

**SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE DE COALESCÊNCIA ENTRE BACIAS
HIDROGRÁFICAS***REMOTE SENSING ON COALESCENCE ANALYSIS BETWEEN DRAINAGE BASINS*

Camila Leonardo MIOTO¹; Giancarlo LASTORIA¹; Edilce do Amaral ALBREZ¹; Alisson André RIBEIRO¹; Edna Maria FACINCANI¹; Antonio Conceição PARANHOS FILHO¹

RESUMO: O Pantanal, devido a pouca variação altimétrica e ao regime distributário de seus cursos d'água, apresenta em suas cheias anuais o extravasamento dos leitos dos rios, inundando extensas regiões entre suas sub-bacias. Como consequência dessa inundação tem-se o fenômeno da coalescência, pouco mencionado na literatura sobre gestão de recursos hídricos e que se refere à união de duas bacias hidrográficas diferentes em uma só. Esse fenômeno não é previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei n° 9433, que estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da mesma, dificultando sua aplicação no Pantanal. Nesse sentido, pretendeu-se neste trabalho contribuir para essa discussão, apresentando as áreas de coalescência entre as Bacias Hidrográficas dos Rios Taquari, Negro, Miranda e Nabileque, através da utilização de imagens do sensor MODIS, acoplado ao satélite TERRA/AQUA, referente ao período compreendido entre os anos de 2010 e 2011.

Palavras-chave: Política Nacional de Recursos Hídricos. Coalescência. Pantanal.

ABSTRACT: The Pantanal, due to its little altimetric variation and due to its rivers' distributary regime, presents extravasation of the river's bed during the annual floods, flooding large regions between the sub-basins. The coalescence phenomenon is a consequence of this flood, whose occurrence is not mentioned very often in the literature about water resources management and refers to the union of two or more drainage basins into one. This phenomenon is not foreseen by the National Water Resource Policy, Law n° 9433, which establishes the drainage basin as the territorial unit for its implementation, making it hard to be applied to Pantanal. In this paper, we intended to contribute to this discussion by presenting the areas of coalescence between the drainage basins of the rivers Taquari, Negro, Miranda and Nabileque, using the satellite images TERRA/AQUA, MODIS sensor, between the years of 2010 and 2011.

Keywords: National Water Resource Policy. coalescence. Pantanal.

1 - Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais. Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Campo Grande – MS – Brasil. E-mail: ea.miotto@gmail.com, g.lastoria@ufms.br, edilce.albrez@gmail.com, geotec.ribeiro@gmail.com, edna.facincani@gmail.com, antonio.paranhos@pq.cnpq.br

INTRODUÇÃO

Em 1997 foi instituída a Lei nº 9.433 – Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual organizou o sistema de gestão de recursos hídricos e determinou através do Artigo 1º, inciso V, que “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997).

Com sua criação, a gestão por bacia hidrográfica está sendo cada vez mais incorporada como delimitação territorial para o gerenciamento ambiental (CAMPOS, 2010). Entretanto, existem algumas discussões e dificuldades em sua implementação, visto que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, entre outros, e a cada um desses setores corresponde uma divisão administrativa certamente distinta da bacia hidrográfica (PORTO et. al., 2008).

Além desses fatores, alia-se o fato de que algumas regiões brasileiras apresentam características distintas e diferentes das usuais que não permite a individualização de suas bacias hidrográficas em determinadas épocas do ano, como ocorre no Pantanal.

A principal característica dessa região é o regime de inundação, fator ecológico fundamental que determina os pulsos dos principais processos bióticos e abióticos, como as composições específicas das unidades de paisagem (ADÂMOLI, 1995).

Devido a esse processo e à topografia do local, algumas regiões do Pantanal apresentam coalescência entre bacias hidrográficas, fenômeno correspondente à união física de duas ou mais bacias através de uma extensa área alagada, que dificulta a delimitação e individualização de cada uma delas. Este fato gera algumas discussões, principalmente no que se refere à ação da PNRH, visto que nesta lei não é prevista a ocorrência de áreas de coalescência.

Nesse sentido, pretendeu-se neste estudo contribuir para esta discussão apresentando a coalescência existente entre as Bacias Hidrográficas dos Rios Negro, Miranda, Taquari e Nabileque, localizadas no Estado de Mato Grosso do Sul e fazendo parte da Bacia do Paraguai. Para isso foram utilizadas ferramentas de sensoriamento

remoto, como imagens de satélite e sistemas de informações geográficas (SIGs), as quais são nos dias de hoje as ferramentas mais utilizadas nos processos de avaliação ambiental e de gestão de bacias hidrográficas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

As áreas de estudo corresponde às Bacias Hidrográficas dos Rios Negro, Miranda, Taquari e Nabileque (Figura 1), localizadas no Estado de Mato Grosso do Sul e sub-bacias da Bacia do Paraguai. Na Tabela 1 têm-se as principais características de cada uma dessas bacias.

Dentre elas, a única que possui comitê é a Bacia do Rio Miranda, criado pela Resolução Nº 002 de 25 de outubro de 2005, onde não é prevista a ocorrência de coalescência entre essas quatro bacias hidrográficas.

Processamento dos dados

Neste trabalho foram utilizadas imagens dos satélites TERRA/AQUA, sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), o qual é capaz de fornecer imagens da superfície terrestre em 36 bandas espectrais, variando sua resolução espacial entre 250 e 1000 metros. O produto MODIS utilizado neste trabalho foi o MOD09, composto pelas bandas do vermelho e do infravermelho próximo, com resolução espacial de 250m, sendo assim considerado um sensor de amplo campo de visada. Por esse motivo, esse sensor é capaz de imagear toda a área de estudo em uma única data, fato que elimina as variações sazonais de umidade e fenologia presentes em outros sensores.

Para a análise do fenômeno de coalescência foram utilizadas imagens MODIS entre os anos de 2010 e 2011 (Tabela 2), período em que ocorreu uma das maiores cheias dos últimos 20 anos (RAFAEL, 2011). Essas imagens foram adquiridas de forma gratuita através do site do USGS (*United States Geological Service*) e já possui correção geométrica e atmosférica, o que facilita o trabalho. Após a aquisição das imagens realizou-se a junção das duas bandas que formam o produto, sendo que, para sua visualização em falsa cor, optou-se pela repetição da banda 1, a banda do vermelho, utilizando-se assim a composição falsa-cor RGB 211.

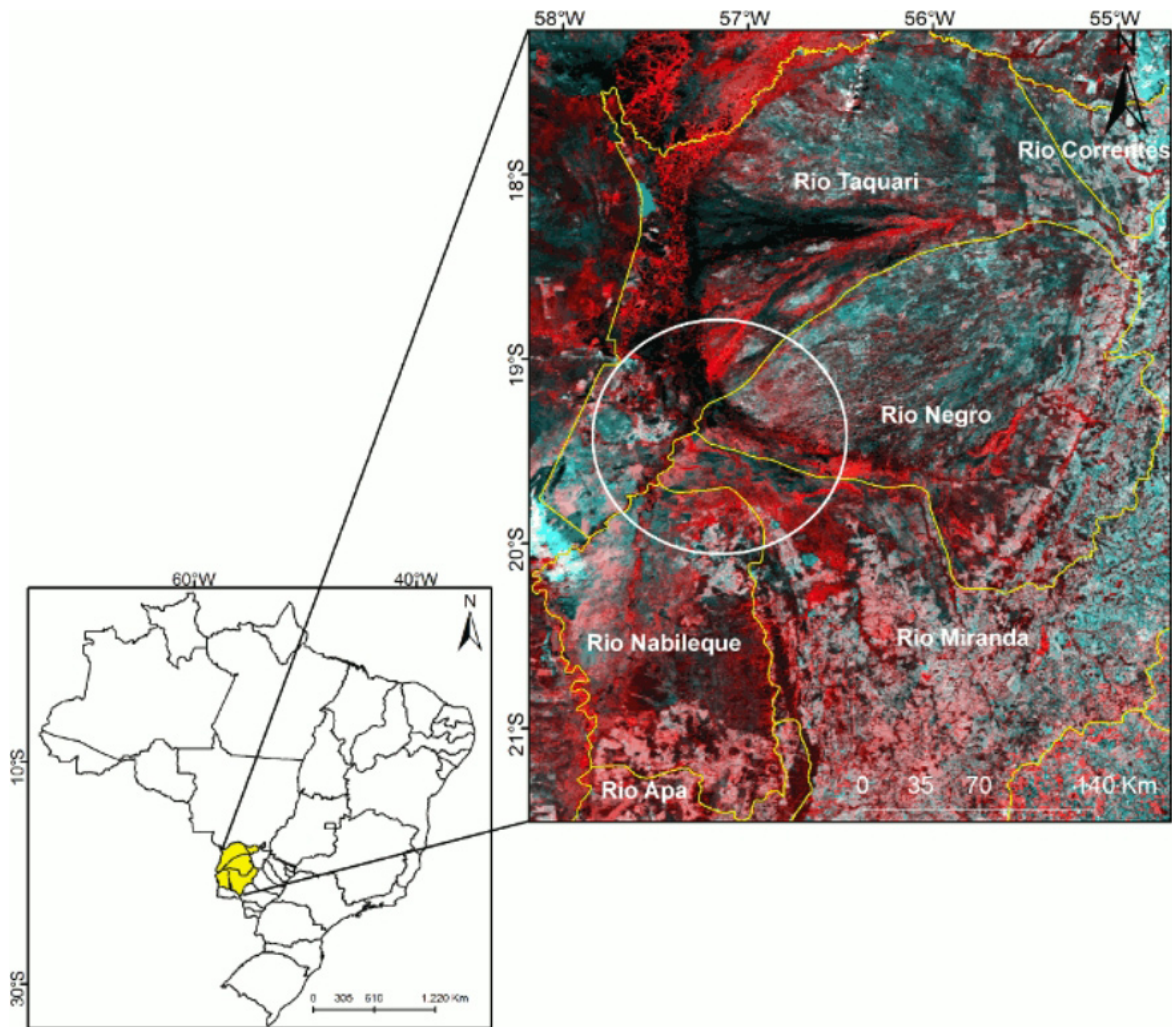


Figura 1: Localização das Bacias Hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul sobre imagem MODIS (NASA, 2010a). No círculo branco tem-se a região onde ocorre o fenômeno de coalescência.

Figure 1: Location of the Watershed of the Mato Grosso do Sul State on MODIS image (NASA, 2010a). In the circle there is the region where the phenomenon of coalescence occurs.

Tabela 1: Características das Bacias Hidrográficas.

Table 1: Characteristics of the Watershed.

Bacia Hidrográfica	Área (km ²)	Habitantes	Atividades desenvolvidas
Rio Negro	34.635	17.979	Pecuária bovina de cria, frigoríficos, pesca e turismo.
Rio Miranda	43.663	204.919	Mineração, calcário, frigoríficos, turismo e pesca.
Rio Taquari	64.835	201.686	Mineração, siderúrgicas, pecuária (bovina e equina), turismo e pesca.
Rio Nabileque	18.316	4.711	Pecuária bovina de cria, turismo e pesca.

Fonte / Source: SEMAC, 2010.

Tabela 2: Data das cenas selecionadas para mapear as áreas de coalescência em um período de um ano. Os números representam o dia dos respectivos meses.

Table 2: Data for the selected map areas of coalescence on one-year period scenes. The numbers represent the day of the respective month.

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
2010						11	5	9	7	12	11
2011				8	4	5	5				

Os limites das bacias hidrográficas utilizados nesse trabalho foram adquiridos através do site do SISLA – Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA, 2010), também de forma gratuita.

Por fim, realizou-se a sobreposição dos limites das bacias hidrográficas nas imagens MODIS já na composição falsa-cor, e, observando-se as áreas alagadas e os limites das bacias, foram traçadas manualmente as regiões onde havia coalescência entre as bacias de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da interpretação visual do conjunto de imagens de satélite é possível observar as modificações que ocorrem na área de estudo durante o decorrer de um ano. A sobreposição dos limites das bacias em cada uma das imagens MODIS utilizadas pode ser visualizada na Figura 2. Na composição a falsa cor utilizada foi RGB 211, a água é representada em azul escuro e até mesmo preto, a vegetação é visualizada em vermelho e o solo em tons de verde claro/escuro.

Mesmo durante a época de seca, onde há pouca incidência de chuva, as Bacias do Negro e Miranda já se encontram conectadas. Esse fato pode ser verificado nas imagens datadas em 12/10/2010 e em 03/11/2010, período onde o processo de inundação está se iniciando. A análise dessas imagens permite identificar que a união dessas bacias é feita por uma pequena área úmida (delimitada em verde).

Nesse sentido, apesar de não ser uma área extensa e não estar na época de cheia, o processo de delimitação dessas duas bacias já é dificultado. Observando-se as outras imagens utilizadas, desde a do mês de junho de 2010 até a do mês de julho de 2011, com exceção das duas imagens já citadas anteriormente, percebe-se que há a conexão entre as bacias de estudo, através de extensa área úmida. No caso da imagem datada de 08 de abril de 2011, período em que ocorreu a maior cheia do Pantanal, tem-se que a área inundada aumentou significativamente seu tamanho.

Esse grande volume de água na porção sul da Bacia do Rio Negro está relacionado ao fato de que essa região

apresenta baixa declividade e ao fato de seus canais apresentarem padrão distributário ao invés de tributário. Além disso, a presença de canais temporários (vazantes e corixos) na época de cheia contribui para a inundação dessa região.

Segundo Copatti (2011), outro fator que conduz o processo de alagamento é o deslocamento da água vinda da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari e dos Rios Miranda e Aquidauana, que acaba se acumulando nesse local. Vale salientar também que toda a água vinda dos rios que drenam os planaltos circundantes e que chegam à planície do Pantanal é direcionada ao Rio Paraguai, o qual está localizado na região de estudo, fato que contribui para o processo de inundação.

Desse modo, a região torna-se totalmente inundada, caracterizando um imenso campo alagado que une fisicamente as Bacias dos Rios Negro, Miranda, Taquari e Nabileque, impedindo dessa forma a individualização de cada uma delas, o que interfere na atuação da PNRH.

Ao se pesquisar na literatura sobre o Pantanal, o que muito se discute é sobre os diversos “Pantanais”, sendo possível encontrar diversas delimitações de Pantanal que variam em área e número de sub-regiões. Cada autor em sua delimitação utilizou critérios estabelecidos por si e os materiais disponíveis na época para tal (MIOTO et. al., 2012). Ao se relacionar os limites de cada Pantanal com os limites das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 3), tem-se que eles diferem muito entre si.

Na maioria dos estudos relacionados à delimitação do Pantanal, os critérios utilizados pelos autores são principalmente os parâmetros físicos e bióticos de grande importância, como feições de relevo, solos, vegetação e drenagem (relacionado ao processo de inundação) (SILVA, 1995). Nesse sentido, os limites encontrados para o Pantanal refletem as principais características de cada uma de suas sub-regiões.

Assim, devido ao fato do Pantanal ser diferente do usual e apresentar o processo de coalescência, ao se tratar do processo de gestão dessa região seria interessante que fosse levado em consideração o limite de cada um desses Pantanáis, considerando-se assim as características peculiares de cada região.

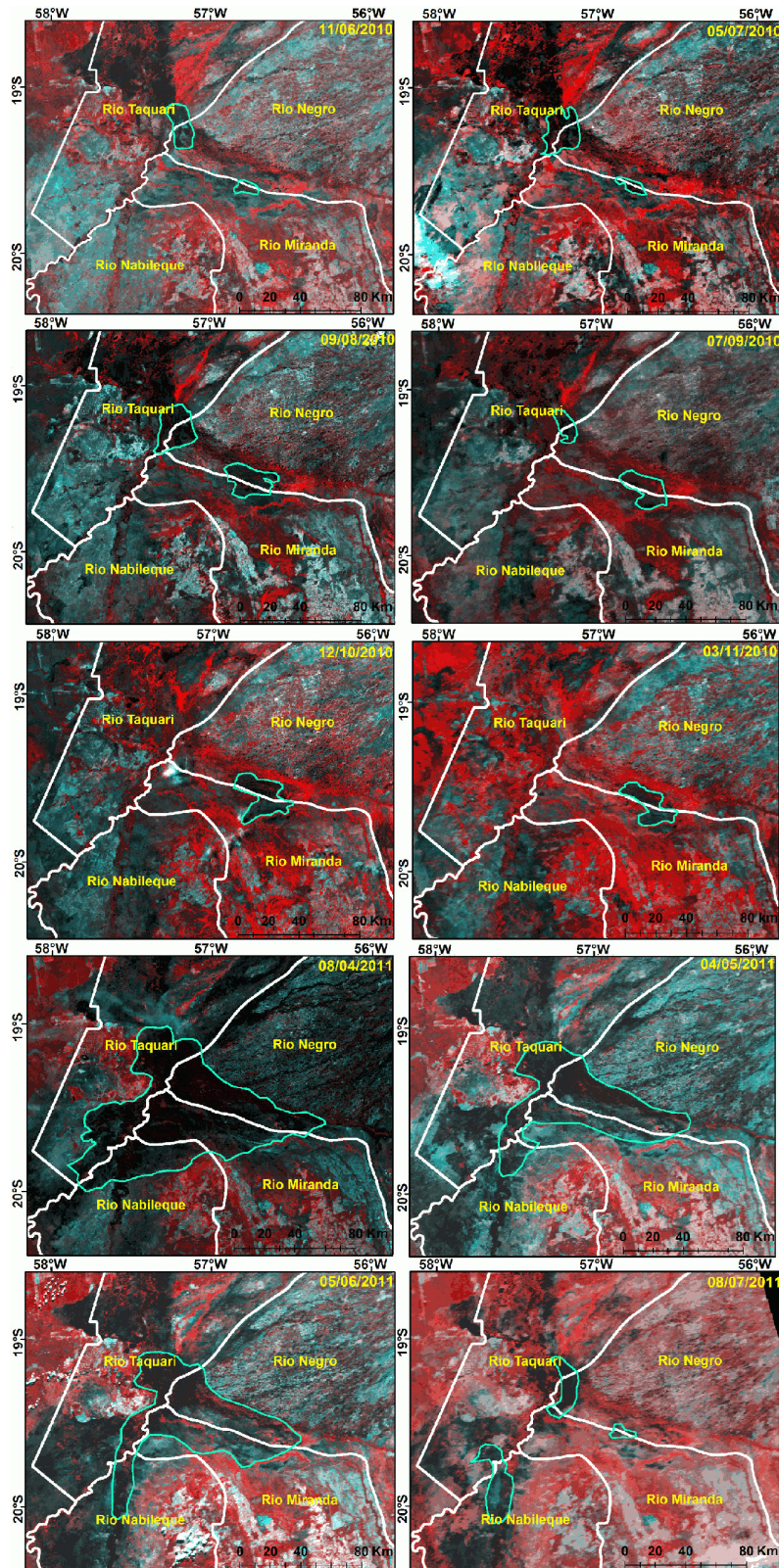


Figura 2: Imagens MODIS (NASA, 2010, b, c, a, c, d, e, f; 2011 a, b, c, d) e os limites de cada bacia hidrográfica. Na composição a falsa-cor utilizada foi RGB 211, a água é visualizada em preto ou azul escuro, enquanto a vegetação densa em vermelho. O verde claro representa a vegetação menos densa e o branco o solo exposto.

Figure 2: Images MODIS (NASA, 2010, b, c, a, c, d, e, f, 2011a, b, c, d) and the boundaries of each watershed. In the false-color composition used was RGB 211, water is viewed in black or dark blue, while the dense vegetation in red. The light green is the least dense vegetation and the soil exposed white.

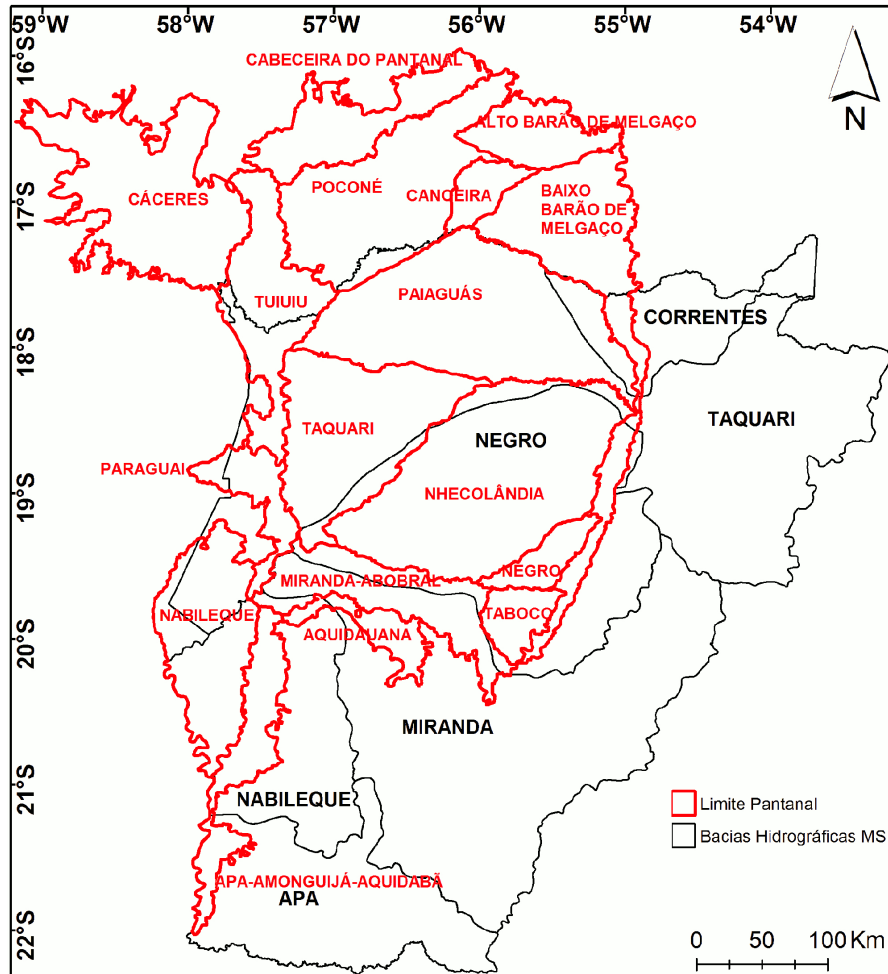


Figura 3: Limite de Pantanal proposto por MIOTO et. al. (2012) e os limites das Bacias Hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul (SISLA, 2013). Como as áreas de estudo localizam-se no MS optou-se pela demonstração somente das bacias hidrográficas pertencentes a esse estado.

Figure 3: Limit Pantanal proposed by MIOTO et. al. (2012) and the limits of the Watershed of the State of Mato Grosso do Sul (SISLA, 2013). As the study areas are located in MS opted for the demonstration only watershed belonging to this state.

CONCLUSÃO

As características tão distintas do Pantanal o tornam muito diferente do usual já que os processos que ocorrem na planície pantaneira diferenciam-se em grande parte dos realizados nas demais regiões hidrográficas brasileiras. A primeira diferença está relacionada à ocorrência dos pulsos de inundação que regem a planície e a outra se relaciona ao perfil distributário, ao invés de tributário, que os rios nela localizados apresentam. A associação desses dois fatores influencia no processo de alagamento e dificultam a individualização, em determinadas épocas do ano, das bacias hidrográficas localizadas na região.

A complexidade em delimitar e individualizar as bacias no Pantanal implica no modelo de gestão dos recursos hídricos utilizados nessa região, principalmente

quando se refere à atuação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Desse modo, os recursos hídricos, seu uso e aproveitamento merecem um tratamento especial no modo de implementar a gestão dos mesmos, de maneira indissociável e integrada com os demais recursos naturais.

Nesse sentido, a gestão de recursos hídricos no Pantanal necessita ser vista de maneira diferenciada: devem-se haver regras específicas para um local tão diferente do usual e que atenda a todas as necessidades da região, em especial a questão da coalescência de bacias. Então, sugere-se que neste caso a gestão das bacias hidrográficas onde houve coalescência não seja isolada, devendo-se sempre considerar que a coalescência é presente e que, em ao menos uma parte do ano, essas bacias compartilham suas águas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Bolsa PIBIC de Camila e PDS de Antonio - Processo 151762/2010-4) pelo apoio ao financiamento da pesquisa. E a CAPES pela Bolsa de Mestrado de Edilce.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J. Zoneamento ecológico do Pantanal baseado no regime de inundações. In: ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL, 1, 1995, Corumbá. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 1995. p. 15-17. Disponível em: <http://mtc-m16.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m16@80/2006/05.17.11.42/doc/doc.pdf>. Acesso em: 04 outubro 2011.

BRASIL, Leis. Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1.997. "Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001 de 13 de março de 1.990, que modificou a Lei nº 7.990 de 28 de dezembro de 1.989". Data da legislação: 08/01/1. 997 – Publicação **DOU**: 09/01/1.997.

CAMPOS, Y.O. **Gestão ambiental: complexidade sistêmica em bacia hidrográfica**. 2010, 186f. Tese (Curso de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: http://www.bdtu.ufu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2807. Acesso em: 04 outubro 2012.

COPATTI, A. **Utilização de geotecnologias livres para avaliação das mudanças na cobertura do solo do Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro**, 2011, 63 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.

MIOTO, C.L.; ALBREZ, E.A.; PARANHOS FILHO, A.C. Contribuição à caracterização das sub-regiões do Pantanal. **Revista Entre-Lugar**, n.8, p.165-180. 2012.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 11/06/2010. 2010 a. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 05/07/2010. 2010b. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 09/08/2010. 2010c. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 07/09/2010. 2010 d. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 12/10/2010. 2010e. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 11/11/2010. 2010f. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 08/04/2011. 2011 a. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 04/05/2011. 2011b. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 05/06/2011. 2011c. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

NASA – National Aeronautics and Space Administration. **MODIS – Moderate Resolution Imaging Sepctroradiometer. Produto MYD09GQ**. De 05/07/2011. 2011 d. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**. São Paulo, v.22, n.63, p.43-60, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004. Acesso em: 04 outubro 2011.

RAFAEL, H. Em MS, Pantanal sul sofre efeitos da maior cheia dos últimos anos. **G1 – Notícias**. 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso-do-sul/noticia/2011/07/em-ms-pantanal-sul-sofre-efeitos-da-maior-cheia-dos-ultimos-20-anos.html>. Acesso em: 01 agosto 2011.

SEMAC. Secretaria do Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. Instituto de Meio Ambiental de Mato Grosso do Sul. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul**, Campo Grande: Editora UEMS, 2010. 194p. Disponível em: www.servicos.ms.gov.br/imasuldownloads/PERH-MS.pdf. Acesso em: 05 maio 2011.

SILVA, J.S.V. Elementos fisiográficos para delimitação do Ecossistema Pantanal: Discussão e proposta. **Oecologia Brasiliensis**. Rio de Janeiro: UFRJ. v.1, p.439-458. 1995.

SISLA. **Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental**. 2013. Disponível em: <http://sisla.imasul.ms.gov.br>.