nacional e cooperação internacional para a conservação e uso racional das *wetlands* e seus recursos), existem cerca de 1.670 regiões designadas como "Wetlands de Importância Internacional" (MacKay et al., 2009), sendo que dez delas possuem mais de 50.000 km<sup>2</sup>. O Pantanal (Figura 1), que possui extensão territorial de aproximadamente 150.000 Km<sup>2</sup> (Junk et al., 2006; Padovani, 2010), é uma das maiores áreas úmidas contínuas de água doce do planeta, mundialmente conhecido devido às suas paisagens únicas e por se tratar de um verdadeiro *hotspot* da vida selvagem onde se desenvolvem populações sustentáveis de espécies ameaçadas em outras partes do Brasil e da América do Sul (Harris et al., 2005).

Há décadas, dados orbitais são utilizados em estudos sobre o Pantanal. Trabalhos pioneiros destacaram a grande dimensão do megaleque do Taquari (Braun, 1977; Tricart, 1982), já Klammer (1982), baseado em imagens de radar, classificou a paisagem da Nhecolândia como dunas longitudinais fósseis de direção NNE-SSW e NNW-SSE. Nos últimos anos geocientistas têm utilizado dados orbitais de múltiplas plataformas, fundindo técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento com Geomorfologia e Sedimentologia, ajudando a compreender melhor a dinâmica e evolução da planície pantaneira. Tal abordagem favoreceu o desenvolvimento de diversas pesquisas sobre o trato deposicional e a dinâmica hidrológica da bacia do Pantanal, seja de forma integrada (Assine et al., 2015a, b, c) ou em pesquisas distintas para cada sistema separadamente, tais como os estudos realizados na planície do rio Paraguai (Assine & Silva, 2009; Silva, 2010; Macedo et al., 2014), nos leques fluviais do Taquari (Assine et al., 2005; Zani et al., 2009; Zani

et al., 2012), do São Lourenço (Corradini & Assine, 2012; Assine et al., 2014; Pupim, 2014), do Aquidauana (Facincani et al., 2006), do Negro (Cordeiro et al., 2010; Mendes, 2014), do Nabileque (Kuersten, 2010; Kuersten & Assine, 2011; Kuersten et al., 2013), do Miranda (Merino, 2011; Merino et al., 2013), e do Cuiabá (Pupim, 2014; Pupim et al., 2016).

As pesquisas desenvolvidas até o momento sobre a evolução geológica e geomorfológica do trato deposicional da bacia do Pantanal se concentraram na planície tronco do rio Paraguai e nos sistemas de megaleques. Pouco foi desenvolvido sobre os sistemas de planícies interleques. Os trabalhos desenvolvidos por Mendes (2014), que estudou a geocronologia das formas deposicionais e evolução da planície interleques do rio Negro em seu médio curso, e a caracterização geomorfológica do sistema fluvial formado pela planície interleques do rio Piquiri, desenvolvido por Pupim et al., (2014), são pioneiros até o momento em caracterizar detalhadamente esse tipo de sistema no Pantanal. Tendo em vista a ausência de estudos integrados sobre os sistemas deposicionais que compõem a porção sul do Pantanal e o baixo número de pesquisas com relação às planícies interleques, a presente pesquisa teve como escopo estudar a geomorfologia, a dinâmica hidrossedimentológica e a interação do baixo curso da planície interleques do rio Negro com os demais sistemas deposicionais coalescentes na borda sul do Pantanal. Também foram realizados estudos sobre a geomorfologia do megaleque do rio Aquidauana, um dos únicos grandes megaleques do Pantanal sem estudos sistemáticos. Com isso buscou-se identificar, mapear e caracterizar de forma integrada os principais registros de mudanças paleo-hidrológicas na porção sul da bacia.

## 8. CONCLUSÃO

O megaleque do rio Aquidauana era um dos últimos grandes sistemas deposicionais da porção sul do Pantanal sem estudos detalhados sobre sua geomorfologia, origem e evolução. O sistema apresentou área total de 3.100 km<sup>2</sup> dividida em três compartimentos principais: a) lobos deposicionais pleistocênicos; b) um cinturão de meandros em vale inciso; c) lobo distributário atual. Estilos diferentes de padrão de drenagem, com paleocanais distributários anteriores ao Último Máximo Glacial, foram reconhecidos. Incisão fluvial foi mapeada desde a planície interleques do rio Negro até a entrada do rio Aquidauana na Bacia do Pantanal revelando que em algum momento entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno Médio, o rio Aquidauana foi afluente do rio Negro. Grande evento avulsivo causou o abandono da parte distal do cinturão entrincheirado pelo rio Aquidauana. Com essa mudança o rio migrou sua foz para aproximadamente 65 km na direção sudoeste junto ao rio Miranda.

A planície interleques do rio Negro apresenta um dos mais complexos regimes hidrológicos do Pantanal. A área foi dividida em sete compartimentos diferentes: 1) planície Interleques Confinada; 2) lobo progradacional do rio Negro; 3) zona de alagamento permanente; 4) lobo deposicional moderno do rio Aquidauana; 5) zona de transição; 6) planície com lagoas interligadas por canais intermitentes; 7) planície em degradação por rede de canais tributários. A feição mais marcante da planície é a área de alagamento permanente formada pelo desconfinamento do canal principal do rio Negro ao adentrar em uma região topograficamente rebaixada. A planície fica completamente alagada durante as cheias anuais em decorrência da barreira natural formada pelo canal atual do rio Miranda ao sul. Um sistema tributário de drenagem formado pelos rios Abobral e Negro (afluentes do rio Paraguai) e rio Vermelho (afluente do Miranda) ajudam a drenar as águas das inundações.

O canal historicamente conhecido como rio Negro, na sua porção mais distal, atualmente é uma rede de drenagem tributária e intermitente que coleta água e sedimento das vazantes do megaleque do Taquari e da área alagamento permanentemente durante as cheias anuais. O rio Negro alcança o baixo curso da planície interleques como canal único para em seguida espriar sua vazão na área

permanentemente alagada e dividir o fluxo entre os três canais principais do sistema tributário, sendo que atualmente o rio que concentra maior vazão é o Vermelho.

Um modelo evolutivo da porção sul da Bacia do Pantanal foi proposto com base no reconhecimento e estabelecimento da cronologia relativa e absoluta das principais mudanças paleo-hidrológicas ocorridas nos sistemas deposicionais desde o Pleistoceno Médio até o recente. Devido a falta de dados geocronológicos mais refinados ainda ocorrem incertezas, todavia o modelo proposto é um ponto de partida para o entendimento geral da evolução da área. As principais conclusões alcançadas foram:

No Pleistoceno Superior houve predominância de rede de canais distributários e progradação da porção distal dos sistemas devido ao elevado aporte sedimentar dos sistemas e a predominância de condições climáticas mais secas. Na transição Pleistoceno/Holoceno ocorreu momentos úmidos, todavia climas mais secos foram predominantes até o Holoceno Médio. Nesse período houve intensificação do processo de incisão fluvial e o padrão de drenagem distributário foi paulatinamente substituído por canais *anabranching* e meandrantas. Nesse período os rios Negro e Aquidauana eram afluentes e originaram grandes cinturões na porção distal da planície interleques. A incisão dos vales causou isolamento de lagoas da Nhecolândia na área de domínio do megaleque do rio Aquidauana e incorporação de parte do limite leste do megaleque do Taquari pelo rio Negro. Eventos avulsivos marcaram grandes mudanças na porção distal da planície interleques, dos quais foram datados um paleocinturão com canais *anabranching* que revelou idade do Holoceno Inferior (mais seco) e outro com marcas de canais meandrantas com idade do Holoceno Médio (mais úmido).

Condições similares às atuais a partir do Holoceno Superior originaram a rede de drenagem atual. O aumento nas taxas de umidade e precipitação resultou no surgimento de áreas permanentemente alagadas nos sistemas Negro e Taboco. Houve intensificação da agração fluvial dos cinturões que alterou o perfil de equilíbrio dos rios e acabou desencadeando eventos avulsivos que mudaram completamente a configuração da rede hidrológica da parte sul do Pantanal. O rio Aquidauana deixou de ser afluente do rio Negro e se tornou afluente do rio Miranda mais de 60 km para jusante e o rio Miranda sofreu evento avulsivo que mudou sua foz com o rio Paraguai para mais de 20 km para norte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Sáber, A. N. 1988 O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, 50: 9-57.
- Adam, E.; Mutanga, O.; Rugege, D. 2010. Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands Ecology and Management*, 18(3): 281-296.
- Akther, M. S. & Hassan, Q. K. 2011. Remote Sensing-Based Assessment of Fire Danger Conditions Over Boreal Forest. *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of*, 4(4): 992-999.
- Alho, C. J. R.; Lacher, T. E.; Gonçalves, H. C. 1988. Environmental Degradation in the Pantanal Ecosystem. *BioScience*, 38(3): 164-171.
- Allen, P. A. 2008. From landscapes into geological history. *Nature*, 451(7176): 274-276.
- Allen, Y. 2015. Landscape Scale Assessment of Floodplain Inundation Frequency Using Landsat Imagery. *River Research and Applications*, 32(7): 1609–1620
- Almeida, F. F. M. d. & Lima, M. A. d. 1959. Planalto Centro-ocidental e Pantanal Mato-Grossense. Ed. Conselho Nacional de Geografia.
- Almeida, F. d. 1964. Geologia do Centro-Oeste Matogrossense. *Boletim da divisão de Geologia e Mineralogia*, 215, 123p.
- Almeida, F. d. 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim da divisão de Geologia e Mineralogia*, 219, 1-96.
- Almeida, T. I. R. d.; Penatti, N. C.; Ferreira, L. G.; Arantes, A. E.; Amaral, C. H. d. 2015. Principal component analysis applied to a time series of MODIS images: the spatio-temporal variability of the Pantanal wetland, Brazil. *Wetlands Ecology and Management*, 1-12.
- Alvarenga, S.M.; Brasil, A.E.; Del'Arco, D.M. Geomorfologia. In Projeto RADAMBRASIL. *Folha SF-21 Campo Grande*. Rio de Janeiro, MME. p. 125-184. (Levantamento de recursos naturais).
- ANA - Agência Nacional de Águas. 2004. *Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai ANA/GEF/PNUMA/OEA*. Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai: Síntese Executiva. Brasília, 64p.

- Assine, M. L. 2003. *Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro. Tese de Livre Docência, 106p.
- Assine, M. L. 2004. A bacia sedimentar do Pantanal Mato-Grossense. In: Mantesso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.; Brito Neves, B. (ed.) *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, 1, 61-74.
- Assine, M. L. & Soares, P. C. 2004. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. *Quaternary International*, 114: 23-34.
- Assine, M. L. 2005. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology*, 70(3-4): 357-371.
- Assine ML, Padovani CR, Zacharias AA, Angulo RJ, Souza MC. 2005. Compartimentação geomorfológica, processos de avulsão fluvial e mudanças de curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6(1): p97-108.
- Assine, M. L. & Silva, A. 2009. Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology*, 113(3-4): 189-199.
- Assine, M. L.; Corradini, F. A.; Pupim, F. d. N.; McGlue, M. M. 2014. Channel arrangements and depositional styles in the São Lourenço fluvial megafan, Brazilian Pantanal wetland. *Sedimentary Geology*, 301: 172-184.
- Assine, M. L.; Merino, E. R.; Pupim, F. d. N.; Macedo, H. d. A.; Santos, M. G. M. d. 2015a. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 45(3): 475-489.
- Assine, M.; Merino, E.; Pupim, F.; Warren, L.; Guerreiro, R.; McGlue, M. 2015b. Geology and Geomorphology of the Pantanal Basin. In: Bergier, I. & Assine, M. L. (ed.) *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*. Springer International Publishing, (The Handbook of Environmental Chemistry), 37: 23-50.
- Assine, M. L.; Macedo, H. A.; Stevaux, J. C.; Bergier, I.; Padovani, C. R.; Silva, A. 2015c. Avulsive Rivers in the Hydrology of the Pantanal Wetland. In: Bergier, I. & Assine, L. M. (ed.) *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*. Cham, Springer International Publishing, 83-110.
- Assumpção, M.; Schimmel, M.; Escalante, C.; Roberto Barbosa, J.; Rocha, M.; Barros, L. V. 2004. Intraplate seismicity in SE Brazil: stress concentration in lithospheric thin spots. *Geophysical Journal International*, 159(1): 390-399.
- Assumpção, M. & Sacek, V. 2013. Intra-plate seismicity and flexural stresses in central Brazil. *Geophysical Research Letters*, 40(3): 487-491.

- Baker, P. A.; Seltzer, G. O.; Fritz, S. C.; Dunbar, R. B.; Grove, M. J.; Tapia, P. M.; Cross, S. L.; Rowe, H. D.; Broda, J. P. 2001. The History of South American Tropical Precipitation for the Past 25,000 Years. *Science*, 291(5504): 640-643.
- Baker, V. R. 2013. 9.26 Global Late Quaternary Fluvial Paleohydrology: With Special Emphasis on Paleofloods and Megafloods. In: Shroder, J. F. (ed.) *Treatise on Geomorphology*. San Diego, Academic Press, 511-527.
- Barberi, M. *Mudanças paleoambientais na região dos cerrados do Planalto Central durante o Quaternário tardio: o estudo da Lagoa Bonita, DF*. Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 227p.
- Barbier, E. B. 1994. Valuing environmental functions: tropical wetlands. *Land economics*, 155-173.
- Barbouthi, A. & Rastin, B. 1983. A study of the absolute intensity of muons at sea level and under various thicknesses of absorber. *Journal of Physics G: Nuclear Physics*, 9(3): 1577.
- Bertaux, J.; Sondag, F.; Santos, R.; Soubiès, F.; Causse, C.; Plagnes, V.; Le Cornec, F.; Seidel, A. 2002. Paleoclimatic record of speleothems in a tropical region: study of laminated sequences from a Holocene stalagmite in Central–West Brazil. *Quaternary International*, 89(1): 3-16.
- Bezerra, M. A. d. O. & Mozeto, A. A. 2008. Deposição de carbono orgânico na planície de inundação do rio Paraguai durante o Holoceno Médio. *Oecologia Brasiliensis*, 12(1): 14.
- Bocco, G.; Mendoza, M.; Velázquez, A. 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping—a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology*, 39(3-4): 211-219.
- Boggiani, P. C. & Coimbra, A. M. 1995. Quaternary limestones of the Pantanal area, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 67(3): 343-350.
- Braun, E. 1977. Cone aluvial do Taquari, unidade geomórfica marcante na planície quaternária do Pantanal. *Revista Brasileira de Geografia*, 39: 164-180.
- Buehler, H. A.; Weissmann, G. S.; Scuderi, L. A.; Hartley, A. J. 2011. Spatial and temporal evolution of an avulsion on the Taquari River distributive fluvial system from satellite image analysis. *Journal of Sedimentary Research*, 81(8): 630-640.
- Bull, W. B. 1990. Proceedings of the 21st Annual Binghamton Symposium in Geomorphology Stream-terrace genesis: implications for soil development. *Geomorphology*, 3(3): 351-367.
- Butle, D. R. & Walsh, S. J. 1998. The application of remote sensing and geographic information systems in the study of geomorphology: An introduction. *Geomorphology*, 21(3-4): 179-181.



- Chavez Jr, P. S. & Kwarteng, A. Y. 1989. Extracting spectral contrast in Landsat Thematic Mapper image data using selective principal component analysis. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, 55(3): 339-348.
- Cordeiro, B. M.; Facincani, E. M.; Paranhos Filho, A. C.; Bacani, V. M.; Assine, M. L. 2010. Compartimentação geomorfológica do leque fluvial do rio Negro, borda sudeste da Bacia do Pantanal (MS). *Revista Brasileira de Geociências*, 40(2): 175-183.
- Corradini, F. A. & Assine, M. L. 2012. Compartimentação geomorfológica e processos deposicionais no megaleque fluvial do Rio São Lourenço, Pantanal Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Geociências*, 42: 20-33.
- Cruz, F. W.; Burns, S. J.; Karmann, I.; Sharp, W. D.; Vuille, M.; Cardoso, A. O.; Ferrari, J. A.; Silva Dias, P. L.; Viana, O. 2005. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. *Nature*, 434(7029): 63-66.
- Cruz Jr FW, Burns SJ, Karmann I, Sharp WD, Vuille M. 2006. Reconstruction of regional atmospheric circulation features during the late Pleistocene in subtropical Brazil from oxygen isotope composition of speleothems. *Earth and Planetary Science Letters* 248(1-2): 495-507.
- Cruz Jr., F. W.; Wang, X.; Auler, A.; Vuille, M.; Burns, S. J.; Edwards, L. R.; Karmann, I.; Cheng, H. 2009. Orbital and Millennial-Scale Precipitation Changes in Brazil from Speleothem Records. In: Vimeux, F.; Sylvestre, F.; Khodri, M. (ed.) *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions: From the Last Glacial Maximum to the Holocene*. Dordrecht, Springer Netherlands, 29-60.
- Del'Arco, J.O.; Silva, R.H.; Tarapanoff, I. Freire, F.A.; Pereira, L.G.M.; Souza, S.L.; Luz, D.S.; Palmeira, R.C. B.; Tassinari, C.C.G. 1982. Geologia. In: (ed.) Ministério das Minas e Energia. Projeto Radam Brasil. *Folha SD.21 Cuiabá*. Rio de Janeiro: MME, 26: 25 – 160.
- Dronova, I.; Gong, P.; Wang, L.; Zhong, L. 2015. Mapping dynamic cover types in a large seasonally flooded wetland using extended principal component analysis and object-based classification. *Remote Sensing of Environment*, 158: 193-206.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. 2011. ArcGis 10.1. Redlands – California.
- Evans, T. L.; Costa, M.; Telmer, K.; Silva, T. S. 2010. Using ALOS/PALSAR and RADARSAT-2 to map land cover and seasonal inundation in the Brazilian Pantanal. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 3(4): 560-575.
- Evans, T. L. & Costa, M. 2013. Landcover classification of the Lower Nhecolândia subregion of the Brazilian Pantanal Wetlands using ALOS/PALSAR,

- RADARSAT-2 and ENVISAT/ASAR imagery. *Remote Sensing of Environment*, 128: 118-137.
- Facincani, E. M.; Assine, M. L.; Silva, A.; Zani, H.; Araújo, B. C.; Miranda, G. M. 2006. Geomorfologia fluvial do leque do rio Aquidauana, borda sudeste do Pantanal, MS. 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campo Grande, MS. 175-181p.
- Facincani, E. M. & Assine, M. L. 2010. Geomorfologia fluvial do rio Aquidauana, borda sudeste do Pantanal Mato-Grossense. *In: Revelando Aquidauana. Serie Fronteiras*. 267-284
- Farr, T. G.; Rosen, P. A.; Caro, E.; Crippen, R.; Duren, R.; Hensley, S.; Kobrick, M.; Paller, M.; Rodriguez, E.; Roth, L. 2007. The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics*, 45(2):2115.
- Feng, M.; van der Lee, S.; Assumpção, M. 2007. Upper mantle structure of South America from joint inversion of waveforms and fundamental mode group velocities of Rayleigh waves. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112:B04312.
- Fielding, C. R.; Ashworth, P. J.; Best, J. L.; Prokocki, E. W.; Smith, G. H. S. 2012. Tributary, distributary and other fluvial patterns: What really represents the norm in the continental rock record? *Sedimentary Geology*, 261–262: 15-32.
- Finlayson, C. M. & van der Valk, A. G. 1995. Wetland classification and inventory: A summary. *Vegetatio*, 118(1-2): 185-192.
- Foster RB, Pott VJ, Salis Sd. 2000. Description of the vegetation of the Rio Negro, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. In *A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil*, Philip W. Willink BC, LEEANNE E. ALONSO, JENSEN R. MONTAMBULT, REINALDO LOURIVAL (ed). Conservation International: Washington, DC.
- Frazier, P.; Page, K.; Louis, J.; Briggs, S.; Robertson, A. I. 2003. Relating wetland inundation to river flow using Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 24(19): 3755-3770.
- Frazier, P. & Page, K. 2009. A reach-scale remote sensing technique to relate wetland inundation to river flow. *River Research and Applications*, 25(7): 836-849.
- Gao, B.C. 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3): 257-266.
- Godoi, H. D. O.; Martins, G. M.; Mello, J. C. R. d.; G., S. 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Brasília, CPRM/DIEDIG/DEPAT, *Folha SE.21-Y-D*, Aldeia Tomázia, *Folha SF.21-V-B*,

Porto Murtinho, Folha SF.21-V-D, Estado de Mato Grosso do Sul. Escala 1:250.000.

Goudie, A. 2006. Terrace, River. 3<sup>o</sup> ed. In: *Encyclopedia of Geomorphology*. Ed. Andrew S. Goudie. New York, Taylor & Francis: 1039-1043.

Hamilton S, Sippel S, Melack J. 1996. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 137(1): 1-23

Hamilton, S. K.; Sippel, S. J.; Melack, J. M. 2004. Seasonal inundation patterns in two large savanna floodplains of South America: the Llanos de Moxos (Bolivia) and the Llanos del Orinoco (Venezuela and Colombia). *Hydrological Processes*, 18(11): 2103-2116.

Harris, M. B.; Tomas, W.; Mourão, G.; Da Silva, C. J.; Guimarães, E.; Sonoda, F.; Fachim, E. 2005. Safeguarding the Pantanal Wetlands: Threats and Conservation Initiatives (Protegiendo a los Humedales del Pantanal: Amenazas e Iniciativas de Conservación). *Conservation Biology*, 19(3): 714-720.

Hartley, A. J.; Weissmann, G. S.; Nichols, G. J.; Warwick, G. L. 2010. Large Distributive Fluvial Systems: Characteristics, Distribution, and Controls on Development. *Journal of Sedimentary Research*, 80(2): 167-183.

Hartley, R. A.; Roberts, G. G.; White, N.; Richardson, C. 2011. Transient convective uplift of an ancient buried landscape. *Nature Geoscience*, 4(8): 562-565.

Horton, B. K. & DeCelles, P. G. 1997. The modern foreland basin system adjacent to the Central Andes. *Geology*, 25(10): 895-898.

Hudson, P. F.; Butzer, K. W.; Beach, T. 2008. Fluvial deposits and environmental history: Scope and context of the 39th Annual BGS. *Geomorphology*, 101(1-2): 8-15.

Hupp, C. R. & Osterkamp, W. R. 1996. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology*, 14(4): 277-295.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009a. *Geomorfologia: Estado do Mato Grosso*. IBGE/CISCEA (Projeto SIVAM). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - Diretoria de Geociências. Mapa escala 1:250:000. ([http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm))

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009b. *Geomorfologia: Estado do Mato Grosso do Sul*. IBGE/CISCEA (Projeto SIVAM). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - Diretoria de Geociências. Mapa escala 1:250:000. ([http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm))

- Jain, V. & Sinha, R. 2003. *Hydrological Variability and Landscape Evolution in alluvial river system: An example from the Ganga plains, India*. In: XVI International Union for Quaternary Research (INQUA) congress.
- Junk, J. W.; Bayley, P. B.; Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river floodplain systems. *Canadian Special Publications of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106: 110-127.
- Junk, W. J.; Cunha, C. N.; Wantzen, K. M.; Petermann, P.; Strüssmann, C.; Marques, M. I.; Adis, J. 2006. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences*, 68: 278-309.
- Keddy, P. A.; Fraser, L. H.; Solomeshch, A. I.; Junk, W. J.; Campbell, D. R.; Arroyo, M. T.; Alho, C. J. 2009. Wet and wonderful: the world's largest wetlands are conservation priorities. *BioScience*, 59(1): 39-51.
- Klammer, C. 1982. Die Paläovüste des Pantanal von Mato Grosso und Die Pleistozäne Klimageschichte der Brasilianischen Randtropen. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 26: 393-416.
- Knox, J. C. 2000. Sensitivity of modern and Holocene floods to climate change. *Quaternary Science Reviews*, 19(1-5): 439-457.
- Kuerten, S. 2010. *Evolução geomorfologia e mudanças ambientais no megaleque do Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-grossense*. IGCE - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Tese de Doutorado, 96p.
- 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.
- Kuerten, S.; Parolin, M.; Assine, M.; McGlue, M. 2013. Sponge spicules indicate Holocene environmental changes on the Nabileque River floodplain, southern Pantanal, Brazil. *Journal of Paleolimnology*, 49(2): 171-183.
- Lacerda Filho, J. V. d. 2004. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul*. Goiânia, CPRM (Convênio CPRM/SICME). Ilustrações + Mapasp.
- Latrubesse, E. M.; Stevaux, J. C.; Cremon, E. H.; May, J.-H.; Tatum, S. H.; Hurtado, M. A.; Bezada, M.; Argollo, J. B. 2012. Late Quaternary megafans, fans and fluvio-aeolian interactions in the Bolivian Chaco, Tropical South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 356–357: 75-88.
- Ledru M-P. 1993. Late Quaternary Environmental and Climatic Changes in Central Brazil. *Quaternary Research*, 39(1): 90-98.
- Macedo, H. d. A.; Assine, M. L.; Pupim, F. d. N.; Merino, E. R.; Stevaux, J. C.; Silva, A. 2014. Mudanças Paleo-Hidrológicas na Planície do Rio Paraguai, Quaternário do Pantanal. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(1): p75-85.

- Mackay, H.; Finlayson, C. M.; Fernández-Prieto, D.; Davidson, N.; Pritchard, D.; Rebelo, L. M. 2009. The role of Earth Observation (EO) technologies in supporting implementation of the Ramsar Convention on Wetlands. *Journal of Environmental Management*, 90(7): 2234-2242.
- Marchetti, Z. Y.; Minotti, P. G.; Ramonell, C. G.; Schivo, F.; Kandus, P. 2016. NDVI patterns as indicator of morphodynamic activity in the middle Paraná River floodplain. *Geomorphology*, 253: 146-158.
- Martin, L.; Flexor, J.-M.; Suguio, K. 1995. Vibrotestemunhador leve: construção, utilização e potencialidades. *Revista do Instituto Geológico*, 16(1-2): 59-66.
- Martin, L.; Bertaux, J.; Corrège, T.; Ledru, M.-P.; Mourguiart, P.; Sifeddine, A.; Soubières, F.; Wirrmann, D.; Suguio, K.; Turcq, B. 1997. Astronomical forcing of contrasting rainfall changes in tropical South America between 12,400 and 8800 cal yr BP. *Quaternary Research*, 47(1): 117-122.
- Maslin, M. A. & Burns, S. J. 2000. Reconstruction of the Amazon Basin effective moisture availability over the past 14,000 years. *Science*, 290(5500): 2285-2287.
- May J-H. 2006. Geomorphological indicators of large-scale climatic changes in the Eastern Bolivian lowlands. *Geographica Helvetica*, 61(2): 120-134.
- May, J. H.; Argollo, J.; Veit, H. 2008. Holocene landscape evolution along the Andean piedmont, Bolivian Chaco. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 260(3-4): 505-520.
- Mayle, F. E.; Burbridge, R.; Killeen, T. J. 2000. Millennial-scale dynamics of southern Amazonian rain forests. *Science*, 290(5500): 2291-2294.
- McCarthy, T. S.; Stanistreet, I. G.; Cairncross, B. 1991. The sedimentary dynamics of active fluvial channels on the Okavango fan, Botswana. *Sedimentology*, 38(3): 471-487.
- McGlue, M.; Silva, A.; Corradini, F.; Zani, H.; Trees, M.; Ellis, G.; Parolin, M.; Swarzenski, P.; Cohen, A.; Assine, M. 2011. Limnogeology in Brazil's "forgotten wilderness": a synthesis from the large floodplain lakes of the Pantanal. *Journal of Paleolimnology*, 46(2): 273-289.
- McGlue, M. M.; Silva, A.; Zani, H.; Corradini, F. A.; Parolin, M.; Abel, E. J.; Cohen, A. S.; Assine, M. L.; Ellis, G. S.; Trees, M. A. 2012. Lacustrine records of Holocene flood pulse dynamics in the Upper Paraguay River watershed (Pantanal wetlands, Brazil). *Quaternary Research*, 78(2): 285-294.
- McGlue, M. M.; Silva, A.; Assine, M. L.; Stevaux, J. C.; Pupim, F. d. N. 2015. Paleolimnology in the Pantanal: Using Lake Sediments to Track Quaternary Environmental Change in the World's Largest Tropical Wetland. In: Bergier, I. & Assine, L. M. (ed.) *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*. Cham, Springer International Publishing, 51-81.

- Melack, J. M. & Hess, L. L. 2004. Remote sensing of wetlands on a global scale. *SIL News*, 42:1-5.
- Mendes, D. 2014. *Geocronologia de formas deposicionais e evolução da planície interleques do Rio Negro, quaternário da Bacia do Pantanal*. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro - SP, Tese de Doutorado, 111p.
- Merino, E. R. 2011. *Caracterização geomorfológica do sistema deposicional do rio Miranda (borda sul do Pantanal mato-grossense, MS) com base em dados orbitais*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, SP, Dissertação de Mestrado, 96p.
- Merino, E. R.; Assine, M. L.; Pupim, F. N. 2013. Estilos fluviais e evidências de mudanças ambientais na planície do rio Miranda, Pantanal. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(2): p127-134.
- Merino, E. R.; Pupim, F. d. N.; Macedo, H. d. A.; Assine, M. L. 2015. Realce e Integração de Imagens Orbitais Óticas com Dados SRTM para Mapeamento e Estudo de Grandes Planícies Fluviais: Exemplos de Aplicação no Pantanal. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 16(1): 49-62.
- Mertes, L. A. K. 2002. Remote sensing of riverine landscapes. *Freshwater Biology*, 47(4): 799-816.
- Metcalf, S. E.; Whitney, B. S.; Fitzpatrick, K. A.; Mayle, F. E.; Loader, N. J.; Street-Perrott, F. A.; Mann, D. G. 2014. Hydrology and climatology at Laguna La Gaiba, lowland Bolivia: complex responses to climatic forcings over the last 25 000 years. *Journal of Quaternary Science*, 29(3): 289-300.
- Moser, L.; Voigt, S.; Schoepfer, E.; Palmer, S. 2014. Multitemporal Wetland Monitoring in Sub-Saharan West-Africa Using Medium Resolution Optical Satellite Data. *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of*, PP(99): 1-14.
- Murray, A. S. & Wintle, A. G. 2000. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation measurements*, 32(1): 57-73.
- Nanson, G. C. & Huang, H. Q. 2008. Least action principle, equilibrium states, iterative adjustment and the stability of alluvial channels. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(6): 923-942.
- Nascimento, A. F.; Furquim, S. A.; Graham, R. C.; Beirigo, R. M.; Junior, J. C. O.; Couto, E. G.; Vidal-Torrado, P. 2015. Pedogenesis in a Pleistocene fluvial system of the Northern Pantanal—Brazil. *Geoderma*, 255: 58-72.
- Ozesmi, S. & Bauer, M. 2002. Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10(5): 381-402.

- Padovani, C. R. 2010. *Dinâmica das Inundações do Pantanal*. Ecologia Aplicada, Universidade de São Paulo/ESALQ, Piracicaba - SP, Tese de Doutorado, 174p.
- 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*, 5: 913-922.
- Perry, C.T. & Taylor, K. 2006. *Environmental Sedimentology*. Wiley-Blackwell, 452p.
- Phillips, J. D. 1989. Fluvial Sediment Storage in Wetlands. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 25(4): 867-873.
- Pivari, M. O.; Pott, V. J.; Pott, A. 2008. Macrófitas aquáticas de ilhas flutuantes (baceiros) nas sub-regiões do Abobral e Miranda, Pantanal, MS, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 22(2): 563-571.
- Por, F. D. 1995. *The Pantanal of Mato Grosso (Brazil): world's largest wetlands*. Springer Science & Business Media.
- Pott, V. J. & Pott, A. 2000. *Plantas aquáticas do Pantanal*. 1ª Edição. EMBRAPA Comunicação para transferência de Tecnologia. 404p.
- Pott, A. & Pott, V.J. 2004. Features and conservation of the Brazilian Pantanal wetland. *Wetlands Ecology and Management*, 12(6): 547-552.
- Pott, A. & Silva, J.S.V. 2015. Terrestrial and Aquatic Vegetation Diversity of the Pantanal Wetland. In *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*, Bergier I, Assine ML (eds). Springer International Publishing: Cham; 111-131.
- Powell, S. J.; Letcher, R. A.; Croke, B. F. W. 2008. Modelling floodplain inundation for environmental flows: Gwydir wetlands, Australia. *Ecological Modelling*, 211(3-4): 350-362.
- Prance, G. T. & Schaller, G. B. 1982. Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Brittonia*, 34(2): 228-251.
- Prigent, C.; Matthews, E.; Aires, F.; Rossow, W. B. 2001. Remote sensing of global wetland dynamics with multiple satellite data sets. *Geophysical Research Letters*, 28(24): 4631-4634.
- Pupim, F.N. 2014. *Geomorfologia e Evolução Quaternária dos Megaleques dos rios Cuiabá e São Lourenço, Bacia do Pantanal*. Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro - SP, Tese de Doutorado, 121p.
- Pupim, F.N.; Assine, M. L.; Merino, E. R.; Macedo, H. A.; Silva, A. 2014. *A planície interleques do rio Piquiri, bacia do Pantanal*. V Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campo Grande, MS, 848-857.

- Pupim, F.N., Assine, M.L., Sawakuchi, A.O. 2017 (no prelo). Late Quaternary Cuiabá megafan, Brazilian Pantanal: channel patterns and paleoenvironmental changes. *Quaternary International*.
- Rebelo, L. M.; Finlayson, C. M.; Nagabhatla, N. 2009. Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. *Journal of Environmental Management*, 90(7): 2144-2153.
- Rodriguez, E.; Morris, C. S.; Belz, J. E. 2006. A global assessment of the SRTM performance. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(3): 249-260.
- Ross, J.L.S.; Santos, L.M.. 1982. Geomorfologia In: Brasil, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. (Ed.). Projeto RADAMBRASIL. *Folha SD.21 Cuiabá*. Rio de Janeiro, MME/SG/RADAMBRASIL. (Levantamento de Recursos Naturais, 26) p.193-256.
- Sagin, J.; Sizo, A.; Wheeler, H.; Jardine, T. D.; Lindenschmidt, K.-E. 2015. A water coverage extraction approach to track inundation in the Saskatchewan River Delta, Canada. *International Journal of Remote Sensing*, 36(3): 764-781.
- Sakamoto, T.; Van Nguyen, N.; Kotera, A.; Ohno, H.; Ishitsuka, N.; Yokozawa, M. 2007. Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. *Remote Sensing of Environment*, 109(3): 295-313.
- Salgado-Labouriau, M.; Casseti, V.; Ferraz-Vicentini, K.; Martin, L.; Soubiès, F.; Suguio, K.; Turcq, B. 1997. Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 128(1): 215-226.
- Schumm, S. A. 1981. Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM)*, 31: 19-29.
- Schumm, S. & Ethridge, F. 1991. The effect of base level change on the fluvial system. In: *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, v.23, p.170.
- Silva, A. 2010. *Geomorfologia do megaleque do rio Paraguai, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil*. IGCE, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Rio Claro, SP, Tese de Doutorado, 112p.
- Silva, J. S. V. & Abdon, M. M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Embrapa 33(10): 1703-1711
- Sinha, R. & Friend, P. F. 1994. River systems and their sediment flux, Indo-Gangetic plains, Northern Bihar, India. *Sedimentology*, 41(4): 825-845.



- Sinha, R. 1996. Channel avulsion and floodplain structure in the Gandak-Kosi interfan, north Bihar plains, India. *Zeitschrift Fur Geomorphologie Supplementband*, 249-268.
- Sinha, R. 2009. The Great avulsion of Kosi on 18 August 2008. *Current Science* (00113891), 97(3): 429-433.
- Slingerland, R. & Smith, N. D. 1998. Necessary conditions for a meandering-river avulsion. *Geology*, 26(5): 435-438.
- Slingerland, R. & Smith, N. D. 2004. River avulsions and their deposits. *Annual Review of Earth Planetary Sciences*, 32: 257-285.
- Smith, M. J. & Pain, C. F. 2009. Applications of remote sensing in geomorphology. *Progress in Physical Geography*, 33(4): 568-582.
- Soares, P. C.; Assine, M. L.; Rabelo, L. 1998. The Pantanal Basin: recent tectonics, relationships to the Transbrasiliano Lineament. *Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p459-469.
- Soares, P. C. & Fiori, A. P. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*, 16(32): 71-140.
- Stanistreet, I. G. & McCarthy, T. S. 1993. The Okavango Fan and the classification of subaerial fan systems. *Sedimentary Geology*, 85(1-4): 115-133.
- Tandon, S. K. & Sinha, R. 2007. Geology of large river systems. In: Gupta, A. (ed.) *Large rivers: geomorphology and management*. John Wiley & Sons Ltd, 7-28.
- Thomas, R. F.; Kingsford, R. T.; Lu, Y.; Hunter, S. J. 2011. Landsat mapping of annual inundation (1979–2006) of the Macquarie Marshes in semi-arid Australia. *International Journal of Remote Sensing*, 32(16): 4545-4569.
- Tricart, J. 1982. El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfológico sobre El ambiente. *Informaciones Geograficas (Chile)*, 29: 81-97.
- Tucker, G. E. 2004. Drainage basin sensitivity to tectonic and climatic forcing: implications of a stochastic model for the role of entrainment and erosion thresholds. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29(2): 185-205.
- Turner, R. K.; Van Den Bergh, J. C.; Söderqvist, T.; Barendregt, A.; van der Straaten, J.; Maltby, E.; van Ierland, E. C. 2000. Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. *Ecological Economics*, 35(1): 7-23.
- Ussami, N.; Shiraiwa, S.; Dominguez, J. M. L. 1999. Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: the Pantanal wetland, SW Brazil. *Tectonics*, 18(1): 25-39.

- Vedovello, R. 1993. *Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico: aplicação em expansão urbana*. Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Dissertação de Mestrado, 90p.
- Walsh, S. J.; Butler, D. R.; Malanson, G. P. 1998. An overview of scale, pattern, process relationships in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective. *Geomorphology*, 21(3-4): 183-205.
- Wang, L. & Qu, J. J. 2007. NMDI: A normalized multi-band drought index for monitoring soil and vegetation moisture with satellite remote sensing. *Geophysical Research Letters*, 34(20): L20405.
- Wang L, Qu JJ, Hao X. 2008. Forest fire detection using the normalized multi-band drought index (NMDI) with satellite measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(11): 1767-1776.
- Wang, L. & Qu, J. J. 2009. Satellite remote sensing applications for surface soil moisture monitoring: A review. *Frontiers of Earth Science in China*, 3(2): 237-247.
- Ward, D. P.; Petty, A.; Setterfield, S. A.; Douglas, M. M.; Ferdinands, K.; Hamilton, S. K.; Phinn, S. 2014. Floodplain inundation and vegetation dynamics in the Alligator Rivers region (Kakadu) of northern Australia assessed using optical and radar remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 147: 43-55.
- Warren LV, Quaglio F, Simões MG, Freitas BT, Assine ML, Riccomini C. 2016. Underneath the Pantanal Wetland: A Deep-Time History of Gondwana Assembly, Climate Change, and the Dawn of Metazoan Life. In *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*, Bergier I, Assine ML (eds). Springer International Publishing: Cham; 1-21.
- Weissmann, G. S.; Hartley, A. J.; Nichols, G. J.; Scuderi, L. A.; Olson, M.; Buehler, H.; Banteah, R. 2010. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems. *Geology*, 38(1): 39-42.
- Weissmann, G. S.; Hartley, A. J.; Scuderi, L. A.; Nichols, G. J.; Owen, A.; Wright, S.; Felicia, A. L.; Holland, F.; Anaya, F. M. L. 2015. Fluvial geomorphic elements in modern sedimentary basins and their potential preservation in the rock record: A review. *Geomorphology*, 250: 187-219.
- Whitney BS, Mayle FE, Punyasena SW, Fitzpatrick KA, Burn MJ, Guillen R, Chavez E, Mann D, Pennington RT, Metcalfe SE. 2011. A 45kyr palaeoclimate record from the lowland interior of tropical South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 307(1-4): 177-192
- Whittaker, A. C. 2012. How do landscapes record tectonics and climate? *Lithosphere*, 4(2): 160-164.

- Wintle, A. G. & Murray, A. S. 2006. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation measurements*, 41(4): 369-391.
- Wobus, C. W.; Tucker, G. E.; Anderson, R. S. 2010. Does climate change create distinctive patterns of landscape incision? *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 115: F04008.
- Wright, C. & Gallant, A. 2007. Improved wetland remote sensing in Yellowstone National Park using classification trees to combine TM imagery and ancillary environmental data. *Remote Sensing of Environment*, 107(4): 582-605.
- Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3025-3033.
- Zani, H.; Assine, M. L.; Silva, A.; Corradini, F. A. 2009. Redes de drenagem distributária e formas deposicionais no megaleque do taquari, pantanal: uma análise baseada no MDE-SRTM. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 10(2):21-28.
- Zani, H.; Assine, M. L.; McGlue, M. M. 2012. Remote sensing analysis of depositional landforms in alluvial settings: Method development and application to the Taquari megafan, Pantanal (Brazil). *Geomorphology*, 161: 82-92.
- Zhou, J. & Lau, K. 1998. Does a monsoon climate exist over South America? *Journal of Climate*, 11(5): 1020-1040.