

## **Padrões de ocupação no Pantanal brasileiro e sua dinâmica entre os anos de 2002 e 2008: sensoriamento remoto e mineração de dados espaciais aplicados à análise espaço-temporal do desmatamento**

André Augusto Gavlak<sup>1</sup>  
Bruno Rodrigues do Prado<sup>1</sup>  
Marco Aurélio Barros<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IMAGEM – Soluções de Inteligência Geográfica  
CEP 12216-440 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{agavlak, bprado, mbarros}@img.com.br

**Abstract.** The Brazilian Pantanal is the largest wetland in the world and in recent years has suffered from increased deforestation in their domains. Several actors have worked in the space production of Pantanal, result in different dynamics of occupation and impacts. Urban areas, small farms, native vegetation and extensive farming compose the mosaic of existing occupations in this biome. Therefore, this work presents a methodology to map and measure the different patterns of deforestation and occupation existing in the Pantanal and its special dynamics over time.

**Palavras-chave:** remote sensing, data minning, spatial patterns, Pantanal, deforestation, wetland.

### **1. Introdução**

O Pantanal está perdendo rapidamente seu status de uma das últimas fronteiras naturais do planeta, principalmente por conta de crescentes impactos promovidos pela mudança da sua cobertura vegetal natural. No período, entre 1962 a 1974, considerado um período atípico de anos secos (Galdino e Clarke 1995), a pecuária alcançou níveis recordes de produção devido à maior disponibilidade de pastagens nativas. A partir de 1974, houve o retorno do período de cheias plurianuais, porém em proporções maiores que o período anterior a 1962, também considerado de cheias (Galdino e Clarke, 1995). A diminuição drástica no efetivo bovino entre 1970 a 1980 (Cadavid Garcia, 1981), devido à redução na disponibilidade de pastagens nativas, levou muitos pecuaristas a desmatar áreas de cordilheiras (áreas mais altas do terreno que não inundam) para implantação de pastagens exóticas cultivadas, como a braquiária. Na última década, os mapeamentos realizados entre 2002 a 2008 ratificam esta tendência de aumento significativo do desmatamento na área.

O uso de sensoriamento remoto para identificação e mapeamento de áreas desmatadas é uma prática consolidada no Brasil, sendo que o Projeto de Monitoramento de Desmatamento da Amazônia (Prodes) pode ser citado como uma das mais bem sucedidas iniciativas globais desse segmento. Entretanto, é também possível extrair um conjunto adicional de informações sobre as áreas desmatadas, gerando dados complementares a simples mensuração de valores quantitativos de desmatamento. As áreas desmatadas possuem diferentes padrões espaciais de estruturação, sendo possível inferir também uma série de outras características não espaciais através destes padrões (Geist e Lambim, 2001; Mertens e Lambim, 1997; Silva et al., 2008; Saito et al., 2011).

No Brasil, grande parte dos padrões de desmatamento estão relacionados com diferentes estágios evolutivos da fronteira agrícola. Identificando, estes padrões de desmatamento, é possível relacioná-los com diferentes formas de ocupação humana da região e com os principais usos da terra. Este tipo de análise é importante, não apenas para agregar conhecimento aos dados de desmatamento, mas também para subsidiar o planejamento do território e aprimorar o entendimento sobre a dinâmica da fronteira

agrícola (Alves, 2002; Batistella et al., 2000; Escada, 2003; Ewers e Lawrence, 2006; Gavlak et al., 2011).

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é identificar através de mineração de dados espaciais os principais padrões de desmatamento para o Pantanal, entre os anos de 2002 e 2008, e analisar a sua dinâmica entre estes dois períodos.

## 2. Procedimentos metodológicos

Como dado de insumo, foi utilizado o mapeamento temático do bioma disponibilizado pelo IBAMA<sup>1</sup> e veiculado publicamente em seu *website*. Para execução do mapeamento foram utilizadas 16 cenas Landsat 7 / ETM e Landsat 5 / TM, com nível de correção 1G, e pixel de 30 metros, dos anos de 2000 e 2008. As imagens foram processadas no Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Pantanal, onde foram georreferenciadas a partir de coordenadas coletadas em campo com equipamento GPS. Estas foram interpretadas visualmente e classificadas nos softwares SPRING e ESRI ArcGIS (CRS/IBAMA, 2011).

Para alcançar o objetivo proposto, primeiramente, todo o território do Pantanal foi estratificado em células de 10 km<sup>2</sup>, possibilitando a identificação e classificação dos padrões de desmatamento através de um método de classificação estrutural (Korting et al., 2008).

Definida a resolução espacial das células, para realização do trabalho, foi elaborada uma tipologia de padrões de desmatamento (Tabela 1) adaptada de Gavlak et al. (2011) e Saito et al. (2011) contendo uma semântica de atores presentes na região e estágios de ocupação, respectivamente associados aos padrões de desmatamento.

Tabela 1 - Tipologia de padrões de ocupação (adaptado de Gavlak et al., 2011; Saito et al., 2011).

LEGENDA:  → Desmatamento  → Floresta			
Padrões	Tipo	Descrição	Padrões de ocupação
	Difuso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pequenas manchas</li> <li>- Manchas isoladas</li> <li>- Baixa a média densidade</li> <li>- Distribuição uniforme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Início da ocupação</li> <li>- Ocupação espontânea</li> <li>- Pequenos produtores rurais</li> </ul>
	Geométrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma geométrica regular</li> <li>- Baixa a média densidade</li> <li>- Médias e grandes manchas isoladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estágios iniciais de ocupação</li> <li>- Médios e grandes agricultores</li> </ul>
	Consolidado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandes e contínuas manchas</li> <li>- Baixa densidade de manchas</li> <li>- Pequenas áreas de remanescentes florestais</li> <li>- Manchas de desmatamento compactas e contínuas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estágio avançado de ocupação</li> <li>- Concentração de terras, pequenos, médios e grande agricultores</li> <li>- Pequenos remanescentes florestais</li> <li>- Ocupação consolidada</li> <li>- Áreas urbanas</li> </ul>

A identificação dos padrões de desmatamento representados por células foi realizada por meio de um conjunto de métricas da paisagem. Para isso, foi utilizado o classificador estrutural GeoDMA (*Geographical Data Mining Analyst*) que é um sistema de mineração de dados espaciais desenvolvido por Korting et al. (2008) baseado no protótipo e metodologia proposta por Silva et al. (2008). Este sistema funciona como

<sup>1</sup> Os dados podem encontrados em < <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/pantanal/pantanal.htm>>.

um *plugin* para o aplicativo TerraView 3.6.0 (2010)<sup>2</sup>, que manipula e visualiza dados armazenados em bancos de dados geográficos. O sistema foi desenvolvido em linguagem C++, baseado na biblioteca TerraLib (Korting et al., 2008).

A classificação dos padrões de desmatamento foi estruturada em quatro fases: extração de atributos; treinamento do classificador; classificação das imagens e; avaliação do mapeamento temático. Estão implementadas no GeoDMA 13 métricas de paisagem que foram utilizadas na etapa de extração dos atributos. Estes atributos são minerados através do algoritmo C4.5 que busca reconhecer padrões e estabelecer limiares de separação entre as classes determinadas.

### 3. Resultados

A Figura 1 apresenta a árvore de decisão gerada para a mapeamento dos padrões nos dois anos de interesse. O algoritmo selecionou, dentre as 13 métricas da paisagem implementadas no GeoDMA, as três seguintes: %LAND (*Percent Land*), MPS (*Mean Patch Size*) e PD (*Patch Density*).

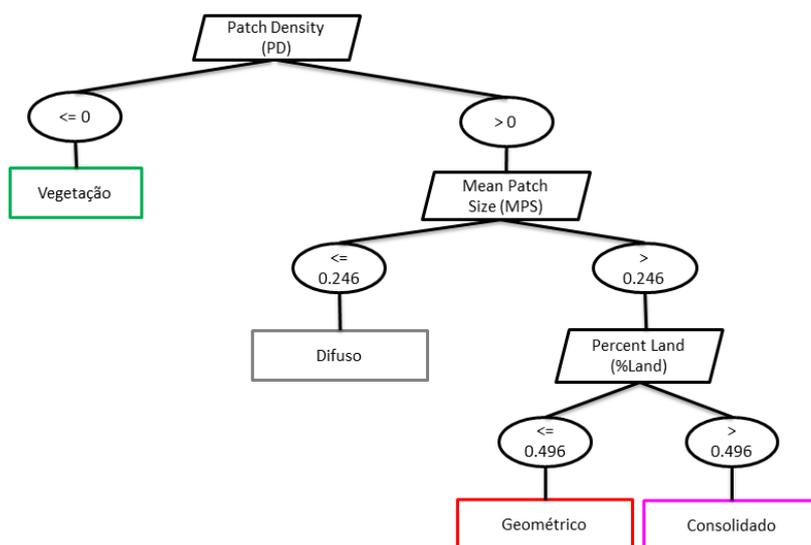


Figura 1 – Árvore de Decisão gerada para o mapeamento.

A Figura 2 ilustra a distribuição de frequência e presença acumulada das métricas utilizadas. Nota-se um comportamento muito similar entre elas, indicando alta concentração de valores nas menores faixas, entre 0,1 e 0,2. Isto indica que, de modo geral, o desmatamento no Pantanal é constituído predominantemente de áreas muito pequenas.

<sup>2</sup> O TerraView é um aplicativo construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib, tendo como principais objetivos apresentar um visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados e também exemplificar a utilização da biblioteca TerraLib (TERRAVIEW 3.6.0, 2010).

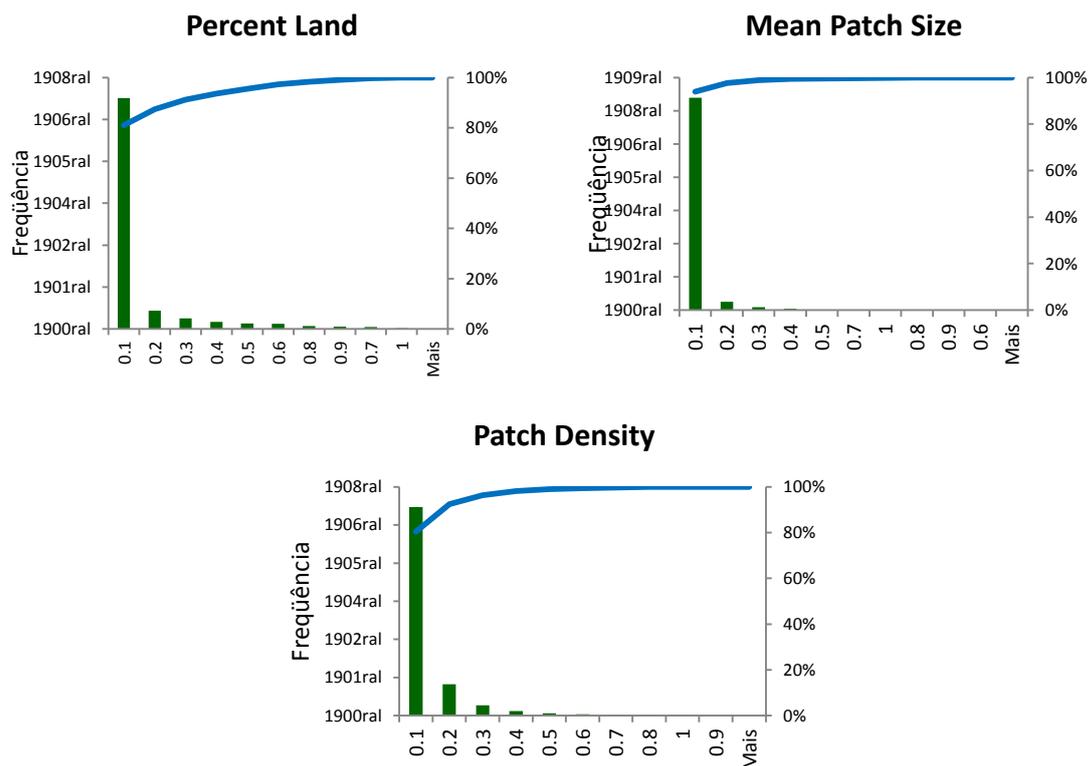


Figura 2 – Frequência acumulada e distribuição de frequência das métricas consideradas.

A distribuição espacial dos padrões de desmatamento identificados pode ser observada na Figura 3. Nota-se que o padrão Consolidado concentra-se em áreas de ocupação mais antiga, como em regiões de Corumbá / Ladário e Cáceres / Porto Espiridião, ao norte. Estas áreas já apresentam uma estruturação urbana avançada e desmatamento datado muito antes do ano de 2002. Este fato implica em estágios de ocupação humana irreversíveis, de forma que a vegetação ali suprimida dificilmente se regenerará.

Em contrapartida, áreas de padrão geométrico predominam na porção leste, nas áreas com maior elevação altimétrica, percorrendo todo o limite físico do bioma. Estas áreas se caracterizam fortemente pela prática da pecuária, que estimula a abertura de novas áreas para implantação de pastagem. O padrão espacial retangular, assim como na Amazônia, está associado aos grandes produtores agropecuários que ocupam vastas áreas de vegetação nativa para execução de suas atividades econômicas.

O padrão difuso se encontra distribuído espacialmente de duas formas distintas. Primeiramente, tem-se os padrões difusos vizinhos aos demais padrões, indicando a expansão do desmatamento por ocupação urbana ou agropecuária. Em uma segunda análise, observa-se a forte presença do padrão difuso no interior do Pantanal, sendo resultante da abertura prioritárias de áreas por pequenos produtores rurais, com caráter familiar. Entretanto, já se observa um aumento no número de células com padrão Geométrico na área mais central do Bioma.

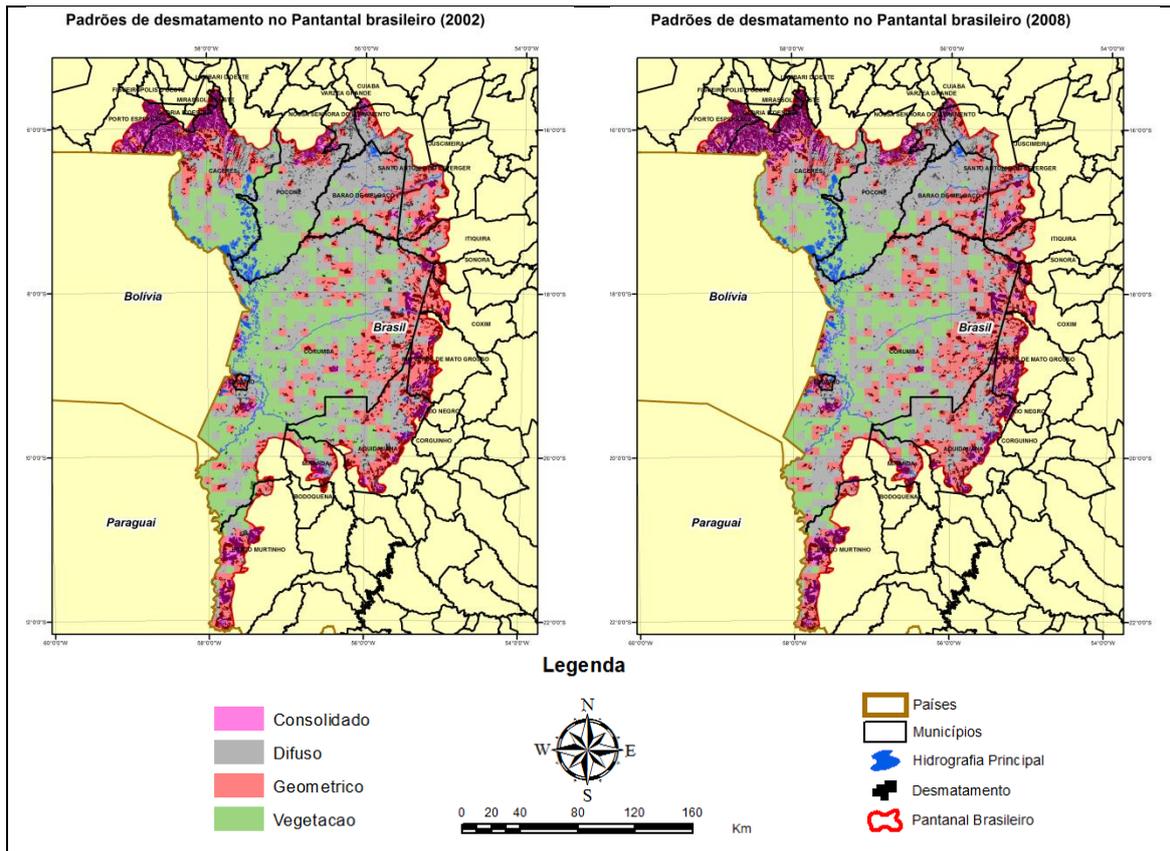


Figura 3 – Distribuição espacial dos padrões de desmatamento entre os anos de 2002 e 2008.

A Figura 4 apresenta quantitativamente a dinâmica dos padrões entre 2002 e 2008. Nota-se um aumento em todos os padrões de ocupação, resultando em uma diminuição da vegetação nativa. O padrão difuso apresenta a maior quantidade células, enquanto as áreas consolidadas representam os menores valores, indicando que o Pantanal ainda é uma área com ocupação muito recente.

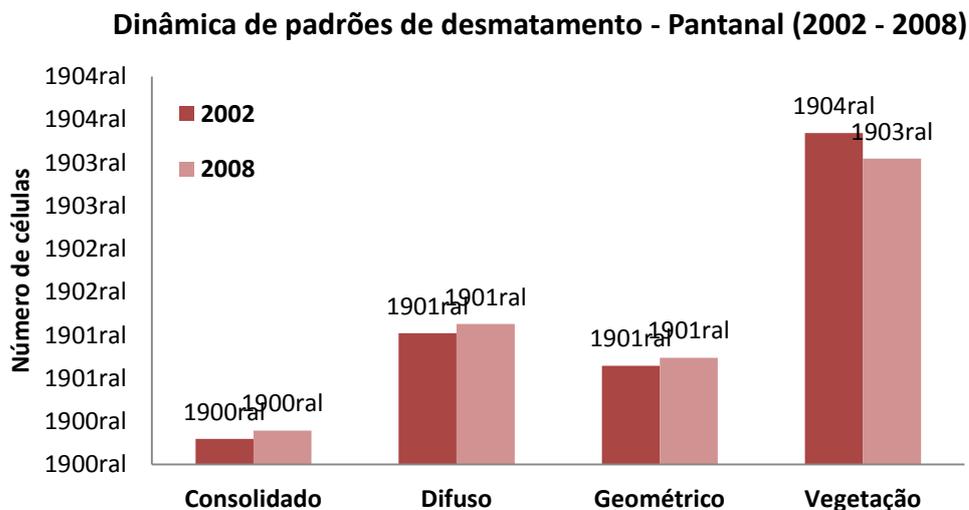


Figura 4 - Dinâmica de padrões de desmatamento - Pantanal (2002 - 2008).

#### 4. Conclusões

O aumento do desmatamento no Pantanal, predominantemente para implantação de pastagens cultivadas, se deve a disponibilidade marcadamente sazonal das pastagens nativas, tanto em termos de quantidade de áreas quanto de qualidade das pastagens (Silva et al., 1993). Nas outras regiões do país, onde a pecuária é baseada em pastagens cultivadas, o gado passa por uma variação menor na disponibilidade de alimento ao longo do ano, levando a uma maior produção que a obtida nas áreas de pastagens nativas do Pantanal. Esse fato gerou uma competição na produção e comercialização de carne com outras áreas fora do Pantanal, incentivando o desmatamento da região para aumento da produção (Padovani et al., 2004).

A causa do desmatamento acentuado, na borda leste do Pantanal, está relacionada com a venda de propriedades agrícolas para pessoas de outras regiões do país ou descendentes dos antigos pecuaristas. Os novos pecuaristas impõem, equivocadamente, estratégias de aumento da produção, tendo como prática o desmatamento para a implantação de pastagens plantadas.

A perda de áreas naturais do Pantanal, além de todo impacto ambiental gerado, também compromete a atividade turística e transforma a pecuária tradicional em uma tentativa de reproduzir equivocadamente o modelo de pecuária que se pratica no planalto e em outras regiões do país, onde as características ambientais são totalmente diferentes das existentes no Pantanal.

De acordo com Harris et al. (2005) quando cruzadas as informações de supressão de vegetação com dados do IBGE referentes ao aumento do rebanho bovino, das atividades agrícolas, os focos de calor e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), percebe-se que a expansão da atividade pecuária está relacionada com o aumento da área desmatada na planície pantaneira e o incremento da área plantada com algodão, cana, milho e soja é o principal fator de degradação da vegetação nativa na área dos planaltos do entorno do Pantanal, onde nascem os principais rios que drenam em direção à planície pantaneira.

A metodologia apresentada neste trabalho foi capaz de identificar os principais atores envolvidos na apropriação do espaço Pantaneiro, estabelecendo a sua distribuição espacial ao longo de todo o Bioma, e também avaliando quantitativamente a dinâmica dos padrões espaciais de desmatamento entre os anos de 2002 e 2008.

#### Referências Bibliográficas

- Alves, D. S. An analysis of the geographical patterns of deforestation in Brazilian Amazônia in the 1991-1996 period (1). In: WOOD, C. H; R. PORRO, R. (Ed.). **Land use and deforestation in the Amazon**. Gainesville: University Press of Florida, Gainesville, Florida, p. 95 – 107, 2002.
- Batistella, M.; Brondizio, E. S.; Moran, E. F. Landscape fragmentation analysis in two settlement designs in Rondonia, Brazilian Amazon. In: First LBA scientific conference, 2000, Belém. **Book of Abstracts...** São José dos Campos : INPE-NASA-Alterra, 2000.
- Cadavid Garcia, E. A. **Estimativas de custos de produção da pecuária de corte do Pantanal Mato-grossense**. Corumbá, Embrapa-UEPAE de Corumbá, 1981. 75p. (Embrapa - UEPAE de Corumbá. Circular Técnica.
- CRS/IBAMA. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite**. Centro de Sensoriamento Remoto –Brasília, Novembro de 2011.
- Escada, M. I. S. **Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-norte de Rondônia**. 2003. 264 p. (INPE-10209-TDI/899). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.30.13.31>>. Acesso em: 15 mar. 2010.

Ewers, R. M.; Laurance, W. F. Scale-dependent patterns of deforestation in the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 33, n.3, p. 203-211, 2006.

Galdino, S.; Clarke, R. T. **Levantamento e estatística descritiva dos níveis hidrométricos do rio Paraguai em Ladário, MS - Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1995. 70 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 14).

Gavlak, A. A.; Escada, M. I. S.; Monteiro, A. M. V. Dinâmica de padrões de mudança de uso e cobertura da terra na região do Distrito Florestal Sustentável da BR-163. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6152-6160. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/39UFPCP2>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

Geist, J.G.; Lambin, E. F. **What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence**. LUCR report series, n. 4, 2001, 116 p.

Harris, M. B.; Arcangelo, C.; Camargo, G., Neto, M.B.R.; Silva, S. M. Estimativa de perda de área natural da bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro. Conservação Internacional – Programa do Brasil. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Campo Grande, MS.

Korting, T. S.; Fonseca, L. M.; Escada, M. I. S.; Silva, F. C.; Silva, M. P. S. GeoDMA: a novel system for spatial data mining. **IEEE International Conference on Data Mining Workshops, Pisa, Italia**, 2008. **Anais...** Pisa, Italia, 2008.

Mertens B.; Lambin, E. F. Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon. Spatial disaggregation of diverse deforestation processes. **Applied Geography**, v. 17, n.2, p. 143-162, 1997.

Padovani, C. R.; Cruz, M.L.L.; Padovani, S.L.A.G. **Desmatamento do Pantanal Brasileiro para o ano 2000**. IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá, 2004.

Saito, E. A.; Fonseca, L. M.; Escada, M.I.S.; Korting, T. S. Análise de padrões de desmatamento e trajetória de padrões de ocupação humana na Amazônia usando técnicas de mineração de dados. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR). **Anais...** Curitiba, 2011.

Silva, J. dos S.V. da; Abdon, M. de M.; Silva, M. P.; Romero, H. R. Levantamento do desmatamento no Pantanal Brasileiro até 1990/91. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, nesp. p. 1739-1745, out.1998.

Silva, M.P.S.; Câmara, G.; Escada, M. I. S.; De Souza, R. C. M. Remote-sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4803-4822, 2008. doi: <10.1080/01431160801950634>.