

## Conversão do uso e ocupação do solo no noroeste da Amazônia

Carlos Antonio da Silva Junior<sup>1</sup>  
Marcos Rafael Nanni<sup>1</sup>  
Aline de Carvalho Gasparotto<sup>1</sup>  
Anderson Antonio da Silva<sup>1</sup>  
Franciele Romagnoli<sup>1</sup>  
Everson Cezar<sup>1</sup>  
Guilherme Fernando Capristo Silva<sup>1</sup>  
Rafael Moreno Campos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá - UEM  
Av. Colombo 5790 – 87020-900 - Maringá - PR, Brasil  
{carlos-junior89; franciele\_romagnoli; guilhermecapristo; anderson\_agrouem; alinegaspa;  
}@hotmail.com, {marcos.nanni; rafaelmorenocampos}@gmail.com e  
eversoncezar@yahoo.com.br.

**Abstract.** The growing use of natural resources in a disorderly fashion has demanded constant monitoring of your condition and occupation by way of monitoring and ecological-economic zoning. The knowledge of the use and land cover favors for measures to ensure the preservation and maintenance of the environment and land management are adequate to reality, since by means of these factors you can track the likely environmental impacts and socioeconomic development of a local to global scales. The techniques of GIS and remote sensing coupled with Geographical Information System (GIS) have been applied to use mapping and land cover. The aim of this paper is to analyze the conversion of the use of land occupation from different angles, with respect to geoprocessing techniques, in two distinct periods in the southeastern portion of Roraima State in Northwest Amazon. Two analyzes were conducted to verify the use and occupation of land in the Spring and TerraView computer program. Much of farmland were converted to poultry, which probably does not show a continuation of farming for profit and its abandonment caused by nutritional deficiency of the soil and thus become unfit for cultivation in subsequent years. Possibly a fuzzy logic would fit well to the types of data analyzed, because the attribute query has exaggerated stiffness analysis.

**Palavras-chave:** analysis, change detection, environment, human settlement, análise, detecção de mudança, meio ambiente, assentamento humano.

### 1. Introdução

O crescente aproveitamento dos recursos naturais de forma desordenada tem demandando constante acompanhamento do seu estado e modo de ocupação por meio de fiscalização e zoneamento ecológico-econômico (Duarte et al., 1999). Atualmente uma área-foco para estes procedimentos é a Amazônia, a qual é descrita por Becker (2005) como a maior porção existente de floresta tropical no mundo. Este bioma sofreu intensa modificação a partir os anos de 1970 em função da sua ocupação pela população rural, os quais modificaram a paisagem com a derrubada de milhões de hectares de árvores para a instalação de pastos, projetos de colonização e reforma agrária (Alves et al., 2001), de modo que, em 2004 registrou-se a segunda maior taxa de desmatamento com 26.130 km<sup>2</sup>.

Em consequência a devastação arbórea na região amazônica, diversas modificações tem ocorrido neste local de modo que as regiões que a compõe apresentam características distintas devido ao seu histórico de ocupação e específicas em sua forma de uso e conversão da cobertura da terra, causados por diversos fatores, dentre eles, fatores sócio econômicos, físicos e culturais, que determinam tipos de uso e cobertura da terra, resultando em padrões espaciais e temporais diferenciados (Machado, 1998). Desta forma, a alteração espacial encontrada nesta região pode ser atribuída à diferenciação do uso do solo e da estrutura da propriedade (Castro, 2005).

O conhecimento do uso e cobertura do solo favorece para que medidas que garantam a preservação e manutenção do meio ambiente e a gestão do espaço sejam adequadas à realidade, já que por meio destes fatores é possível acompanhar os prováveis impactos ambientais e o desenvolvimento socioeconômico de um local em escalas municipais à global (Montebelo et al., 2005).

As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aliadas com Sistema de Informação Geográfica (SIG) vêm sendo aplicados em mapeamento do uso e cobertura do solo. Segundo Batistella (2005), estas técnicas têm papel fundamental no entendimento das transformações atuais e futuras na paisagem amazônica. A utilização de vários critérios como limites administrativos, células regulares, microrregiões, polígonos irregulares, setores geomorfológicos ou zonas homogêneas como as Unidades Territoriais Básicas estabelecidas no Zoneamento Ecológico Econômico, baseadas nos conceitos de Unidades de Paisagem (Laurence, 2002), podem ser utilizados para estabelecer diferenças regionais e compreender a distribuição geográfica da região.

A segmentação do espaço pode ser realizada utilizando-se dados de séries temporais de imagens de satélite que possibilitam acompanhar a evolução do uso e da cobertura da terra e identificar diferentes processos de transformação do uso e cobertura da terra (Escada, 2003).

O objetivo central deste trabalho é analisar a conversão do uso de ocupação da terra de diferentes ângulos, no que diz respeito às técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, em duas datas distintas na porção sudeste de Roraima no Noroeste da Amazônia.

## 2. Material e Métodos

A área de estudo localiza-se na porção sudeste do Estado de Roraima (Figura 1), onde a vegetação predominante é representada pela Floresta Ombrófila Densa Submontana. Esse tipo de floresta ocupa a área do embasamento fortemente dissecado do Complexo Guianense (Domínio Estrutural Anauá-Jatapu). O relevo da área varia de plano a ondulado, predominando as áreas suaves onduladas (IBGE, 2005b). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo (Am), caracterizando-se por uma estação seca definida, coincidindo com o inverno boreal, apresentando pelo menos um mês com altura de chuva inferior a 60 mm.

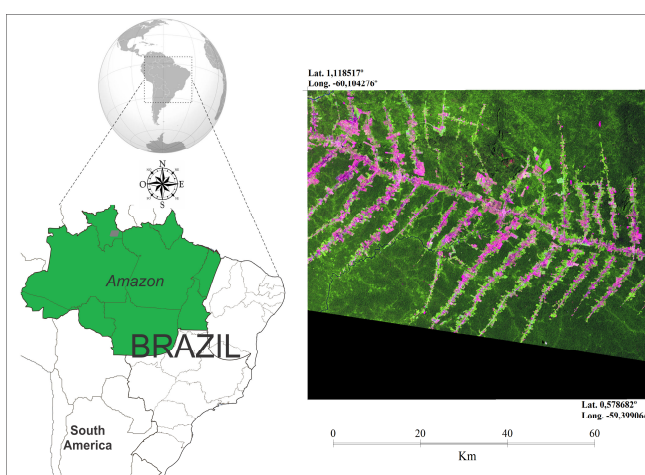


Figura 1. Área de estudo em cinza no mapa do Brasil, ampliada pela imagem do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 e sua composição falsa-cor R1G2B3.

A região estudada apresenta-se dividida entre cinco grandes grupos de solo: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, Latossolo Amarelo distrófico, Argissolo Amarelo distrófico plúntico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Neossolo litólico distrófico com

Afloramentos Rochosos (IBGE, 2005a), sendo a maior parte composta por Latossolos e Argissolos.

Para realização da classificação das imagens foram adotados os procedimentos que podem ser sintetizadas em três principais etapas: a) Pré-processamento, b) Realce e c) Classificação. O aplicativo de geoprocessamento utilizado nesta etapa foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 5.2), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Câmara et al., 1996).






As imagens foram classificadas como floresta, capoeira, pasto limpo, pasto sujo e agricultura (Tabela 1), pelo algoritmo Bhattacharya (Equação 1) com limiares de similaridade 10 e área 20, com aceitação de 99,9%. As imagens para classificação foram obtidas do sensor TM (Thematic Mapper) da órbita 231 ponto 59, com resolução espacial de 30x30m (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7) a bordo do satélite Landsat-5, dos anos de 2004 e 2010.

$$B(p_i, p_j) = \frac{1}{2}(m_1 - m_2)^T \sum (m_i - m_j) + \frac{1}{2} \ln \frac{\sum (m_i - m_j)}{|\sum i|^{1/2} |\sum j|^{1/2}} \quad (1)$$

em que B = distância de Bhattacharya;  $P_i$  e  $p_j$  = pixels nas classes i e j;  $m_i$  e  $m_j$  = médias das classes i e j; T = matriz transposta; ln = logaritmo neperiano; e i e j = classes dentro do contexto.

As cenas foram devidamente registradas antes da classificação, a partir de uma imagem do mesmo satélite e sistema sensor, ortorretificada, com datum WGS 1984 e projeção UTM, obtida no site da NASA (<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>), (GLCF, 2004), utilizando o polinômio de primeiro grau e interpolação por vizinho mais próximo. O erro médio quadrático (RMS: *Root Mean Square*) foi inferior a 0,5 pixel (Daí e Khorram, 1998).

Tabela 1. Classes utilizadas para gerar os mapas temáticos usando classificação digital.

<b>Floresta</b>	
<b>Capoeira</b>	
<b>Pasto Limpo</b>	
<b>Pasto Sujo</b>	
<b>Agricultura</b>	

Assim, foram realizados *buffer's* com distâncias de 0-2, 2-4 e 4-8 Km para rios, núcleos urbanos e rodovias, utilizando dados do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE-RR), com intuito de verificar a ocorrência da mudança do uso e cobertura da terra. Em seguida foi realizada uma tabulação cruzada (intersecção) entre os mapas temáticos do ano de 2004 e 2010.

Após tais análises e com as imagens devidamente classificadas e fundamentado nas dimensões e arranjos espaciais das feições de interesse, foram criados mapas temáticos celulares de 2 x 2 km, conforme recomenda Gavlak et al. (2011), no aplicativo computacional TerraView 4.2.0 (INPE), conforme demonstrado na Figura 2.

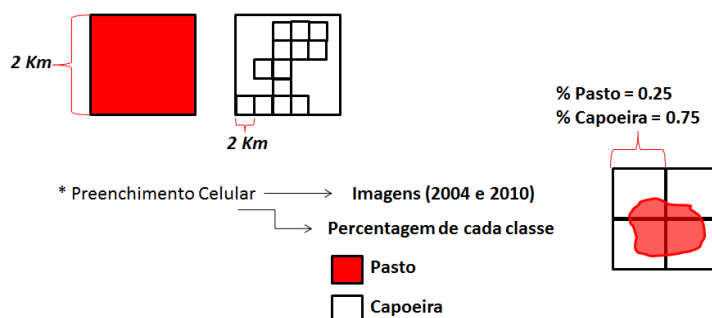


Figura 2. Método de análise por meio de grades celulares.

Por meio de estatísticas descritivas e análise da distribuição de frequências por histogramas das classes mencionadas e tomado como base critérios estabelecido pela FAO (2000), foram criados mapas temáticos celulares por meio de consulta por atributos, caracterizando-as como: (a) Tipologia I: 70% floresta e 30% agricultura; (b) Tipologia II: 70% floresta e 30% pasto limpo e sujo; (c) Tipologia III: 50% floresta, 25% agricultura e 25% pasto limpo e sujo; (d) Tipologia IV: 70% floresta e 30% capoeira; e (e) Tipologia V: 70% capoeira e 30% floresta. Para isso, foi utilizado o *plugin* de preenchimento de células do próprio TerraView 4.2.0, possibilitando calcular valores de cada classe das tabelas associado aos PI's do tipo celular.

### 3. Resultados e Discussão

Para a área analisada, foi classificado um total de classes de 133.751,16 ha para o ano de 2004 (Kappa 0,78) e 158.337,63 ha para o ano de 2010 (Kappa 0,63), mostrados na Figura 3A e B, respectivamente. Após a criação da grade e preenchidas as células de acordo com cada classe, foi realizada para a classe floresta uma análise de agrupamento variando cada célula entre 0 e 1 (Figura 4). A área em questão para o ano de 2010 percebe-se visualmente que houve aumento de áreas agrícolas e de capoeira ao longo da característica de “espinha de peixe” formada pelo desmatamento pela ocupação humana local e o seu desenvolvimento.

Pode-se observar que há ausência de floresta principalmente na constituição da forma de “espinha de peixe”. É notado entre os anos de 2004 e 2010 (Figura 4) que houve incremento de áreas sem a classe floresta principalmente no entorno de onde já existia o desflorestamento e incremento de áreas florestadas em algumas células na parte superior esquerda da área em estudo.

A Figura 5A exibe a quantificação em hectares do uso e ocupação da terra para a área em estudo e os respectivos anos e a Figura 5B a porcentagem que cada classe ocupa no terreno. Nota-se que houve desmatamento no decorrer de seis anos, caindo de 68% para 62% áreas florestais e de 12 para 9% para áreas denominadas capoeira. O contrário ocorreu para áreas de pasto limpo e agricultura, havendo aumento de 1 e 8%, respectivamente.

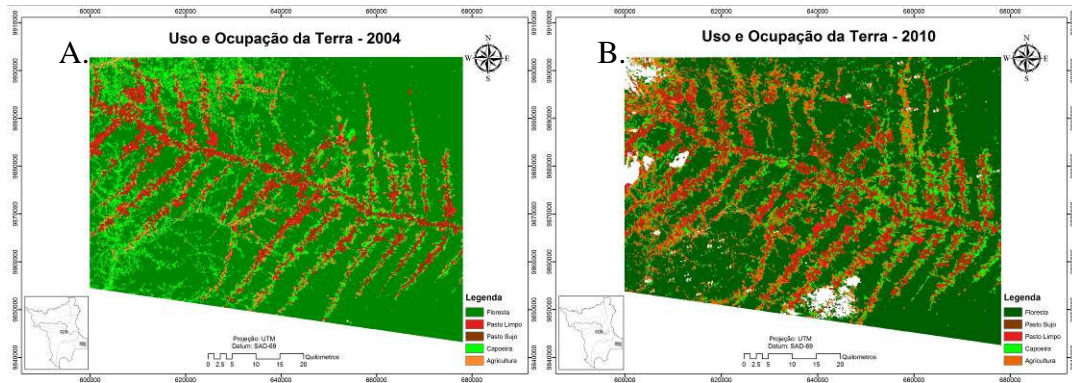


Figura 3. Área de estudo classificada pelo algoritmo Battacharya.

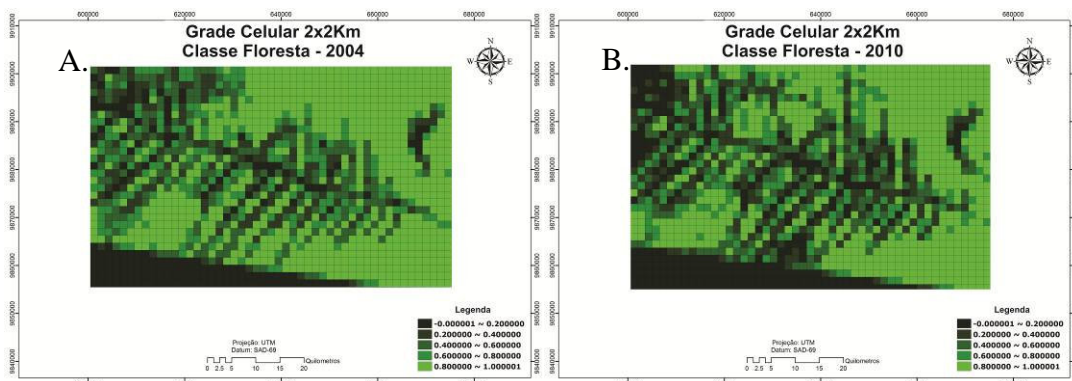


Figura 4. Grade celular da área de estudo em função da classe floresta.

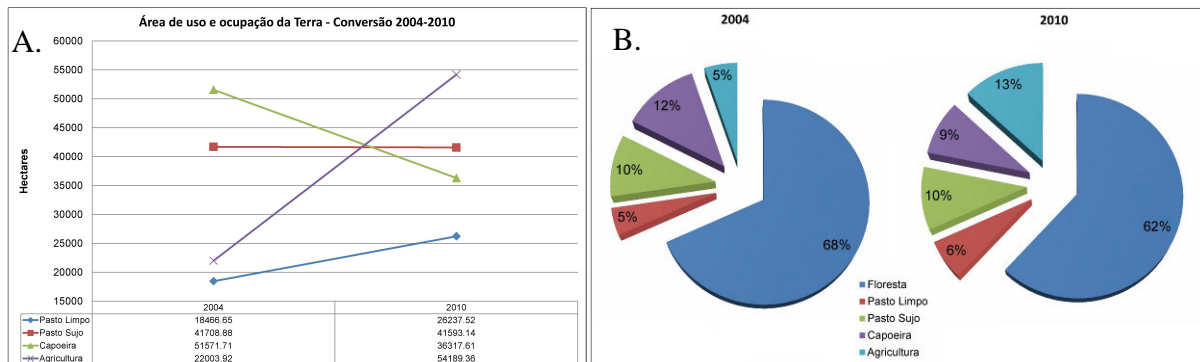


Figura 5. Área em hectares de cada classe e sua conversão de 2004 para 2010 e suas respectivas percentagens de ocupação.

O resultado da tabulação cruzada para os anos em estudo em função das classes analisadas (Figura 6) apresentam resultados que indicam a diminuição de áreas de capoeira em substituição em grandes proporções principalmente para pasto sujo e agricultura. Grande parte de áreas cultivadas foram convertidas para capoeira, o que provavelmente demonstra uma não continuação de agricultura de fins lucrativos e o seu abandono causado pela deficiência nutricional do solo e assim ficando impróprio para o cultivo nos anos posteriores. A diminuição de 6% em áreas de floresta observada na Figura 6 ocorre pela conversão dessas áreas principalmente para áreas de capoeira e agricultura, o que demonstra abandono após o desmatamento para exploração de madeira e agricultura familiar sem a conservação após o uso do solo. Conforme resultados apresentados na Figura 7 observa-se que houve decaimento de áreas de pasto sujo e capoeira próxima a núcleos urbanos, além de áreas de floresta, possivelmente dado em função do avanço da urbanização em seus arredores.

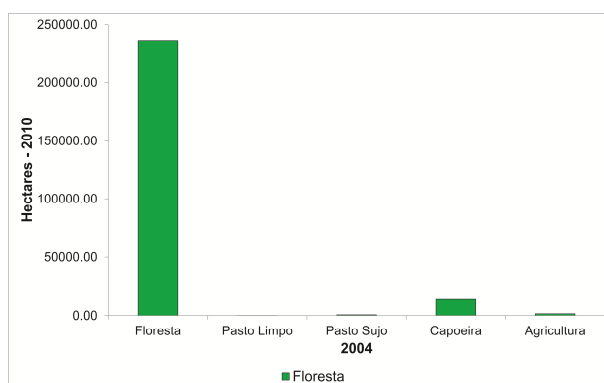


Figura 6. Tabulação cruzada para a classe floresta em função da conversão do ano de 2004 para 2010.

Áreas de floresta foram constatadas diminuições em função das rodovias e áreas de pasto sujo mostraram-se constantes ao decorrer dos anos (Figura 7). Essas áreas de desflorestamento apresentaram conversão para capoeira, onde foi constatado o aumento próximo às rodovias, o que pode ser causado pela expansão e construção dos asfaltos, o que após tal construção ocorre o abandono das áreas adjacentes a eles, ocasionando as capoeiras.

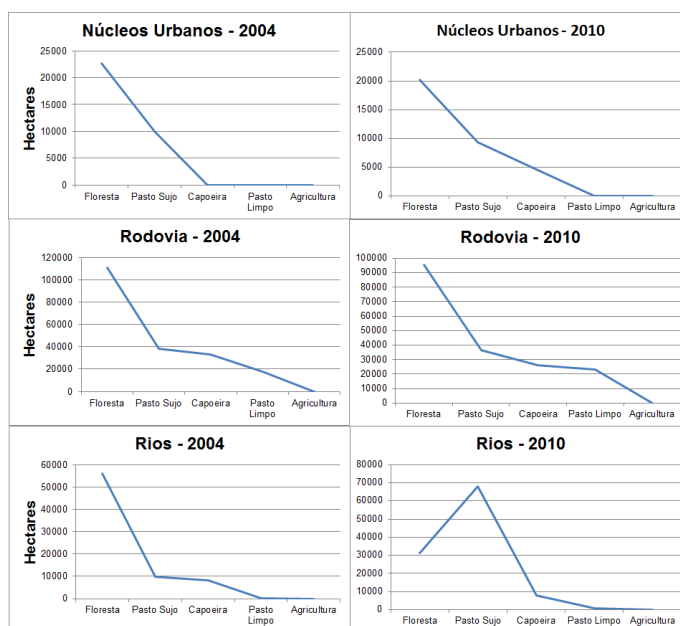


Figura 7. Área em hectares para *buffer* de até 8 Km para as classes de estudo em função de núcleos urbanos, rodovia e rios.

Houve diminuição de áreas de floresta próximas a rios, o que era de se esperar pelo fato da conservação de matas ciliares. Todavia, o incremento de pasto sujo mostra que ainda assim houve atividade pecuária, o que pode ser causado principalmente pela necessidade dos animais terem de se refrescar e saciar a sede, o que provavelmente não haveria caso fosse afastados desses recursos hídricos pela falta de recursos (Figura 7).

Os mapas temáticos gerados como resultado da Tipologia I (2004 e 2010) está apresentado na Figura 8. Nota-se que para 2010 houve diminuição de células com 70% da classe floresta e aumento para agricultura. Para tanto foi detectado pela Tipologia II (Figura 8) que onde havia 30% de pastagens na célula, para o ano de 2010 houve um espalhamento de

células com essa característica, o que para o ano de 2004 acompanhou a forma de “espinha de peixe”.

Ao analisar as frequências de cada classe e suas respectivas percentagens constatadas em cada célula para os anos de 2004 e 2010, respectivamente, foram identificadas à classe floresta próximas de zero em quase 300 células para ambos os anos estudados. Para células com quase 1, são apresentadas para o ano de 2004 torno de 250 células e 2010 por volta de 250 células. Já para as demais classes as predominâncias de frequência estão presentes próximos de zero, em destaque pasto limpo e sujo que ultrapassam presença em mais de 1000 células.

A Tipologia III, mostrada nos mapas temáticos (Figura 8), apresenta uma conversão considerável em relação aos anos de 2004 para 2010, onde praticamente para o último ano não houve células com 50% de floresta com pastagens e agricultura.

Houve incremento de áreas de floresta com capoeira predominante nas células do ano de 2010, apresentados pela Tipologia IV (Figura 8), o que pode ser notado na parte esquerda do mapa temático, corroborando com o resultado da Figura 7.

Por meio da Tipologia V (Figura 8) pode-se verificar que há poucas células com 30% da classe floresta, porém com incremento para o ano de 2010, prevalecendo ainda à porção superior direita do mapa temático.

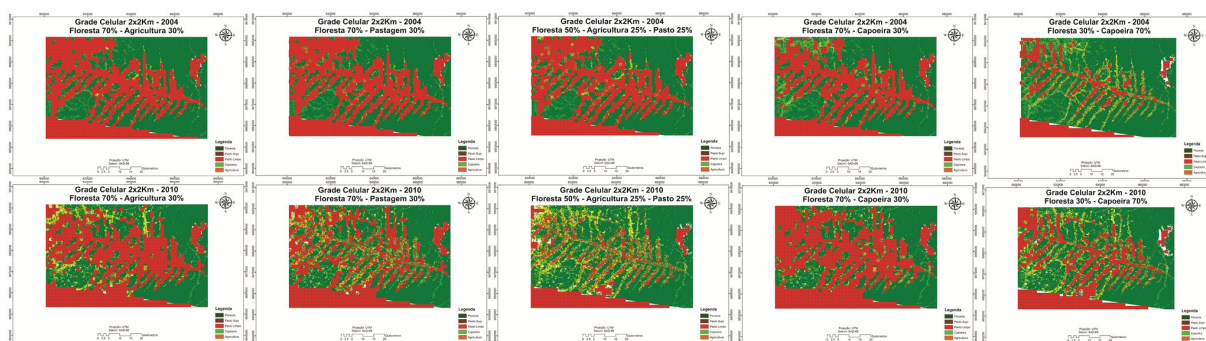


Figura 8. Grade celular do ano de 2004 e 2010 após consulta por atributo das cinco Tipologias.

#### 4. Conclusões

Houve um considerável incremento no uso e ocupação da terra para agricultura e pasto limpo;

Ocorreu decréscimo das áreas de capoeira e diminuição de 6% nas áreas florestais, principalmente para o uso de agricultura e novas áreas de capoeira;

Ocorreu aumento de áreas de capoeira próximo a núcleos urbanos e diminuição próxima as rodovias e rios;

O preenchimento celular por percentagem de classes mostrou-se útil para definição de áreas com diferentes usos e ocupações da terra, principalmente em pequenas proporções;

Possivelmente uma lógica nebulosa (*fuzzy*) se adequaria bem aos tipos de dados analisados, pois a consulta por atributo apresenta exagerada rigidez de análise;

Os critérios da FAO de distribuição espacial devem ser analisados para dada situação e tamanho de área e seu tipo de uso.

#### Referências Bibliográficas

Alves, D. S. O processo de desflorestamento na Amazônia. **Parcerias estratégicas**, v. 12, n. 1, p. 259-275, 2001.

Batistella, M. Contribuições para a classificação e monitoramento do uso e cobertura das terras na Amazônia. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2005. p. 2859-2861.

Becker, B. K. **Geopolítica da Amazônia. Estudos Avançados**, v.19, n.53, p.71-86. 2005.

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. F. M. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

Castro, E. M. R. Dinâmica socioeconômica e Desmatamento na Amazônia. **Novos cadernos NAEA**, Belém-Pa, v. 2, n. 0, p. 5-39, 2005.

Dai, X.; Khorram, S. The effects of image misregistration on the accuracy of remotely sensed change detection. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.36, n.5, p.1566-1577, 1998.

Duarte, V. Shimabukuro, Y. E.; Santos, J. R.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Moreira, M. A.; Souza, R. C. M.; Shimabukuro, R. M. K.; Freitas, U. M. **Metodologia para a criação de dados digitais da Amazônia - Projeto BADDAM**. São José dos Campos. 33p. (INPE-7039-PUD/036). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1999.

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: 14 mai. 2012.

Gavlak, A. A. **Padrões de mudança de cobertura da terra e dinâmica populacional no Distrito Florestal Sustentável da BR-163: População, Espaço e Ambiente**. 2011. 155p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2011. Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/08.02.16.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

GLCF. **Geocover Technical Guide**. Produced by University of Maryland/USA, 2004. Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/guide/>>. Acesso em: 17 mai. 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa de Vegetação**, 2005b. 1 Mapa. Escala: 1:1.000.000. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/mapas\\_ibge/tem\\_vegetacao.php](http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem_vegetacao.php)>. Acesso em: 15 mai. 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa Exploratório de Solos**, 2005a. 1 Mapa. Escala: 1:1.000.000. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/mapas\\_ibge/tem\\_solos.php](http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem_solos.php)>. Acesso em: 15 mai. 2012.

Laurance, F. W.; Albernaz, A. K. M.; Schroth, G; Fearnside, P.; Bergen, S.; Venticinque, M. E.; da Costa, C. da; Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**, v. 29, n. 5-6, p. 737-748, 2002.

Lopes, L. H. M. Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o Tm/Landsat e técnica de classificação não-supervisionada. **Engevista**, v. 10, n. 2, p. 126-132, 2008.

Machado, L. A fronteira agrícola na Amazônia. In: Becker, B. K.; Christofolletti, A.; Davidoch, F. R.; Geiger, R. P. P. ed. **Geografia e meio ambiente no Brasil**, p. 181-217. 1998.

Montebelo, L. A.; Casagrande, C. A.; Ballester, M. V. R.; Victoria, R. L.; Cutolo, A. P. A. Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2005. p. 3829-3836.

Turner, B. L.; Meyer, B. L. **Global Land Use and Land Cover Change: An Overview**. Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective. Disponível em: <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/references.htm>> . Acesso em: 14 mai. 2012.