

## Atualização cartográfica do mapa de cobertura do Mato Grosso através da integração de mapas provenientes de imagens TM e MODIS.

André Lima<sup>1</sup>  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>  
Liana Oighenstein Anderson<sup>2</sup>  
José Marcelo Domingues Torezan<sup>3</sup>  
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff<sup>1</sup>  
Rodrigo Rizzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{andre, yosio, bernardo, rizzi}@dsr.inpe.br

<sup>2</sup>Oxford University Centre for the Environment, University of Oxford, OX1 3QY, UK  
lander@ouce.ox.ac.uk

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Londrina - UEL  
Caixa Postal 6001 – Londrina – PR, Brasil  
torezan@uel.br

**Abstract.** The objective of this work is to update the land cover map of Mato Grosso State from 2002 to 2004 and to quantify the land cover changes observed during this period. The updating methodology was based on the land cover changes observed on MODIS and TM images from 2004 that were overlaid on a land cover map from 2002 elaborated by Anderson et al. (2005). Results showed that certain vegetation formations had an annual conversion rate above 10% (classes: Contato Fl. Ombrófila – Floresta Estacional and Fl. Estacional). Another important result is that the class Área Antropizada-II (represented by agricultural area - mainly soybean crop) increased by almost 30%. It was also observed that the original vegetation cover in Mato Grosso State was reduced from 66% to 57 during the analyzed period. The result indicated the relevance of remote sensing data to provide an updated regional cartography.

**Palavras-chave:** Remote Sensing, GIS, Land cover map, Amazon Forest, Cerrado, Sensoriamento Remoto, SIG, Mapa de cobertura da terra, Floresta Amazônica, Cerrado.

### 1. Introdução

Vastas áreas desmatadas, rápidas conversões da cobertura natural para sistemas agro-pastoris, crescimento populacional e altas taxas de urbanização ameaçam a conservação dos ecossistemas nos trópicos. Na Amazônia, estima-se que cerca de 250.000km<sup>2</sup> de florestas foram derrubados entre 1990 e 2003 (Laurance et al., 2004). O bioma Cerrado encontra-se em situação ainda mais grave, já em 1998 era citado como o décimo segundo *hot spot* do globo terrestre (Mittermeier et al. 1998).

Com a efetivação do processo de ocupação das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, sob a égide desenvolvimentista pós-golpe militar de 1964, iniciou-se um intenso processo de conversão da Floresta Amazônica e do Cerrado em sistemas agro-pastoris (Passos, 1998).

Durante as décadas de 70 e 80, o desflorestamento da floresta Amazônica foi intensificado (Fearnside, 1987), e ainda persiste até os dias atuais (INPE/PRODES, 2005). Bierregard et al. (1992) salientam que as extensas áreas de floresta madura, transformadas em mosaicos de pastagens e fragmentos florestais na Amazônia, ocasionam graves ameaças à biodiversidade. Na literatura são encontrados diversos autores que mencionam outras implicações causadas pela fragmentação, como: mudanças no ciclo hidrológico regional, no ciclo global do carbono, nas taxas de

evapotranspiração, aumento da probabilidade de fogo, entre outras (Uhl et al., 1988; Uhl e Kauffman, 1990; Nobre et al., 1991; Wright et al., 1992; Nepstad et al., 1994; Vitousek, 1994).

Com relação ao Cerrado, estimativas mais severas indicam que menos de 20% de sua área primitiva pode ser considerada como vegetação original (WWF-Brasil, 2001; Mittermeier et al. 2000). O Cerrado é uma reconhecida fonte de diversidade biológica, ostentando a presença estimada de 160.000 espécies de plantas, mamíferos, fungos e notável diversidade de flora, apresentando alto endemismo de angiospermas (Alho 1981; Silberbauer Gottsberger e Gottsberger 1984; Mares et al. 1986; Redford e Fonseca 1986; Ratter et al. 1997; Myers et al. 2000; Silva e Bates 2002).

Inserido neste contexto de diversidade biológica e degradação ambiental, encontra-se o Estado do Mato Grosso. Os limites político desse Estado abrigam uma grande extensão do ecótono Floresta-Cerrado, o que lhe confere lugar estratégico nas políticas ambientais na proteção da megabiodiversidade presente neste ambiente.

Atualmente a Amazônia Legal conta com dois programas (projetos) oficiais de monitoramento da cobertura da terra, Programa de Avaliação do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) e Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), ambos coordenados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O projeto PRODES baseia-se em imagens do sensor Thematic Mapper (TM) da plataforma Landsat para produzir estimativas de área desmatada anualmente. Já o sistema DETER utiliza imagens do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), caracterizadas por resolução temporal alta (duas imagens diárias, considerando os sensores das plataformas Terra e Aqua) e resolução espacial moderada, o que permite indicar com alta periodicidade a localização de novos desmatamentos na Amazônia.

Tanto o projeto PRODES quanto o DETER atuam no monitoramento do domínio florestal da Amazônia Legal, havendo, assim, uma lacuna no monitoramento do Cerrado, o qual ocupa grande parte do território mato-grossense.

Os mapeamentos mais recentes do Estado do Mato Grosso foram feitos por Anderson et al. (2005), Carreiras et al. (2006) e Morton et al. (2006). Os trabalhos mencionados mapearam um número reduzido de classes de vegetação, comparado ao identificado pelo projeto RADAM na escala 1:250.000 (RadamBrasil, 1980). Com a identificação de um número maior de classes de vegetação é possível monitorar com maior especificidade a dinâmica natural e as alterações nos ecossistemas presentes. Outra aplicação que se beneficia de mapeamentos de cobertura mais detalhados são os estudos de priorização de áreas para conservação (Wessels et al., 2004).

Este trabalho tem como objetivo principal atualizar o mapa de a cobertura da terra do Estado do Mato Grosso (ano de 2002) produzido por Anderson et al. (2005) e quantificar as mudanças de cobertura, entre os anos de 2002 e 2004, através da integração de mapeamentos de áreas antropizadas ao mapa de cobertura primitiva na escala 1:250.000, elaborado pelo projeto RADAMBRASIL, **Figura 1**.

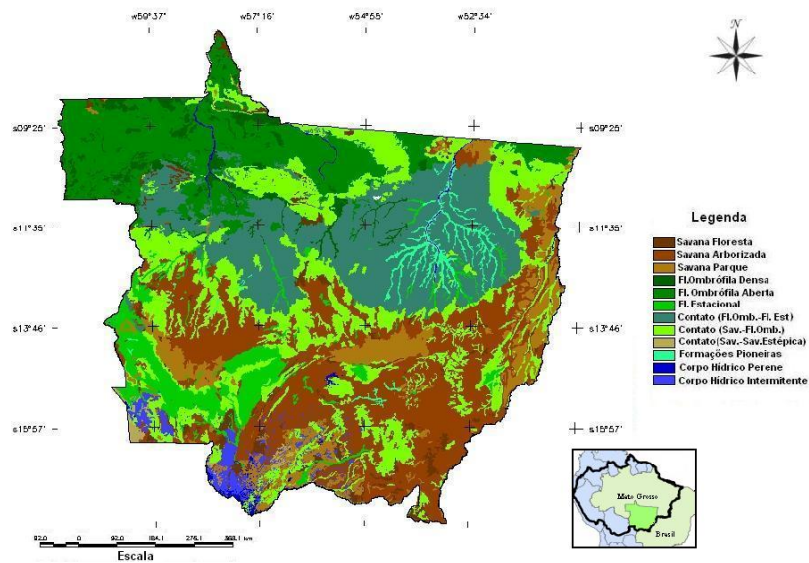


Figura 1. Mapa de cobertura primitiva do Estado do Mato Grosso. No detalhe Localização da área de estudo.

## 2. Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

**Mapas:** Cobertura primitiva, escala 1:250000, fornecido pela PRODEAGRO/FEMA; Desflorestamento produzidos pelos projetos PRODES e DETER, anos de 2002 e 2004, resoluções originais de 120 e 250 metros; Cobertura da terra, ano 2002, produzido por Anderson et al. (2005), resolução de 250 metros.

**Imagens MODIS:** Produto MOD 13 (composição de 16 dias), referente aos índices de vegetação EVI (Enhanced Vegetation Index) e NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Foram adquiridas 66 imagens entre setembro de 2003 a março de 2004 provenientes dos *Tiles* (quadrantes do sistema de localização) H11 V09, H11 V10, H12 V09, H12 V10, H13 V09, e H13 V10.

## 3. Metodologia

O Banco de Dados Geográfico (BDG) foi estruturado conforme os seguintes parâmetros cartográficos: projeção Lambert Conforme Cônica, datum SAD-69, latitude de origem 13° S, longitude de origem 56° W, primeira latitude 10° S e a segunda latitude 16° S. Nesse BDG foram inseridos os mapas citados, bem como as imagens do produto MOD13.

Para se avaliar as alterações que ocorreram na cobertura vegetal mato-grossense, padronizaram-se as legendas dos mapas de cobertura de 2002 e de 2004 à legenda do mapa de cobertura primitiva. Esse mapa possui onze classes, sendo três classes de formações savânicas (Savana Florestada, Savana Arborizada e Savana Parque), três de formações florestais (Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta e Floresta Estacional), três áreas de contato (Contato Fl. Ombrófila-Fl. Estacional, Contato Savana-Fl. Ombrófila, Contato Savana-Savana Estépica), a classe Formações Pioneiras e a classe Corpo Hídrico. Aos mapas de cobertura do ano de 2002 e 2004 foram adicionadas as classes Áreas Antropizadas-I (pastagem e vegetação em sucessão inicial) e Áreas Antropizadas-II (áreas agrícolas ocupadas principalmente pela cultura de soja).

O mapa de cobertura de 2004 foi obtido através da atualização do mapa de 2002. No domínio florestal a atualização foi feita com dados de desmatamento do DETER, acumulados até agosto de 2004. Para a atualização do domínio do Cerrado assumiu-se que a conversão “cerrado-soja” foi a mudança preponderante ocorrida neste bioma durante os anos analisados. Sendo assim, mapeou-se a área de cultura da soja nas safras 2002/2003 e 2003/2004 pelo método CEI atualizando-se, desta forma, o mapa de cobertura de 2002 para o ano de 2004.

Para o mapeamento da cultura da soja pelo método CEI foram usadas imagens EVI-MOD13 datadas entre setembro e março, período do calendário agrícola da cultura da soja no Estado, nos anos/safras mencionados. Os mapas produzidos pelo método CEI é resultado da diferença entre o valor máximo e mínimo de EVI dos pixels das imagens no período do plantio de soja. Considerando o comportamento do EVI das principais classes de cobertura da paisagem mato-grossense no período estabelecido (floresta, cerrado, pastagem, soja), os pixels da cultura da soja apresentam gradiente de variação significativamente maior que os das demais classes; tornando-os facilmente identificáveis como áreas de soja.

#### 4. Resultados e discussão

O mapa de cobertura de 2004, atualizado a partir do mapa de 2002, é apresentado na **Figura 2**. As estimativas de área das classes representadas neste mapa são mostradas na **Tabela 1**.

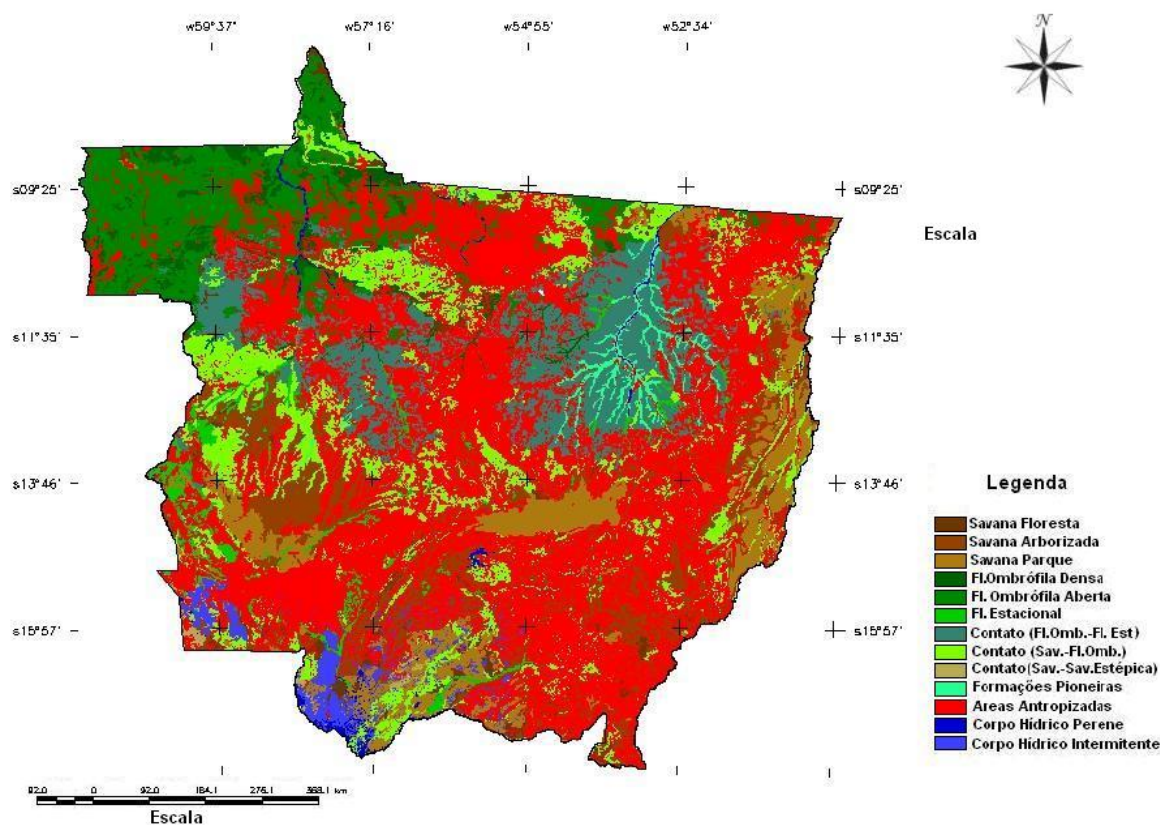


Figura 2. Mapa de cobertura da terra do Estado do Mato Grosso referente ao ano de 2004.

Entre os anos de 2002 a 2004 as classes que sofreram maior taxa de conversão anual foram a Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional (Contato OE) e a Floresta Estacional (FE); com aproximadamente 15 e 13%. Já as classes que tiveram menores taxas de conversão foram a Savana Parque e a Contato Savana-Savana Estépica, 0,8 e 1,2 respectivamente (**Tabela 1**, **Figura 3**).

Tabela 1. Dinâmica da cobertura da terra entre os anos de 2002 e 2004.

Formações	Formações (Siglas)	Cobertura 2002 (ha)	Cobertura 2004 (ha)	Perda de cobertura 2002 / 2004 (ha)	Taxa de perda de cobertura anual 2002/2004 (%)
Savana Florestada	SF	1.412.913	1.297.975	114.938	4,3
Savana Arborizada	SA	9.479.413	8.621.919	857.494	4,9
Savana Parque	SP	6.698.875	6.592.200	106.675	0,8
Fl. Ombrófila Densa	Fl.OD	2.353.875	2.065.563	288.313	6,8
Fl. Ombrófila Aberta	Fl.AO	9.763.944	8.364.613	1.399.331	8,0
Floresta Estacional	Fl.E	2.305.156	1.816.931	488.225	12,6
Contato OE (Fl. Ombrófila-Fl. Estacional).	Contato OE	11.914.919	8.936.000	2.978.919	15,5
Contato SF (Savana-Fl Ombrófila)	Contato SF	11.808.413	10.118.525	1.689.888	8,0
Contato T (Savana-Savana Estépica)	Contato T	283.738	277.219	6.519	1,2
Formações Pioneiras	FP	1.230.438	1.135.563	94.875	4,1
Corpo Hídrico	CH	2.175.481	2.175.481	0	0
Área Antropizada-II	AA-II	4.053.188	5.241.919	-	-
Área Antropizada-I	AA-I	26.855.440	33.691.884	-	-
TOTAL		90.335.790	90.335.790		

No período mencionado, o Mato Grosso deteve as maiores taxas de desflorestamento da Amazônia Legal. Entre 2001 e 2004, concentraram-se no estado 40% dos novos desmatamentos (PRODES, 2005) e 87% do incremento das áreas destinadas à agricultura mecanizada (IBGE, 2005). Para Morton et al. (2006) a expansão da agricultura em larga escala contribuiu diretamente no desflorestamento do Mato Grosso. Segundo os mesmos autores, está se firmando um novo paradigma de desflorestamento na Amazônia. Esse paradigma, criado pela forçante agricultura em larga escala, é definido pelo tamanho e rapidez dos desmatamentos, que são superiores aos provocados pela pecuária e a agricultura familiar.

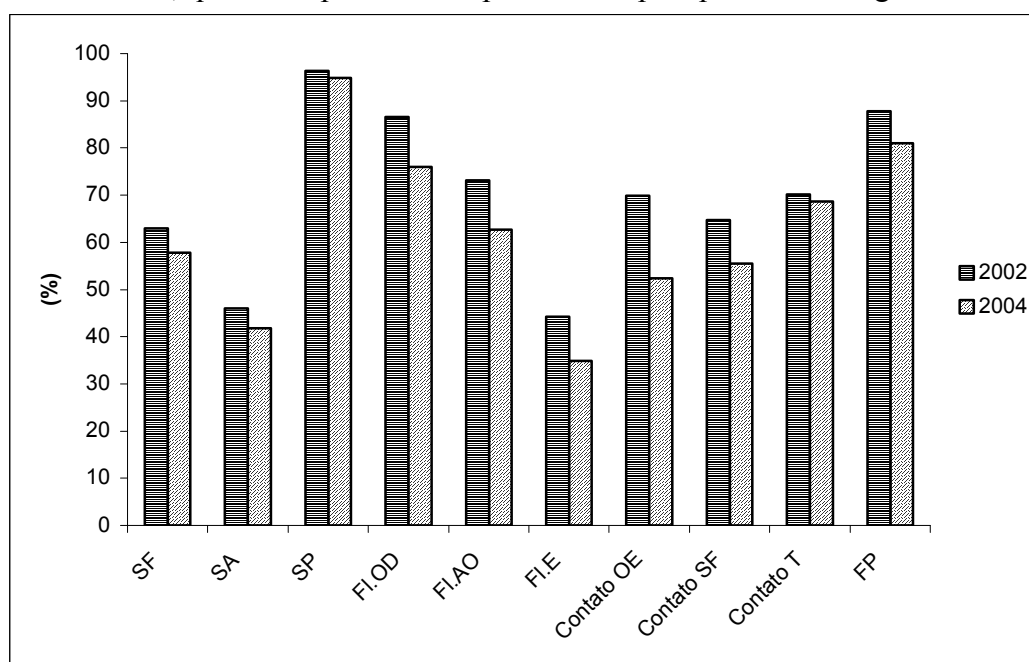


Figura 3. Evolução da representação dos remanescentes de vegetação no Mato Grosso, cobertura de 2002 e 2004.

O grande aumento da área desflorestada e da área destinada ao plantio de soja entre os anos de 2002 e 2004 corrobora o paradigma formulado por Morton et al. (2006). Em apenas dois anos a ampliação da classe Área Antropizada (soma das Áreas Antropizadas-I e II) foi de aproximadamente 26%. A classe Área Antropizada-II (representada preponderantemente pelo cultivo da soja), por sua vez, teve uma expansão ainda maior, quase 30%. Em termos gerais, resta no Estado do Mato Grosso a área de 57% de suas formações originais.

## 6. Conclusões

As diversas formações vegetais presentes no Mato Grosso, signo do alto valor biológico contido no Estado, foram e estão sendo convertidas inadvertidamente em sistemas agropecuários. Tal processo, iniciado efetivamente na década de 60, ganha novos nuances no início desta década. O capital gerado e acumulado pela produção de *comodities* agrícolas, principalmente a soja tem estabelecido um novo padrão de conversão de cobertura natural, marcado pela grande velocidade e extensão das áreas devastadas.

Este novo padrão de conversão suscita a rápida elaboração e implementação de políticas de conservação que sejam capazes proteger a diversidade biológica do Estado; resguardando as formações vegetais das flutuações do preço das *comodities* agrícolas.

O acesso a estas informações só foi possível graças às ferramentas utilizadas pelo sensoriamento remoto para o mapeamento da cobertura de grandes áreas. Fica evidente a importância do sensoriamento remoto para a manutenção de uma cartografia regional atualizada e a relevância desta no subsídio as tomadas de decisão.

## Referências

- Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E.; Lima, A.; Medeiros, J. S. de. Mapeamento da cobertura da terra do Estado do Mato Grosso através da utilização de dados multitemporais do sensor MODIS. **Geografia**, v. 30, p. 365-380, 2005.
- Alho, C. J. R. Small mammal populations of the Brazilian Cerrado: the dependence of abundance and diversity on habitat complexity. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 41, p. 223-230, 1981.
- Bierregaard, R. O.; Lovejoy, T. E.; Kapos, V., dos Santos, A. A.; Hutchings, R. W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **BioScience**, v.42, 859-866, 1992.
- Carreiras, J. M. B.; Pereira, J. M. C.; Shimabukuro, Y. E. Land-cover Mapping in the Brazilian Amazon using SPOT-4 Vegetation data and machine learning classification methods. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, p. 897-910, 2006.
- Fearnside, P. M. Deforestation and international economic development projects in Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, v. 1, p. 214-221, 1987.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Projeto de estimativa de desflorestamento bruto da Amazônia (PRODES). Disponível em:  
< <http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em: 01 Jun. 2005.
- Mares, M. A.; Ernest K A; Gettinger D. D. Small mammal community structure and composition in the Cerrado province of central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, p. 289-399, 1986.
- Mittermeier R. A.; Myers, N.; Mittermeier, C. Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered ecoregions. **CEMEX**, Mexico City, 2000.
- Mittermeier, R. A.; Myers, N.; Thomsen, J. B.; Fonseca, G. A. B.; Olivieri, S. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. **Conservation Biology**, v. 12, p. 516-520, 1998.
- Morton, D. C.; DeFries, R. S.; Shimabukuro, Y. E.; Anderson, L. O.; Arai, E.; Espirito-Santo, F. del B.; Freitas, R.; Morisette, J. Cropland expansions changes dynamics in the southern Brazilian Amazon. **PNAS**, v. 103, p. 14637-14641, 2006.

- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C.; Fonseca, G. A. B.; Kentand, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–8, 2000.
- Nepstad, D. C.; Carvalho, C. R.; Davidson, E. A.; Jipp, P.; Lefebvre, P.; Negreiros, G. H. Silva; E. D.; Stone T. A.; Trumbore, S.; Vieira, S. The role of deep roots in the hydrologic and carbon cycles of Amazonian forest and pastures. **Nature**, v. 372, p. 666-669, 1994.
- Nobre, C.; Sellers, P.; Shukla, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, v. 4, p. 957-988, 1991.
- Noss, R.F.; Cooperider, A. Y. **Saving nature's legacy**. Washington: Island Press, 1994. 417p.
- Passos, M. M. **Amazônia: teledeteção e colonização**. São Paulo: Editora UNESP, 1998.
- Peres, C. A. *Expandindo as redes de conservação na última fronteira selvagem: o caso da Amazônia brasileira*. In: Terborgh, J; Schaik, van C.; Davenport, L.; Rao, M. **Tornando os parques eficientes: estratégias para a conservação da natureza nos trópicos**. Curitiba: UFPR, 2002. v.1 , Cap. 10, p. 163-173.
- Ratter, J. A.; Ribeiro, J. F.; Bridgewater, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223–230, 1997.
- Redford K. H.; Fonseca, G. A. B. The role of gallery Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna forests in the zoogeography of the Cerrado's non-volant mammalian fauna. **Biotropic**, v. 18, p.126–35, 1986.
- Silberbauer Gottsberger I.; Gottsberger G. Cerrado-cerradão: a comparison with respect to number of species and growth forms. **Phytocoenologia**, v.12, p. 293–303, 1984.
- Silva, J. M. C.; Bates, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, p. 225–34, 2002
- Uhl, C.; Buschbacher, R.; Serrão, E. A. S. Abandoned pastures in eastern Amazonia: paterns of plant secession. **Journal of Ecology**, v. 76, p. 663-668, 1988.
- Uhl, C.; Kauffman, J. B. Deforestation effects on fire in the rain forests of the eastern Amazon. **Ecology**, v. 76, p. 27-40, 1990.
- Vitousek, P. M. Beyond global warming: ecology and global change. **Ecology**, v. 75, p. 1861-1876, p. 1994.
- Wessels, K.J; DeFries, R.S.; Dempewolf, J.; Anderson, L.O.; Hansen, A.J.; Powell, S.L.; Moran, E. Mapping regional land cover with MODIS data for biological conservation: examples from the greater Yellowstone Ecosystem, USA and Pará State, Brazil. **Remote Sensing of Evironment**, v.92, p.67-83, 2004.
- Wright, I.; Gash, J.; da Rocha, H.; Shuttleworth, W.; Nobre, C.; Maitelli, G.; Zamparoni, C.; Carvalho, P. Dry season micrometeorology of central Amazonian ranchland. **Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 118, p. 1083-1099, 1992.
- WWF-Brasil. *Expansão Agrícola e Perda da Biodiversidade no Cerrado*. WWF-Brasil, Brasília, DF. 2001.