

Avaliação das mudanças de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Manso –MT– Brasil

Adeline Le Strat ¹
Jeater Waldemar Maciel Correa Santos ²
Vincent Dubreuil ¹

¹ Laboratoire COSTEL UMR 6554 CNRS LETG, Université Rennes 2
Place du Recteur H. Le Moal, 35043 RENNES CEDEX, França

adeline.lestrat@gmail.com
vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr

² UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso
Campus Universitário de Rondonópolis – Rondonópolis -MT – Brasil
jeater@ufmt.br

Abstract

The aim of this study is to show the land-cover changes after the construction of a hydroelectric dam in the central south state of Mato Grosso (Brazil) and the impact of this from an environmental point of view. With the use of satellite imagery it is possible to show which areas of vegetation flood and those which are always clear of the water: for example: cerrado, pasture land, forest, culture. The multi temporal study permits us to evaluate and quantify the change in land cover in the flood plain after the creation of the dam. This study presents the evolution of the land use in the flood plain during the 17 years, before and after the construction of the dam (between 1992 and 2009). To allow comparisons and interpretations of data, the images used were provided by the sensor Landsat-TM with atmospheric and geometric corrections. The useful agricultural land on the floodplain increased more than 100%, in 17 years. The areas of cerrado or forest which became arable or pasture formed 22.5 % of the total territory. The implantation of the dam and the land-use changes which resulted have had and will continue to have major repercussions on the environmental and territorial organisation.

Palavras-chave : Watershed, Manso River Basin, Remote Sensing, Classification, Bacia Hidrográfica, Bacia do Rio Manso, Sensoriamento Remoto, Classificação

1 – Introdução

Em escala mundial, é durante a segunda metade do século XX que as mudanças de utilizações do solo foram mais importantes, com a mecanização da agricultura, a destruição mais das grandes florestas (floresta Amazônica, floresta Indonésia, ...) e o fenômeno urbanização. À escala regional, transformações geradas pelas inundações decorrentes de grandes reservatórios de água de usinas hidrelétricas tiveram igualmente conseqüências importantes em termos de mudanças de utilização das terras. A cartografia das mudanças de uso e ocupação do solo à escala das bacias hidrográficas é importante porque são as categorias de ocupação do solo que influenciam principalmente sobre a qualidade da água do reservatório e de seus afluentes. Assim, é importante poder quantificar as superfícies de pastagens, de Cerrado, de floresta, de culturas agrícolas e de corpos d'água existentes nestas unidades bem como suas alterações no decorrer do tempo. A bacia hidrográfica é, por conseguinte, uma unidade geográfica relevante para a gestão do uso das terras, bem como para se estudar as alterações da qualidade da água de seus corpos hídricos, sobretudo de reservatórios de usina hidrelétricas (Lima, 2001). A classificação de dados procedentes do sensoriamento remoto constitui um dos elementos que permite uma melhor gestão de terras nas áreas das bacias hidrográficas. A contribuição do sensoriamento remoto neste domínio foi e continua a ser considerável para quantificar as tendências e as intensidades dos processos de mudança da cobertura do solo nestas unidades (Lu e Al, 2004).

Este estudo centra-se sobre o reservatório da Hidrelétrica de Manso – município de Chapada dos Guimarães - construída no final dos anos 1990 na bacia hidrográfica do Rio Manso, no estado de Mato Grosso. A decisão da construção dessa barragem foi tomada em 1974 (Moura, 2006) após violentas inundações a jusante na cidade de Cuiabá (até a 10,87m).

Estudos sobre a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Manso, bem como sobre a bacia hidrográfica do Rio Cuiabá (sendo o primeiro afluente deste último) foram realizados por Lima (2001) e Libos et al. (2005). A análise multi-temporal permitiu visualizar as mudanças decorrentes da formação do reservatório da usina hidrelétrica de Manso no fim do ano 1999. O sensoriamento remoto é um instrumento que já foi utilizado várias vezes para avaliar o comportamento das águas superficiais (Valério, 2009; Santos e Dubreuil, 2009; Silva et al., 2005) da bacia do Rio Manso (componentes da água e concentrações de clorofila), e também para estudos multi-temporais de mudanças no uso e ocupação do solo dessa bacia (Valério et al., 2009; Loverde et al., 2009).

O objetivo deste trabalho é mostrar, com emprego de técnicas de sensoriamento remoto, as alterações no uso e ocupação da terra na bacia do rio Manso decorrentes da construção da usina hidrelétrica APM e formação de seu reservatório.

2 – Materiais e Métodos

2.1 – Área do Estudo

A área de estudo está localizada na Região Centro-Oeste do Brasil no centro-sul do estado Mato Grosso. A bacia do Rio Manso tem uma área de cerca de 10.744 quilômetros quadrados (Candido e Santos, 2009), que situa-se entre as seguintes coordenadas geográficas: 14 ° 32' 00"/ 15° 40' 00" S e 56° 15' 00"/ 54° 35' 00" W, e abrange parte dos territórios dos municípios de Acorizal, Cuiabá, Nova Brasilândia, Rosário Oeste, Campo Verde, Planalto da Serra e da maioria de Chapada dos Guimarães (Figura 1). Para o restante deste artigo, as frações dos territórios dos municípios de Cuiabá e Acorizal não serão considerados, porque elas não ocupam áreas significativas na bacia hidrográfica do rio Manso.

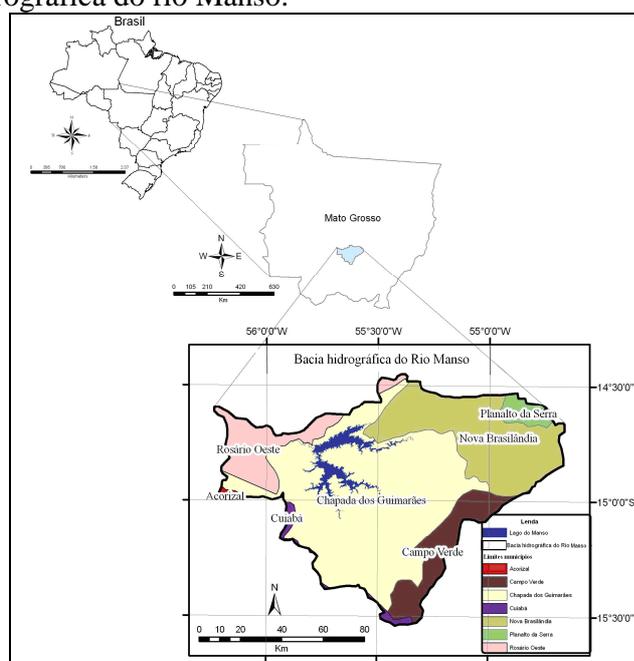


Figura 1. Localização da Área de Estudo

2.2 – Materiais

Para este trabalho, foram utilizadas imagens Landsat5/TM (*Thematic Mapper*), com resolução espacial média de 30 metros, bandas do visível e infravermelho próximo, do ano de 1992 e 2009 obtidas gratuitamente no Banco de Imagens do “Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais” - (INPE).

Também foram utilizados os seguintes “mapas” vetoriais: dos limites dos territórios dos municípios (IBGE, 2008), do limite da bacia hidrográfica do rio Manso produzido pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Geografia/ICHS/CUR/UFMT a partir de cartas topográficas na escala de 1:250.000 (MATO GROSSO, 2008), e a rede de drenagem do estado de Mato Grosso produzida no âmbito do projeto do Zoneamento Sócio-econômico-ecológico do Estado de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2008). O tratamento dos dados matriciais e vetoriais utilizados no estudo foram realizados com emprego dos programas ENVI 4.2 e IDRISI Andes.

2.2 – Métodos

Decidiu-se utilizar uma imagem Landsat/TM do ano de 1992 para retratar a situação do uso e ocupação da terra nesta bacia antes da construção da barragem da APM Manso e outra do ano de 2009, para retratar as mudanças provocadas no uso do solo bacia após a construção dessa usina e formação do seu lago de contenção. As imagens escolhidas para o estudo foram adquiridas para o mesmo período do ano (07 agosto de 1992 e 21 de julho de 2009) possibilitando assim uma comparação mais confiável em termos do desenvolvimento fenológico da vegetação. Devido ao tamanho da área do estudo, que abrange grande parte de duas cenas de imagens Landsat (imagens órbita/ponto 226_070 parte norte da bacia e 226_071 parte sul da bacia), obrigou que fosse realizado um mosaico dessas duas cenas para obter uma única imagem com todo o território da bacia hidrográfica, o qual foi produzido apenas depois que todas as correções e tratamentos já haviam sido realizados sobre as mesmas.

O tratamento das imagens foi processado utilizando-se o *software* ENVI 4.2 para as correções geométricas e radiométricas (através do modelo 6S), e o *software* IDRISI Andes para as etapas de classificação e validação. Para validar o georreferenciamento das imagens, foi sobreposto sobre as cenas de cada uma um mapa vetorial da rede de drenagem do estado de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2008).

Realizou-se sobre as imagens de 1992 e 2009, classificação supervisionada com o classificador MAXVER, considerando-se as seguintes classes de usos da terra: pastagem, cerrado, floresta (esta categoria inclui as florestas e matas de galeria), cultivos agrícolas, solo nu e água. Nesta etapa de classificação e foi utilizado apenas as bandas 4, 3 e 2 que são as bandas do infravermelho próximo, vermelho e verde, respectivamente, associando-as ao vermelho, verde e azul para fazer as composições falsa cor analisadas. Tanto a definição das classes de uso da terra como a seleção das áreas de treinamento para a classificação MAXVER da imagem do ano de 2009 se deu a partir de resultados de dois trabalhos de campo realizados na bacia do Manso em setembro de 2007 e junho de 2010, nos quais foram realizados registros fotográficos georeferenciados por pontos coletados por GPS de diversos tipos de usos e ocupação encontrados nos diversos setores da bacia. Tais registros também serviram para a validação da classificação obtida para a imagem de 2009. Já para a imagem de 1992, a validação se deu a partir dos resultados do mapeamento das formações vegetais e uso do solo produzido no Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso - PRODEAGRO (MATO GROSSO, 2002)

Na sequência, a fim de servir como subsídio para avaliar as mudanças na cobertura vegetal da área da bacia foi calculado o índice de vegetação normalizado - NDVI (*Normalized Difference*

Vegetation Index) para as imagens dos dois anos estudados. O objetivo foi estabelecer a diferença entre as duas imagens NDVI para ressaltar as áreas onde as mudanças de vegetação foram mais significativas neste período.

Para tornar visíveis as alterações no uso da terra e destacar as áreas que mudaram completamente entre as duas datas, foram criadas quatro classes de alteração em função da atribuição inicial do uso da terra identificado nos pixels nas classificações de 1992 e a atribuição atual em 2009. Como resultado, tem-se uma classe onde os pixels não mudaram entre as duas datas, uma classe representativa de mudança do uso inicial para o atual como água decorrente da criação do lago do reservatório, uma classe onde os pixels foram classificados como floresta ou cerrados em 1992 e em 2009 foram classificados como pastos ou superfícies de uso agrícola em 2009 e, por fim, o inverso dessa classe, onde os pixels classificados como áreas de cultivo ou de solo nu em 1992, em 2009 transformaram-se em áreas de uso não-agrícola (floresta, cerrado etc.). O segundo objetivo da utilização desta técnica é de se verificar a orientação da mudança para os lugares e as atividades presentes.

3 – Resultados, Avaliações e Discussões

3.1 – Da classificação supervisionada

Como produto da classificação supervisionada foi obtido os mapas de uso da terra para os dois anos em estudo (Figuras 2 e 3). E as superfícies de cada classe para cada ano foram calculadas usando-se o software IDRISI Andes sobre um sistema de projeção UTM.

Foi grande a dificuldade encontrada para conseguir diferenciar as classes Cerrado, pastagens e cultivos no resultado da classificação das imagens dos dois anos analisados. As áreas onde tal dificuldade foi maior estão localizadas na parte leste da bacia, que atualmente estão sujeitas a forte pressão da agricultura comercial. Conseqüentemente, obtivemos índices Kappa não muito elevados para as matrizes de confusão calculadas para avaliar o resultado dessas classificações. Assim, o coeficiente Kappa para o ano de 1992 foi 0,8773 e de 0,7702 para o ano de 2009. Para o último ano (2009), os principais erros observados foram os erros comissão de pixels para as classes cultivo e solo nu, e erros de omissão de pixels para as classes pastagem e solo nu.

A maior mudança é a mais previsível é certamente o alagamento das terras onde se formou o lago do reservatório da usina APM Manso. Mas também se destaca o avanço da agricultura para o interior da bacia, um fenômeno comum em muitas partes do Estado Mato Grosso desde o ano de 1990 (Dubreuil, 2002; Santos, 2010).

Como se pode ver na Tabela 1, em 17 anos, as áreas de Cerrado e florestas diminuíram -21% e -17% respectivamente, para abrir espaço para áreas de pastagens (108%) e do corpo de água decorrente da formação do reservatório da usina APM Manso (1.719%) (Tabela 1). No entanto, a superfície da classe identificada como cultivo agrícola parece ter diminuído em 2009 em comparação a 1992, devido à reflectância do solo que foi identificada em 1992 como culturas ter sido identificada como pastagens em 2009. Isto ocorre porque existe uma diferença nas datas (calendários) de preparo da terra, plantio e conseqüentemente colheita nas parcelas observadas nas duas imagens. Além disso, as práticas agrícolas estão mudando e hoje em dia pratica-se o plantio direto sobre alguma cobertura vegetal como forma de proteger o solo da erosão. Portanto, uma área identificada como cultivo agrícola na imagem de 1992 pode aparecer em 2009 como um pasto com detritos/restos da última colheita, deixados propositalmente sobre o mesmo como forma de protegê-lo contra a erosão e ainda servir como cobertura morta para o plantio direto.

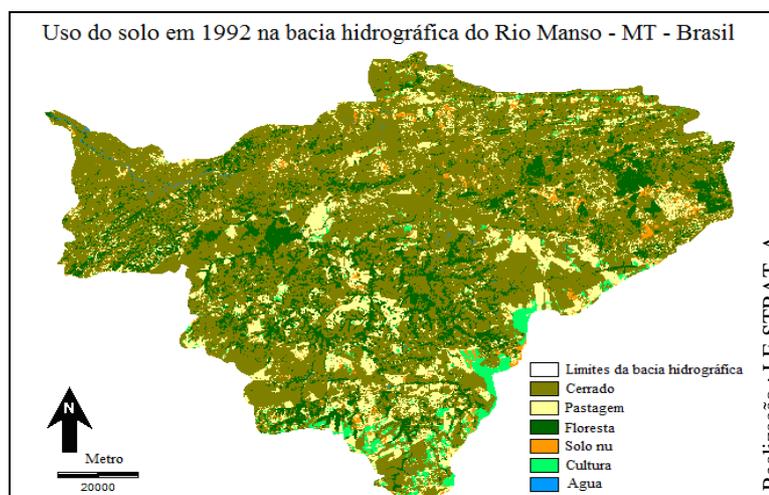


Figura 2. Carta de Ocupação do solo em agosto de 1992

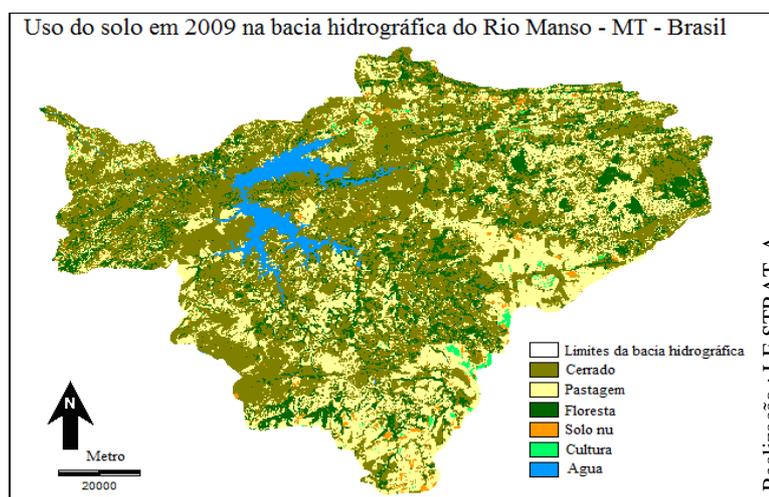


Figura 3. Carta de Ocupação do solo em julho de 2009

Tabela 1. Distribuição das classes de Ocupação do Solo na Bacia do Manso

Classes	Areas em Km ²		Surperfícies em %		Mudança em %
	1992	2009	1992	2009	
Cerrado	6972.9336	5486.2533	64.90	51.06	-21.32
Pastagem	1552.4127	3228.948	14.45	30.05	108.00
Floresta	1702.8207	1414.5147	15.85	13.17	-16.93
Solo nu	219.7323	163.9962	2.05	1.53	-25.37
Cultura	275.9544	87.6519	2.57	0.82	-68.24
Água	19.9197	362.4093	0.19	3.37	1719.35
TOTAL	10744	10744	100	100	0

3.2 – Das mudanças na atividade clorofiliana

A classificação das imagens revelou duas principais mudanças no uso da terra da bacia do Manso. A primeira foi o aumento das superfícies de corpos d’água e a segunda é o aumento das superfícies de uso agrícola.

Assim, a Figura 4 apresenta a espacialização destas principais mudanças, sendo que o lago do reservatório da APM Manso aparece representado pela “Classe 1” – água - porque é a classe que

teve a mudança mais importante (em termos de superfície e aglomeração de pixels). Esse resultado confirma o resultado anterior da classificação MAXVER, com um aumento de quase 340 km² da superfície de água no território da bacia (Tabela 2). A "Classe 2" representa as áreas que sofreram mudanças de Cerrado e floresta para pastagem ou cultivos agrícolas. Esta classe leva em conta a mudança de uso de 111 km², pois este método só se aplica a grandes aglomerações de pixels (maior que 7 pixels de cada lado) que mudaram de atividade (ou seja, classe).

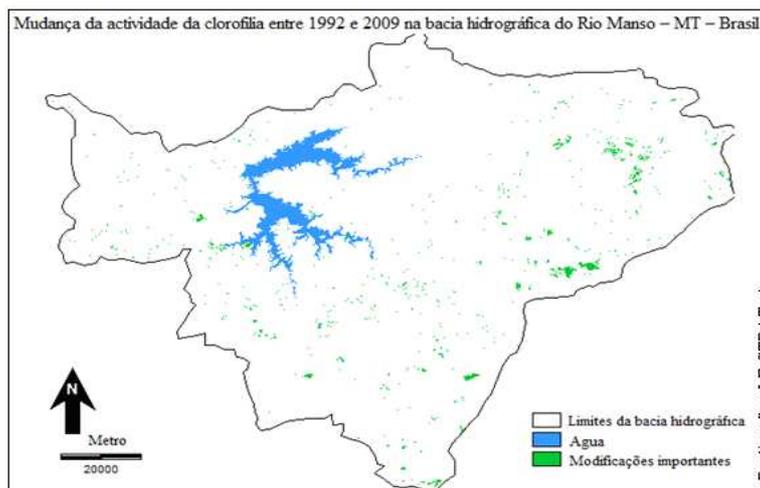


Figura 4. Carta de mudanças na atividade clorofiliana entre 1992 et 2009

Tabela 2. Mudanças na Atividade Clorofiliana para as duas classes:

	em km ²
Água	339.75
Mudanças importantes	111.39

3.3 – Das mudanças no uso da terra

Os resultados mostram o avanço das áreas de agricultura no setor leste/sudeste da bacia e atestam de fato de que o cerrado e a floresta estariam de volta na diagonal central da bacia (Tabela 3 e Figura 5). Este retorno é ainda muito moderado, porque as superfícies que antes eram de culturas ou pastagens, que se tornaram novamente cerrado ou florestas representam apenas 546 km², ou seja, apenas 5% da área da bacia. Por outro lado, nesse mesmo tempo, as culturas e pastagens substituíram 22,5% das áreas ocupadas por florestas ou Cerrados existentes em 1992. Finalmente, há ainda 7.426 km², ou seja, 69,12% do território da bacia, que não sofreram nenhuma mudança de uso ou ocupação.

Tabela 3. Mudanças no Uso da Terra na Bacia

	Km ²	% de superfície
Não mudanças	7426.07	69.12
Cerrado>Cultura	2418.09	22.51
Cultura>Cerrado	546.51	5.09
Água	353.08	3.29
Total	10744	100.00

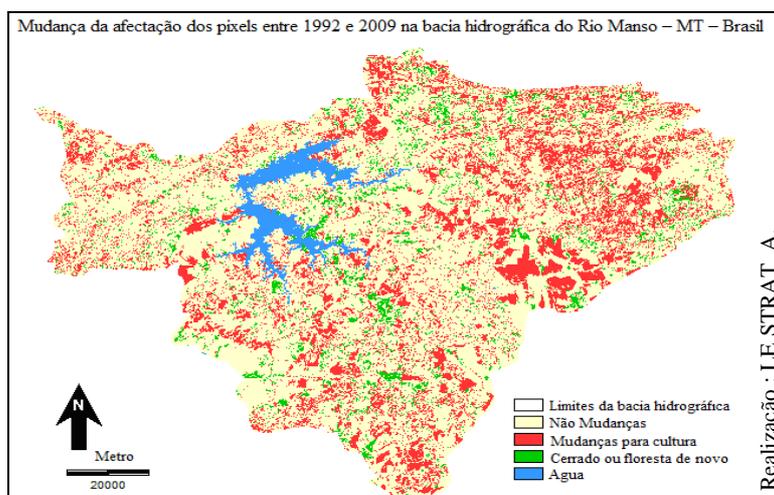


Figura 5. Carta das Mudanças do Uso da Terra na Bacia

4 – Conclusões

Este trabalho demonstra a importância de se estudar a bacia hidrográfica no seu conjunto, que inclui também o lago do reservatório da APM Manso, onde as mudanças de uso da terra são perceptíveis e, portanto, o resultado final é a mudança da sua paisagem. Na verdade, a construção do reservatório não teve como objetivo só a produção de eletricidade, mas tornou-se "multi-funcionalidade", com o suporte para as atividades agropecuárias (através da irrigação) e recreação (citando-se apenas as atividades mais importantes) de onde seu nome "APM" (Aproveitamentos Múltiplos). Para uma boa utilização do reservatório e da sua área circundante, de modo a beneficiar o maior número possível de pessoas, é importante que suas águas possuam boa qualidade.

Em 17 anos, as áreas que se tornaram pastagens aumentou 108% e, ao mesmo tempo, as áreas de Cerrado e florestas diminuíram cerca de 38% , conforme revelado pelo confronto das classificações das duas imagens. No entanto, entre 1992 e 2009, mudanças no uso da terra no território bacia não representam mais que cerca de 30% da superfície da mesma. Deve-se notar, no entanto, que a principal mudança observada para este período, continua a ser a formação do lago do reservatório da APM Manso.

Os dois métodos de análise empregados neste estudo são diferentes, e a rigor seus resultados não poderiam ser comparados. No entanto, as semelhanças entre estes dois resultados são as mudanças significativas ocorridas no setor leste da bacia, em termos de mudanças na atividade clorofiliana de sua cobertura vegetal. Isso pode ser traduzido como a agricultura intensiva de capital avançando em grandes parcelas de áreas no território da bacia.

Essas mudanças visíveis à escala da bacia hidrográfica não são decorrentes apenas da criação deste grande reservatório de água da usina hidrelétrica APM Manso, pois eles seguem um padrão geral visto em todo o estado de Mato Grosso. No entanto, o impacto do avanço da agricultura intensiva de capital, dentro dos limites da bacia do Rio Manso, como alterar a qualidade da água, não foram considerados e podem influenciar, a longo prazo, no ordenamento das atividades produtivas na região do reservatório bem como na atividade de pesca.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), sobretudo o Departamento de Geografia do Campus Universitário de Rondonópolis pelo meu aceite enquanto estagiária junto ao

Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento e também pelo apoio no desenvolvimento deste estudo (fornecimento de dados de resultados de pesquisas do Laboratório, orientação no tratamento e interpretação das imagens, suporte logístico para realização de trabalho de campo para validação dos resultados encontrados). Assim como ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento gratuito das imagens Landsat que foram usadas neste estudo.

Referências Bibliográficas

Cândido A. K. A. A.; Santos J.W.M.C. Mapeamento das áreas com solos com alto potencial de erosão na área da bacia do rio Manso – MT- Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2, 2009, Corumbá-MS. **Anais...** Campinas:Embrapa; São José dos Campos:INPE, 2009. Artigo, p. 747-755. CD-ROM.

Dubreuil V. (sous la direction). **Environnement et télédétection au Brésil**. Rennes:Presses Universitaires de Rennes, 2002. 200 p.

Libos M., Filho O. C. R., Zeilhofer P. Sensoriamento remoto (SR) e sistema de informações geográficas (SIG) para modelagem de qualidade da água. Estudo de caso: bacia do rio Cuiabá. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigo, p. 2219-2227. CD-ROM.

Lima E. Modelagem integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá. 2001, 206p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), COPPE- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

Lu D., Batistella M., Moran E. Multitemporal spectral mixture analysis for Amazonian land-cover change detection. **Canadian Journal Remote Sensing**, Vol. 30, Nº. 1, p. 87–100, 2004.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). **Zoneamento Sócio-econômico-ecológico Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso - PRODEAGRO**. Formações Vegetais/Uso e Ocupação do Solo - Escala 1:250.000. Cuiabá-MT, Nov. 2002. Parte 2, 72p.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). **Zoneamento Sócio Econômico Ecológico - ZSEE – Servidor de Mapas**. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/html/internas.php?tabela=paginas&codigoPagina=139&PHPSESSID=5100841896a3b0f109933030d08549d9>>. Acesso em 10/12/2008.

Moura R. Análise ambiental da APM-Manso e propostas para uma operação ecológica. 2006, 94p. Dissertação (Mestrado em Geografia), ICHS-Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

Santos, J. W. M. C. (Org.). **Produção do Espaço e Transformações Socioambientais das Paisagens do Mato Grosso**. Cuiabá:EdUFMT, 2010. 197p.

Santos, J. W. M. C.; Dubreuil, V. Estimativa da distribuição temporo-espacial de material em suspensão nas águas do reservatório de Manso-MT a partir de imagens Landsat e dados de campo., 2009. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal-RN. **Anais ...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigo, p. 5421-5428. CD-ROM

Silva, L. H. S. ; Trindade, T. N. ; Huszar, V. L. M. ; Roland, F. ; Cesar, D. E. Dinâmica do fitoplâncton no Reservatório de Manso (MT). In: Congresso Brasileiro de Limnologia, 10., 2005, Ilhéus-BA. **Anais...** Botucatu-SP:Brazilian Society of limnology, 2005. Artigo, p. 15-24. CD-ROM

Valério A. de M. O uso do sensoriamento remoto orbital e de superfície para o estudo do comportamento do corpo de água do reservatório de Manso-MT-Brasil. 2009, 119p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), INPE, São José dos Campos, 2009.

Valério A. de M., da Silva G. B. S., Kampel M., Stech J. L., Assireu A. T. Avaliação multitemporal do uso de solo da bacia do reservatório de Manso. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., Natal **Anais...** São José dos Campos:INPE, 2009. Artigo, p. 6345-6351. CD-ROM.