

## Taxas de desmatamento em Otto bacias do bioma Cerrado obtidas através de imagens índice de vegetação *Modis*

Elaine Barbosa da Silva<sup>1</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira<sup>1</sup>  
Genival Fernandes Rocha<sup>1</sup>  
Maria Socorro Duarte da Silva Couto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás – UFG - Instituto de Estudos Sócio-ambientais, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, Campus II, Goiânia, GO

www.ufg.br/lapig  
elaine@posgrad.ufg.br  
laerte@iesa.ufg.br  
gfernandesr@gmail.com  
couto@posgradciamb.ufg.br

**Abstract.** In this paper, we evaluate the Cerrado biome deforestation rates for the 2003 – 2007 period, considering regional watersheds (Ottobacias de nível 3), the PROBIO remnant vegetation map, and change assessments based on MOD13Q1 NDVI (normalized difference vegetation index) imagery. Specifically, four time frames were taken into account: 2003 – 2004, 2004 – 2005, 2005 – 2006, and 2006 – 2007. Interestingly, these four periods are grouped into two major categories, with significant differences regarding the number of watersheds, the total converted area and the amplitude of the rates. For the overall period of 2003 – 2007, the deforestation rate varied from 0,03% to 9,78%, with a mean value of 1.59%. Large values are predominantly found in the watersheds located in two hydrographic regions, while hydrographic regions mostly situated in the southern portion of the biome show the lowest rates. Although it is possible to devise consistent spatial and temporal patterns, our results also suggest that any attempt to model future scenarios for the Cerrado biome based on these highly variable deforestation rates may induce in major mistakes.

Keywords: remnant, conversion, hydrographic region, patterns, conservation, remanescentes, conversão, região hidrográfica, padrões, conservação.

### 1. Introdução

Os mais de dois milhões de km<sup>2</sup> em área conferem ao Cerrado o título de segundo maior bioma da América do Sul e o de savana neotropical mais rica em biodiversidade no mundo Myers et al. (2000). Por outro lado, este bioma vem passando, ao longo das últimas quatro décadas, por um intenso processo de ocupação e conversão de seus remanescentes.

De fato, e conforme o mapeamento da cobertura vegetal realizado no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio) (MMA/CNPq/Bird/Gef), 26% e 10% da área do bioma Cerrado já foram convertidas em áreas de pastagens artificiais e áreas de agricultura, respectivamente (SANO et al., 2007; SANO et al., 2008). Essa intensa interferência antrópica ocasiona vários impactos ambientais e reduz a biodiversidade, além de aumentar a liberação de gases de efeito estufa e alterar de forma negativa o ciclo hidrológico (OLIVEIRA FILHO e MEDEIROS, 2008).

Especificamente em relação aos recursos hídricos, o Cerrado é responsável por 15% (26.169 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) da vazão que flui pelos rios do país (179.433 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), contribuindo para oito das doze grandes regiões hidrográficas brasileiras (LIMA et al., 2008), (Figura 01). A conversão de remanescentes do Cerrado pode prejudicar não apenas os recursos hídricos do próprio bioma, como também os de todas as áreas que se estendem a jusante das bacias que recebem contribuição das áreas de Cerrado, o que inclui boa parte do Brasil, e até de outros

países, como é o caso das bacias dos rios Paraná e Paraguai, que atinge Uruguai, Bolívia, Paraguai e Argentina.

Atendendo a esta complexidade, a lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu no Brasil uma nova Política Nacional de Recursos Hídricos e organizou o Sistema Nacional de Gestão por Bacias Hidrográficas. Em particular, frente à crescente demanda interna e externa por biocombustíveis e *commodities*, faz-se necessário o acompanhamento anual das taxas de desmatamento por bacias hidrográficas, com vistas à análise de impacto ambiental e tendências de ocupação a médio e longo prazos.

Neste trabalho, são apresentadas as taxas de desmatamento para o bioma Cerrado por Otto bacias hidrográficas de nível 3 para aos períodos de 2003 a 2007, obtidos a partir da análise dos dados de alerta desmatamentos gerados pelo Sistema Integrada de Alerta de Desmatamento (Siad) Ferreira et al. (2007) e dos remanescentes mapeados através do Probio Brasil (1999).

## 2. Material e Métodos

A base de dados das Otto bacias do bioma Cerrado foi adquirida junto à Agência Nacional de Águas (Ana), que é detentora da principal base de dados relativa aos recursos hídricos no Brasil e adota este sistema de classificação. As Otto bacias são áreas de contribuição dos trechos da rede hidrográfica, codificadas segundo o método elaborado no final da década de 1980 por Otto Pfafstetter, do extinto Departamento Nacional de Saneamento (DNOS) (PFAFSTETTER, 1987). Neste método, as bacias são agregadas em níveis que vão de 1 a 4, sendo o primeiro nível composto pelas grandes bacias hidrográficas brasileiras e os níveis seguintes pelas subdivisões do primeiro. Esta codificação auxilia na identificação das bacias e na espacialização de fenômenos ambientais nas mesmas.

O Cerrado é composto pelas ottobacias iniciadas pelos números 4, 6, 7 e 8, que indicam, respectivamente, as regiões hidrográficas: Amazônica, Tocantins, Costa Atlântico Nordeste (São Francisco, Parnaíba, Atlântico Nordeste Ocidental e Atlântico Sudeste) e Paraguaia (Paraná e Paraguaia) (figura 1).

Para este trabalho, optou-se por bacias de nível 3, haja vista ser esta uma subdivisão razoável quanto ao número total de bacias encontradas no Cerrado – 102 –, e pela área média dessas bacias, cuja maioria é de até 8.500.000 ha. Algumas bacias não estão totalmente compreendidas no recorte do bioma, e aparecem com áreas inferiores a 1.000 ha. Por outro lado, a bacia de código 849 – da região hidrográfica do Paraná – apresenta uma área de 20.243.627.688 ha.

O recorte temporal deste estudo está compreendido entre os anos 2003 e 2007, dividido em períodos anuais, com imagens do mês de outubro de cada ano. Utilizou-se este recorte devido ao mapeamento dos remanescentes do bioma Cerrado realizado no âmbito do Projeto de Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (Probio), o qual teve por base imagens *Landsat ETM+* dos anos de 2001 e 2002 (SANO et al., 2008).

Os polígonos de alerta de desmatamento para os períodos mencionados foram gerados pelo Siad, que realiza o monitoramento da cobertura vegetal do Cerrado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (Sig) ArcGis 9.0. Conforme Ferreira et al. (2007), a geração desses polígonos tem início com o mapeamento automático das áreas com possíveis ocorrências de desmatamentos, efetuado através da comparação de imagens obtidas pelo sensor *Modis* (produto *MOD13 Q1*, imagens *NDVI* com resolução espacial de 250 m) em datas distintas. A comparação entre as imagens é realizada “*pixel a pixel*”, a partir de uma seleção baseada em um determinado limiar de mudança na imagem *NDVI*, que aponta possíveis focos de redução da biomassa. Após o mapeamento automático é realizada a

inspeção visual, com base em imagens dos satélites CBERS-2 e CBERS-2B, com resolução espacial de 20 m, e do satélite *Landsat 5 TM*, com resolução espacial de 30 m, a partir das quais se procede a validação dos polígonos gerados no processo automático.

Para o período considerado (i.e. 2003 a 2007) utilizou-se 825 cenas dos satélites CBERS-2 e CBERS-2B, 209 cenas do satélite *Landsat 5 TM* e 25 cenas do satélite *Modis 13 Q1, 25*.

Inicialmente, os dados do Probio e do Siad foram agrupados (*clip*) por bacias de nível 3. Posteriormente, as taxas de desmatamento foram calculadas segundo as fórmulas abaixo:

$$\left( \frac{\text{Alerta de desmatamento (2003 a 2004)}}{\text{Re manescente}} \right) \times 100 = \text{Taxa de desmatamento (2003 a 2004)}$$

$$\left( \frac{\text{Alerta de desmatamento (2004 a 2005)}}{\text{Re manescente} - (\text{alerta de desmatamento (2003 a 2004)})} \right) \times 100 = \text{Taxa de desmatamento (2004 a 2005)}$$

$$\left( \frac{\text{Alerta de desmatamento (2005 a 2006)}}{\text{Re manescente} - (\text{desmatamento (2004 a 2005)})} \right) \times 100 = \text{Taxa de desmatamento (2005 a 2006)}$$

$$\left( \frac{\text{Alerta de desmatamento (2006 a 2007)}}{\text{Re manescente} - (\text{desmatamento (2005 a 2006)})} \right) \times 100 = \text{Taxa de desmatamento (2006 a 2007)}$$

$$\left( \frac{\text{Alerta de desmatamento (2003 a 2007)}}{\text{Remanescente}} \right) \times 100 = \text{Taxa de desmatamento (2003 a 2007)}$$

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra, em termos gerais, que o desmatamento em bacias de nível 3 tende a se concentrar e formar manchas homogêneas que extrapolam o limite das regiões hidrográficas. Assim, tem-se uma mancha onde se concentram baixas taxas de desmatamento, dentro da qual está a região hidrográfica do Paraná; duas manchas onde se concentram altas taxas de desmatamento, sendo uma nos limites das regiões do Tocantins, Paraguai e Amazônica, e a outra definindo uma área entre as regiões do Parnaíba e do São Francisco; uma terceira mancha corresponde à dispersão das bacias com taxas médias de desmatamento, que se concentram em toda a porção centro-leste e nordeste da região do Tocantins. Essa “auto-regionalização” do desmatamento no Cerrado mostra que há diferentes ambientes e diferentes processos de ocupação e conversão do bioma.

Quando comparadas com o mapa de remanescentes (Figura 2), percebe-se que a mancha de baixas taxas de desmatamento corresponde a uma área do bioma que já está em processo acelerado de desmatamento, com déficit de remanescentes. Isto, por um lado, significa que, em termos absolutos, nestas localidades há, atualmente, uma menor perda de remanescentes. Contudo, a situação ambiental nestas áreas já é bastante crítica e vem se tornando ainda pior. Esse mesmo mapeamento mostra, para as manchas com altas taxas de desmatamento, duas situações distintas. A mancha que ocorre entre as regiões Amazônica, do Paraguai e do Tocantins é uma área de conversão acelerada que, em termos absolutos, contribui para a elevação da taxa de desmatamento geral do bioma. Já a mancha que se estende da região do Parnaíba até a do São Francisco apresenta a situação mais alarmante, visto que as altas taxas estão ocorrendo onde está a maior concentração de remanescentes. Isto significa que, na realidade, o bioma está perdendo muito do seu remanescente nessa área. A mancha dispersa, formada por taxas médias de desmatamento, ocorre tanto em áreas de pouco remanescentes, quanto em áreas mais preservadas.

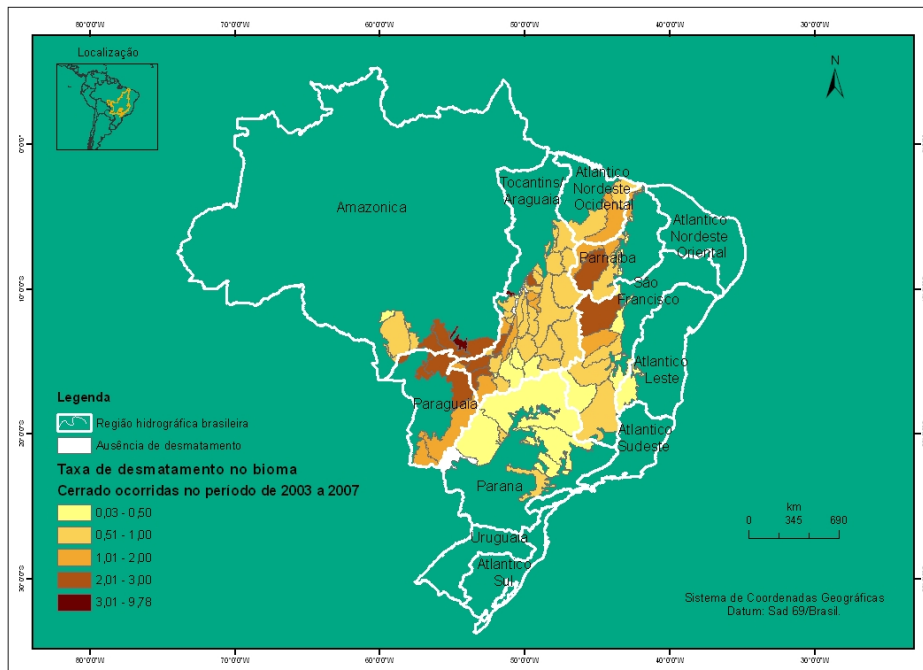


Figura 1: Taxas de desmatamento em Otto bacias de nível 3 no bioma Cerrado.

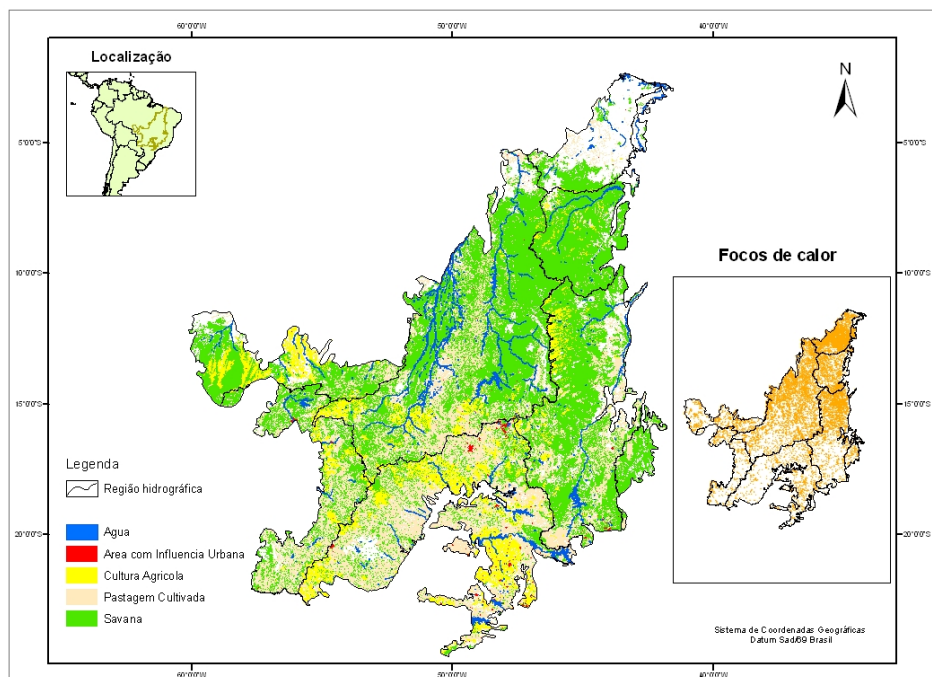


Figura 2: Remanescentes, uso de solos e focos de calor detectados em 2007 no bioma Cerrado.

Quando se analisam os dados referentes a cada período anual, é possível distinguir dois grupos principais de taxas (Tabela 1 e Figura 3). Conforme as distribuições de frequência (Figura 3), durante os períodos de 2003 a 2004 e de 2004 a 2005, prevaleceram taxas altas e variadas. Por outro lado, durante os períodos de 2005 a 2006 e de 2006 a 2007, as taxas foram mais baixas, menos dispersas e abrangeram um menor número de bacias. No macro-período de 2003 a 2007, os intervalos e a média das taxas mostram-se maiores, assim como, obviamente, a área total desmatada. Chama atenção o fato de o total de bacias não ser muito superior ao dos períodos isolados, o que implica em alta reincidência do desmatamento nas bacias consideradas. Há, porém, que se ressaltar que, das 102 bacias, as que não aparecem no grupo de reincidência (85 bacias) são, em sua maioria, pequenas bacias ou partes de bacias, presumindo-se daí que há menor probabilidade de as menores entrarem no grupo de reincidência. Assim, em termos espaciais, em praticamente todo o bioma está havendo, anualmente, diminuição dos remanescentes.

Tabela 1: Evolução das áreas desmatadas, número de bacias e taxas de desmatamentos nos período de 2003 a 2007 no bioma Cerrado.

Período	Área desmatada (ha)	Total de bacias	Intervalo das taxas	Média das taxas
2003 a 2004	913.437,04	81	0,01 a 5,94	0,76
2004 a 2005	566.506,52	83	0,01 a 9,31	0,48
2005 a 2006	131.788,37	57	0,01 a 0,88	0,11
2006 a 2007	285.942,91	62	0,01 a 1,06	0,24
<b>Total (2003 a 2007)</b>	<b>1.897.674,84</b>	<b>85</b>	<b>0,03 a 9,78</b>	<b>1,59</b>

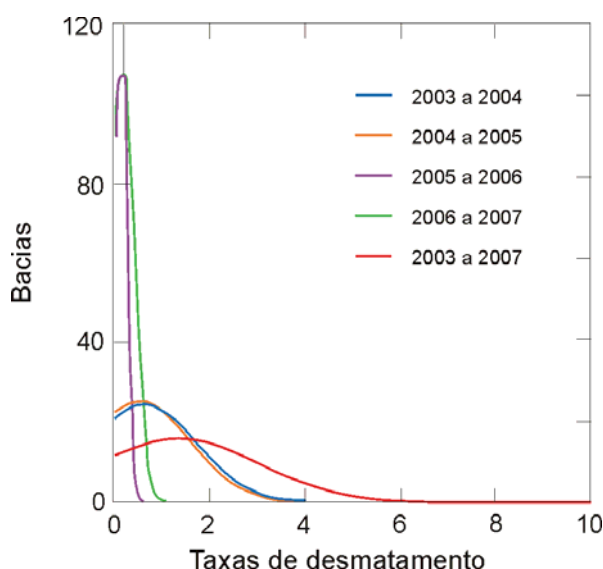


Figura 3: Distribuição das taxas de desmatamento em Otto bacias de nível 3 no bioma Cerrado entre 2003 e 2007.

Há de se ressaltar ainda, a complexidade do processo analisado e a grande variação de significados que os diversos valores de taxas podem induzir. Por exemplo, uma bacia que tenha alcançado a taxa máxima de desmatamento (9,78%), dependendo de sua área total, pode ter perdido menos área de remanescente que outra bacia com taxa inferior, porém com

área muito maior. Da mesma forma, as taxas tendem a ser maiores nas bacias com pouco remanescente, o que faz com que a percepção do processo em áreas mais desmatadas seja mais alarmante, comparativamente às áreas com maior predomínio de cobertura remanescente. Portanto, as taxas, ao simplificarem a percepção do processo, induzem a erros analíticos, caso não se considere o que está acontecendo com os remanescentes em termos absolutos.

Tendo em vista a grande variação das taxas de desmatamento em curtos lapsos temporais, bem como o enorme conjunto de fatores causadores/atenuadores do fenômeno, outra dificuldade é a previsão do comportamento futuro dessas taxas. Assim, fatores políticos, econômicos e culturais podem intervir no processo, levando tanto à aceleração quanto à desaceleração dos desmatamentos.

A representação cartográfica do processo analisado também se mostra dificultada, já que o que está sendo estudado – os remanescentes – não ocupa toda a área das bacias nem do bioma. Assim, quando se olha para a Figura 1, não se considera, de início, que o objeto estudado não ocorre em todo o espaço, como mostra a Figura 2. No polígono que concentra as baixas taxas, por exemplo, muitas áreas não apresentam remanescentes. Seria necessário, então, um esforço em imaginar toda a área de remanescente junta, o que representaria uma pequena área de remanescente (verde) e uma grande área sem remanescentes (diversas cores). O que está sendo estudado é o dado “verde”, que está disperso, ao contrário de outras áreas onde os remanescentes são maiores e ocupam quase toda a área real, e que, por isso, está menos distorcida na representação cartográfica da Figura 1.

Dentre os danos ao ambiente causado por todo este desmatamento (19.980 km<sup>2</sup> entre 2003 e 2007), destaca-se a demanda por água, em quantidade e qualidade. Segundo a Ana (2002), a região Atlântico Nordeste, pertencente à Costa Atlântico Nordeste, apresenta grande demanda de água para fins de dessedentação animal, fator que pode ser apontado como possível foco de conflito, visto que nesta área ocorrem fenômenos de seca. Parte dessa região de conflitos está localizada no Cerrado. No caso da bacia do Rio Parnaíba, na área de Cerrado, ocorre variabilidade hidrológica significativa e a produção hídrica superficial é baixa e insuficiente para o abastecimento da população local (ANA, 2002).

Na região do São Francisco, na área abrangida pelo Cerrado, ocorrem vários problemas, dentre eles a disputa pelo uso da água para fins de geração de energia hidroelétrica e irrigação, além da poluição hídrica, gerada pela área urbana e pelas atividades industrial e mineral, como é o caso da Região Metropolitana de Belo Horizonte (LIMA et al.,2001).

Na Bacia do Atlântico Leste os principais problemas estão relacionados à alta concentração de sedimentos nos corpos hídricos, o que é potencializado pelas atividades de mineração e de agricultura. Em consequência do volume de sedimentos os reservatórios podem ser danificados e aumentar o efeito de cheias, que já ocorrem na região (ANA, 2002).

Na Região Hidrográfica do Tocantins, que é segunda região com maior reincidência no desmatamento, os problemas hídricos são diversos, como a alta demanda para irrigação, o atendimento de apenas 60% da população com água tratada, de 6% com coleta de esgoto e tratamento de apenas 5% desse esgoto e alta suscetibilidade à erosão (ANA, 2002).

Além dos constantes desmatamentos, outra ação que coloca em risco os remanescentes do bioma Cerrado são as intensas queimadas (Figura 2), geralmente associadas às ações antrópicas, aos longos períodos de estiagem e à natureza da vegetação desse bioma, que apresenta propensão à combustão espontânea. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (Inpe) (INPE, 2007), em 2007 as detecções de focos de calor, pelos satélites NOAA 12 e 15, foram intensas em todo o país e crítica principalmente na região Centro-Oeste, área *core* do Cerrado, e na região Norte do país, que abriga grande parte dos remanescentes deste bioma. Outro aspecto negativo das queimadas que ocorreram em 2007 foi a propagação em

áreas de preservação (INPE, 2007), que, representam uma pequena porcentagem da área do Cerrado.

#### 4. Conclusões

Ao longo do processo de ocupação dos biomas brasileiros, o Cerrado tem sido desvalorizado enquanto bioma e supervalorizado enquanto área de expansão do agronegócio, fato que fez com que fosse visto como o “celeiro do mundo” Medeiros (2008) e, por outro lado, devido ao seu estado de degradação, visto como um dos *hotspots* mundiais (MYRES et al., 2000). Dentre os problemas deste processo, a demanda por água em quantidade e qualidade tem se tornado um desafio, visto que a tendência é de aumento do número de regiões com problemas relativos à disponibilidade hídrica. Com o desmatamento do Cerrado, que contribui para a maioria das bacias hidrográficas brasileiras, os recursos hídricos, nas regiões hidrográficas de abrangência do bioma, estão com alto risco de perda de qualidade.

A análise das taxas de desmatamento para os períodos em questão mostra uma tendência de configuração de padrões temporais e espaciais. Há variações entre os períodos, tanto em relação à área total desmatada, quanto ao número de bacias envolvidas. Essas variações resultam dos diversos elementos que interferem nas taxas, o que por outro lado significa que há dificuldades na apresentação de taxas que indiquem cenários futuros para o bioma.

A expectativa é de que os resultados apresentados aqui sejam em breve acrescidos de novas análises e outras unidades espaciais, como estados e municípios. Com base nesses resultados pretende-se avaliar se as análises por taxas apresentam segurança em prognósticos para o bioma, a médio e longo prazos, os quais influenciam fortemente as ações políticas e midiáticas em relação à preservação ambiental.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi realizado no âmbito da parceria entre o Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás, a Conservação Internacional e a The Nature Conservancy, voltado ao monitoramento do bioma Cerrado. O primeiro autor é bolsista da UFG, enquanto o segundo e terceiro autores são bolsistas do CNPq, nas modalidades de produtividade em pesquisa (1C) e mestrado, respectivamente.

#### Referências bibliográficas

Agência Nacional de Águas. **Regiões hidrográficas do Brasil: recursos hídricos e aspectos prioritários.** Disponível em: [http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes\\_2001.asp](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2001.asp)>. Acesso em: 10 out. 2008.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e Pantanal.** Brasília: Brasil, 1999.

Ferreira, N. C.; Ferreira Júnior, L. G.; Huete, A. R.; Ferreira, M. E. **An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis.** International Journal of Remote Sensing, v. 28 p. 47-62, 2007.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Aumento de queimadas torna 2007 um ano crítico.** Disponível em: <[http://sigma.cptec.inpe.br/produto/queimadas/material3os/g1\\_inpe2007.htm](http://sigma.cptec.inpe.br/produto/queimadas/material3os/g1_inpe2007.htm)>. Acesso em: 18 out. 2008.

Lima, J. E. F. W.; Silva, E. M. da.; Juscelino, A. de A. **Uso racional da água na agricultura**. In: Parron, L. M.; Aguiar, L. M. de S.; Duboc, E.; Oliveira Filho, E. C.; Camargo, A. J. A de.; Aquino, F. de G. (Ed. Tec.). Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. Cap. 3, p. 63-91.

Medeiros, K. M. de. **O planejamento ambiental e exploratório no bioma Cerrado**. Revista Facitec, v. 1, mar. 2007. Disponível em: <[http://www.facitec.br/revista/index.php?option=com\\_content&task=view&idItemid=2](http://www.facitec.br/revista/index.php?option=com_content&task=view&idItemid=2)>. Acesso em: 22 out. 2008.

Myres, N.; Mittermeyer, R. A.; Mittermeyer, C. G.; Fonseca, G. A.; Kent, J. **Biodiversity hotspots for conservantion priorities**. Nature, n. 403, p. 853-858, 2000.

Oliveira Filho, E. C.; Medeiros, F. N, da S.; **Ocupação humana e preservação do ambiente: um paradoxo para o desenvolvimento sustentável**. In: Parron, L. M.; Aguiar, L. M. de S.; Duboc, E.; Oliveira Filho, E. C.; Camargo, A. J. A de.; Aquino, F. de G. (Ed. Tec.). Cerrado: desafios e oportunidades sustentável. Planaltina, DF: Editora Embrapa Cerrados, 2008. cap. 2, p. 33-55.

Pfafstetter, Otto. **Classificação das bacias**. Rio de Janeiro, 1987. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/ottobacias.asp>>. Acesso em: 20 jul. 2008.

Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito Júnior. L.; Ferreira Júnior, L. G. **Mapeamento semidetalhado (escala de 1:250.000) da cobertura vegetal antrópica do bioma Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

Sano, E. E. ; Rosa, R. ; Brito, J. L. ; FERREIRA Júnior, L. G. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007 (Boletim de Pesquisa).