

## Avaliação da dinâmica do uso da terra em uma região de fronteira agropecuária no estado de Mato Grosso

Mauro Corrêa da Costa<sup>1</sup>  
Maria Isabel Sobral Escada<sup>1</sup>  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>  
Rodrigo Aleixo Brito de Azevedo<sup>2</sup>  
Arnaldo de Queiroz da Silva<sup>1</sup>  
Thales Sehn Korting<sup>1</sup>  
Felipe Castro da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{costa, isabel, yosio, arnaldo, tkorting, felipe}@itid.inpe.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
FAMEV 78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil  
rabaz@ufmt.br

**Abstract.** The northwest region of Mato Grosso State, Brazil, is one of the most critical areas of Amazon in terms of deforestation. The main objective of this paper is to evaluate the landscape dynamic in Colniza municipality based on deforestation patterns associated to different types of actors and their land use strategies. A structural classifier was used to describe shape of landscape objects extracted from 2001 to 2006 annual deforestation maps obtained from Prodes and classification techniques using CCD/Cbers2 image. The results showed that there is a strong relation between deforestation patterns and land use strategies associated to main rural actors in the study area. The quality of the results using structural classifier technique depends of previous knowledge of land use processes and the actors. The results obtained allowed us to qualify and to calculate deforestation considering the contribution of different actors.

**Palavras-chave:** land use patterns, deforestation in Amazonia, structural classifier, padrões de uso da terra, desflorestamento na Amazônia, classificador estrutural.

### 1. Introdução

As mudanças na região amazônica estão fortemente associadas aos processos de desenvolvimento socioeconômico, onde a ocupação do território ocorre de maneira desordenada e sem planejamento. A combinação de técnicas de processamento de imagens e produtos de sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta importante para um melhor entendimento dos complexos processos antrópicos que atuam nos sistemas terrestres.

As mudanças de uso e ocupação do solo podem ser percebidas a partir da identificação da ação de diferentes atores envolvidos nestes processos: populações tradicionais, agricultores familiares, fazendeiros, madeireiros e mineradores. A região amazônica possui uma grande heterogeneidade biogeográfica e possui diferentes formas de ocupação humana imprimida na paisagem de diversos padrões espaciais que podem estar associados aos diferentes atores, tipos e históricos de ocupação (Escada, 2003).

Silva (2006) considera que as imagens de sensoriamento remoto possuem uma descrição estrutural que independe do domínio de aplicação que é dada a essa imagem. Assim, um classificador estrutural permite associar estruturas encontradas em imagens de sensoriamento remoto a conceitos da aplicação, relacionando as mesmas estruturas a diferentes domínios de aplicação. Para cada tipo de análise de padrões de mudança, podem existir diferentes associações entre os padrões espaciais e os conceitos do domínio do usuário. Cada associação

é válida dentro de um dado contexto de aplicação e para cada tipo de aplicação pode haver uma tipologia de padrões de mudança e um modelo de classificação estrutural apropriado.

Dentre as varias técnicas de classificação utilizada em estudos de avaliação de padrões de mudança do uso da terra, a partir de imagens de sensoriamento remoto, destaca-se o classificador estrutural por utilizar um método de classificação baseado em uma árvore de decisão que classifica as regiões rotulada da imagem, descrevendo o atributo categórico (forma do padrão) baseado em atributos não-categóricos (métricas) (Silva, 2006). Assim, esta técnica permite associar ao dado de desflorestamento atributos que descrevem padrões e dimensões das áreas desflorestadas resultando em um indicador que possibilita associar ao dado uma tipologia de atores e padrões de uso da terra.

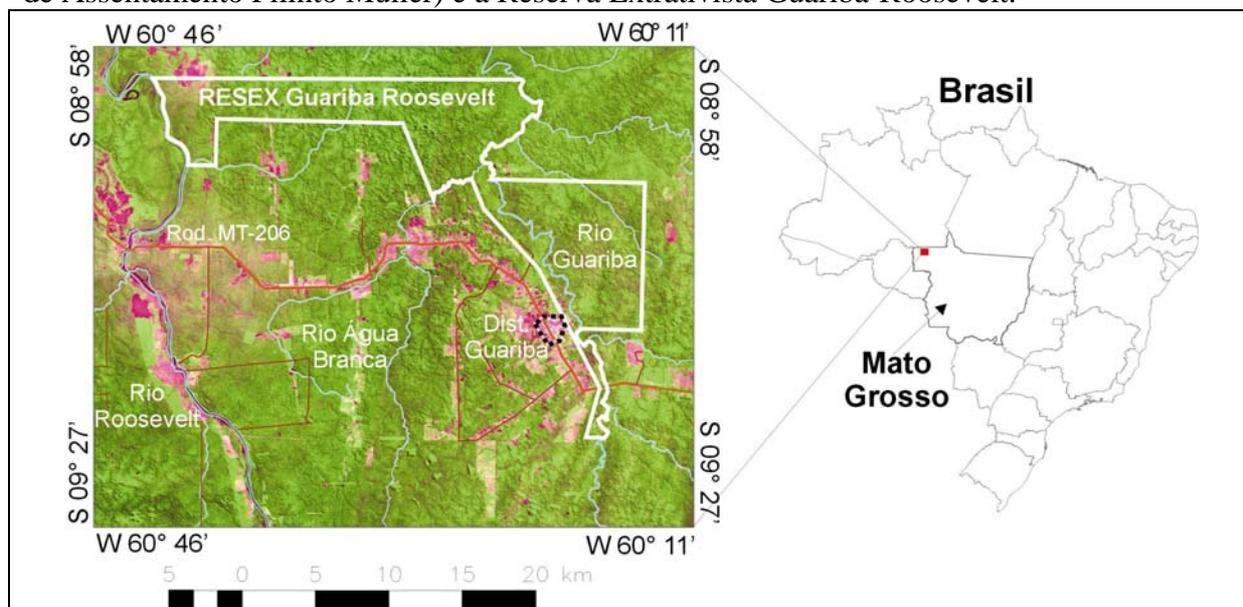
Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a dinâmica da cobertura da terra em uma área localizada no extremo noroeste do estado de Mato Grosso e, utilizando um classificador estrutural extrair, classificar e avaliar a evolução destes padrões espaciais utilizando dados anuais de desflorestamento do Prodes (INPE, 2006). Com isto, nos propomos a responder questões sobre a distribuição espacial dos atores na região, a participação de cada categoria de atores em relação ao desflorestamento.

## 2. Área de Estudo

A região noroeste do Mato Grosso apresenta uma grande extensão de terras protegida, populações tradicionais e assentamentos rurais. Esta região vem sofrendo fortes pressões por devido a interesses econômicos diversos como a exploração de minérios e madeira, expansão da pecuária, provocando conflitos com as populações locais e o comprometimento da floresta e da biodiversidade.

Segundo Cunha (2006) as regiões do noroeste do Estado do Mato Grosso, são aquelas que mais crescem em termos demográficos. Boa parte deste crescimento se deve ao surgimento de novos núcleos rurais. O noroeste do Mato Grosso se configura como alternativa para a absorção de um grande contingente de pessoas que exerce atividades ligadas a terra.

A área de estudo (**Figura 1**) se localiza no município de Colniza, no extremo noroeste do Estado de Mato Grosso, entre a margem esquerda do rio Guariba e margem direita do rio Roosevelt. Atualmente na região existe o distrito de Guariba (antigo núcleo urbano do Projeto de Assentamento Filinto Muller) e a Reserva Extrativista Guariba-Roosevelt.



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

### 3. Metodologia

Neste trabalho utilizou-se uma seqüência de dados temporais de desflorestamento entre os anos de 2001 a 2006. Os dados entre 2001 a 2005 foram obtidos do Projeto PRODES (INPE, 2006) enquanto os de 2006 foram gerados a partir de imagens do sensor CCD/CBERS 2 (órbita-ponto 172/110, resolução espacial de 20 m) adquirida em de 23 de julho de 2006. A partir dos mapas anuais de desflorestamento e de observações de campo foi realizada a análise de padrões de desflorestamento associados aos diferentes atores.

Os procedimentos metodológicos, descritos na seção seguinte, envolveram as seguintes etapas: 1) Classificação das imagens Cbers de 2006; 2) Estabelecimento de uma tipologia de atores e padrões de uso da terra; 3) classificação de padrões utilizando o classificador estrutural. Para integração dos dados foi utilizado um Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o SPRING.

#### 3.1. Classificação da imagem Cbers

As bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD foram georreferenciadas utilizando-se como referência as imagens geocover, composição TM 5 4 3, disponibilizadas gratuitamente pela NASA (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>). Para o registro da imagem, foi utilizado polinômio do primeiro grau, seguido de interpolador vizinhos mais próximos. O erro médio estimado (RMS) foi da ordem de 0,5 pixel. Após o registro, a imagem CCD CBERS foi reamostrada para 60 metros para ser compatibilizada com os dados do PRODES.

O passo seguinte consistiu na aplicação da metodologia adotada pelo PRODES Digital (Duarte et al., 2003, Shimabukuro et al. 2000) que consiste na geração das imagens fração (vegetação, solo e sombra) através do modelo linear de mistura espectral. Em seguida foi feita à segmentação da componente solo, que se mostrou mais adequada para separar áreas desflorestadas. Com os dados do PRODES, obteve-se uma máscara do desmatamento até 2005 que serviu com referência para identificação de novas áreas na imagem de 2006. A imagem segmentada foi classificada utilizando técnica de classificação por regiões, não-supervisionada, o ISOSEG (Bins, 1996). De acordo com o objetivo deste trabalho, o produto final consistiu em uma imagem de desflorestamento.

#### 3.2. Estabelecimento de tipologia de atores e padrões de uso da terra

A metodologia para estabelecimento de tipologia de padrões espaciais de uso da terra foi baseada em Escada, (2003) e Silva, (2006), e leva em consideração as dimensões e formas das áreas de desflorestamento associada aos diferentes atores presentes na região. As características associadas aos padrões de desflorestamento (linear, irregular e regular) na região de Guariba são apresentadas na **Tabela 1**.

**Tabela 1** - Padrões de desflorestamento e tipologia de atores na região de Guariba

Desflorestamento		Distribuição espacial	Atores	Principal uso do solo	Padrões elementares
Padrão	Extensão				
1. Linear	Variável			estradas	
2. Irregular pequeno	< 15 ha	Próximo à estrada principal e ao núcleo urbanos	Agricultor familiar	Agricultura de subsistência.	
3. Irregular	(15-100 ha)	Próximo à estrada principal	Fazendeiros menos capitalizados	Pecuária	
4. Regular médio	(100-300 ha)	Próximo à estrada principal ou a estradas secundárias	Fazendeiro capitalizado	Pecuária	
5. Regular grande	> 300 ha	Isolado ou próximo a estradas secundárias	Empresários	Pecuária e exploração madeireira	

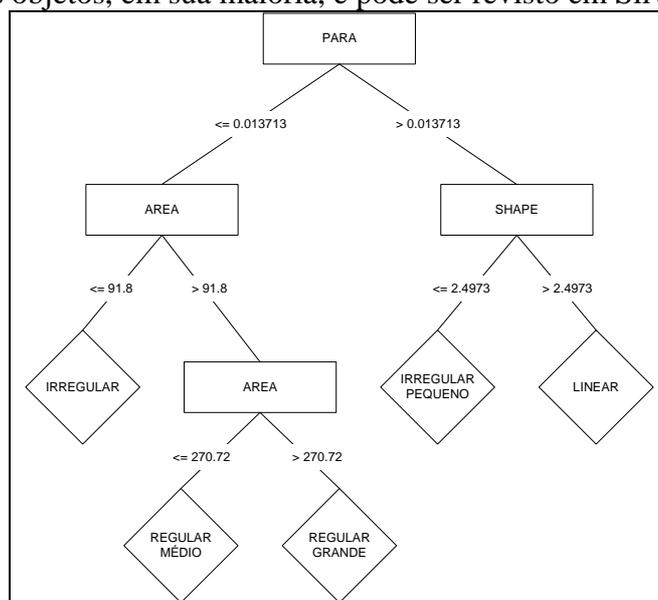
A tipologia foi gerada a partir do conhecimento à priori da região, em trabalhos de campo, e dos principais atores e atividades ligadas aos processos de conversão do uso e cobertura da terra.

### 3.3. Classificador estrutural

Para associação dos padrões de desflorestamento aos seus respectivos atores, foi utilizado um classificador estrutural *extract attributes* concebido por (Silva, 2006). Este classificador utiliza um método de classificação baseado em uma árvore de decisão. Os objetos da paisagem são avaliados e associados aos padrões de desflorestamento, em uma fase de treinamento, resultando em um indicador dos padrões de uso da terra e dos seus atores.

Através do conjunto de referência de padrões espaciais, o classificador estrutural gerou o modelo baseado em uma árvore de decisão (**Figura 2**). O treinamento do modelo foi efetuado com 95 amostras do conjunto de referência de padrões espaciais.

O classificador estrutural *extract attributes* utiliza as métricas implementadas pelo software FRAGSTATS - Programa de Análise de Padrões Espaciais para Mapas Categóricos (McGarigal; Marks, 1995). As métricas que descrevem os padrões espaciais, neste estudo, foram: PARA (razão perímetro-área), AREA (área interna de cada atributo) e SHAPE (índice de formato da região, que pode variar entre a forma mais compacta possível, como um quadrado, até uma forma mais irregular). O conjunto de métricas disponíveis neste sistema descreve a forma dos objetos, em sua maioria, e pode ser revisto em Silva (2006).



**Figura 2** - Árvore de decisão gerada para a região de Guariba

O modelo foi avaliado com 24 amostras do conjunto de referência obtendo 87,5% de sucesso na classificação dos dados de avaliação, cuja matriz de confusão encontra-se na **Tabela 2**. O erro de classificação ocorreu principalmente entre os padrões *linear* e *irregular*, entretanto, o índice de acerto foi considerado muito bom.

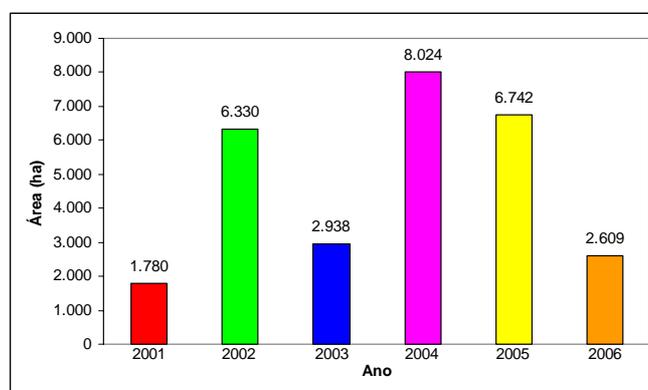
**Tabela 2** - Matriz de confusão da classificação dos dados de teste do modelo

		Classificação				
		Linear	Irregular pequeno	Irregular	Regular médio	Regular grande
Referência	Linear	2	1	2	0	0
	Irregular pequeno	0	5	0	0	0
	Irregular	0	0	5	0	0
	Regular médio	0	0	0	5	0
	Regular grande	0	0	0	0	4

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Incremento do desflorestamento no período de 2001-2006

A **Figura 3** mostra os incrementos medidos para o desflorestamento na área de estudo, através da análise de imagens ópticas orbitais entre 2001 e 2006. A metodologia do PRODES adota o período entre os meses de julho/agosto consecutivos para contabilizar o incremento de um ano. Tomando 2001 como referência, observamos que em 2002 houve um acentuado aumento da área desflorestada, superior a 300%, mostrando que a frente de desflorestamento desta região se tornou ativa. No ano seguinte, o incremento foi reduzido a metade e em 2004, ocorreu um novo momento de crescimento alcançando cerca de 8.000 ha. A partir de 2005, houve um declínio no desflorestamento, embora em diferentes proporções, seguindo a tendência de queda das taxas estimadas pelo Prodes (INPE, 2006) para toda a região Amazônica.



**Figura 3** – Incremento do desflorestamento na região de Guariba no período 2001-2006.

Levantamentos de campo mostraram que o aumento do desflorestamento em 2002 tem relação com a abertura de áreas para implantação de pasto promovido por empresários ligados à pecuária extensiva. Em 2004, o incremento observado possui relação com a implantação de novas madeireiras na região. Até 2003, contavam-se apenas três unidades beneficiadoras atuando na área. A partir deste ano, novas madeireiras se instalaram, alcançando em 2005, quatorze unidades em operação. O decréscimo no incremento do desflorestamento no ano de 2006 pode ser o resultado das intensas operações de fiscalização que iniciaram no segundo semestre de 2005 e se estenderam até presente.

### 4.2. Padrões espaciais e o desflorestamento

A **Figura 4** apresenta a dinâmica do desflorestamento em uma seqüência temporal entre 2001 e 2006. No primeiro ano, houve o predomínio do padrão *irregular pequeno* (**Figuras 4a e 4g**), constituído por incrementos com áreas inferiores a 15 ha. O ator associado a este padrão são pequenos agricultores familiares que praticam a agricultura de subsistência e que possuem propriedades de até 100 ha. São agricultores que migraram de Rondônia, em busca de terra e trabalho, para a região noroeste de Mato Grosso, para os municípios de Colniza e Aripuanã. Esta frente migratória chegou a formar, em poucos anos, o distrito de Guariba com uma população atual de 3150 habitantes (INTERMAT, 2006). Este padrão predomina na região entre os rios Guariba e Água Branca, concentrado próximo ao núcleo urbano (Distrito de Guariba).

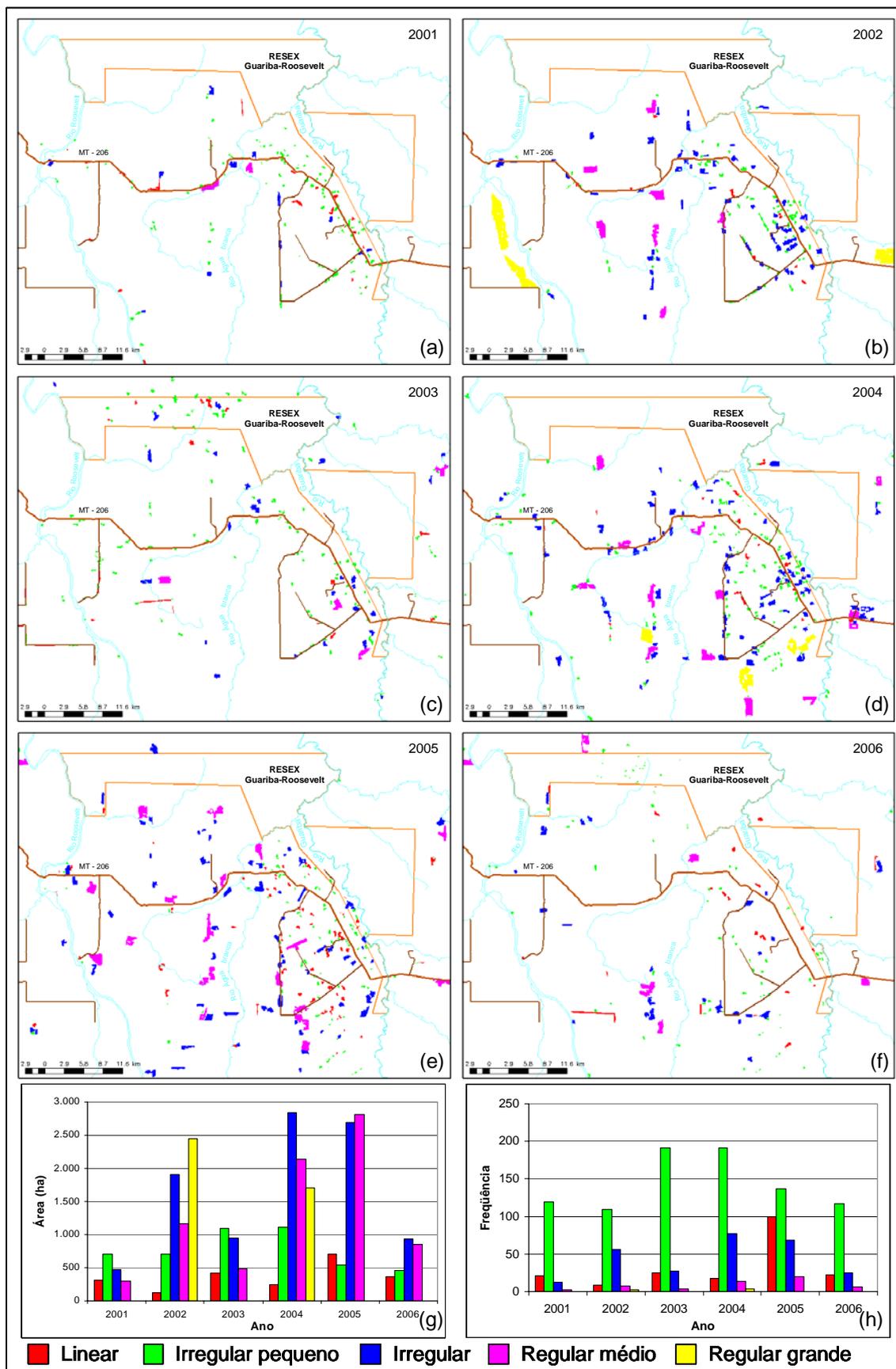


Figura 4 – Padrões espaciais de desflorestamento da região de Guariba (2001-2006).

Em 2002, ocorreu um grande incremento no desflorestamento dos padrões *regular grande*, *irregular* e *regular médio* (**Figuras 4b e 4g**). Os atores relacionados a estes padrões são empresários ou mesmo grupos econômicos, fazendeiros capitalizados e fazendeiros menos capitalizados, respectivamente. Os incrementos associados ao padrão *regular grande*, ocorreram na margem esquerda do rio Roosevelt e ao longo da rodovia MT-206, na porção leste da área de estudo. O padrão *irregular* ocorreu em torno do núcleo urbano de Guariba enquanto o padrão *regular médio* concentrou-se entre os rios Água Branca e Roosevelt.

Em 2003, ocorreu redução no incremento, voltando a predominar o padrão *irregular pequeno* seguido do padrão *irregular* (**Figuras 4c e 4g**). O padrão *irregular pequeno* passou a ocorrer também dentro dos limites da Resex Guariba-Roosevelt, configurando um processo de grilagem voltado para extração ilegal de madeira.

O ano de 2004 registrou o maior valor de incremento no desflorestamento total, sendo que os padrões *irregular*, *regular médio* e *regular grande*, nesta ordem, foram os que mais contribuíram (**Figura 4d e 4g**). Esta dinâmica pode ser explicada pelo crescimento e estabelecimento de novas madeiras, em que a associação com os fazendeiros menos capitalizados (padrão *irregular*) e os capitalizados (padrão *regular médio*) segue uma lógica baseada na combinação de interesses, na qual o proprietário da terra permite a retirada de madeiras de interesse econômico pelos madeireiros em troca da abertura da área para a implantação de pastagem.

Em 2005, o padrão *regular médio* superou, em área desmatada, o padrão *irregular*, ainda que com uma diferença pequena, entretanto muito superior aos outros padrões (**Figura 4e e 4g**), mostrando a manutenção de cooperação entre madeireiros e fazendeiros. Neste ano, a área desflorestada se distribui de forma mais uniforme apresentando incrementos principalmente na porção central da área de estudo. Outro fenômeno detectado neste ano se refere ao aumento do padrão *linear* indicando a abertura de novas estradas. Estas novas vias favorecem o processo de grilagem que é caracterizado pelo padrão *irregular pequeno* que se alinham ao longo das estradas conforme pode ser observado na porção sudeste da **Figura 4e**.

O ano de 2006 mostra uma redução significativa no incremento do desflorestamento (**Figura 4f e 4g**), mas manteve o mesmo padrão do ano anterior, apenas com intensidade inferior, confirmando a manutenção das atividades madeireiras agora coibida por uma fiscalização mais intensa.

A **Figura 4h** mostra a frequência anual dos padrões espaciais na região de estudo. É interessante notar o predomínio em todos os anos do padrão *irregular pequeno* associado aos agricultores familiares, representando 62,46% do total de ocorrências de incrementos entre o período de 2001 a 2006. No entanto, em termos de área impactada a contribuição desse ator é bem menor que de outros atores, exceto quando consideramos o padrão *linear*, associado à implantação de estradas. Apesar de menor, a contribuição dos pequenos agricultores não é desprezível, atingindo mais de 1000 ha em alguns anos.

## 5. Conclusões

O método de classificação estrutural mostrou-se uma técnica eficiente na identificação e mapeamento dos padrões espaciais do desflorestamento. Foi possível identificar cinco padrões e associá-los a diferentes atores sociais, ajudando a compreender a dinâmica de ocupação da região do distrito de Guariba.

A análise conduzida em abordagem temporal permitiu identificar para cada ano, entre 2001 e 2006, a contribuição dos diferentes padrões, medida pela área impactada como também pela frequência de ocorrência. A cada padrão foi possível associar a ação de um determinado ator e com isso, estabelecer a relação dos atores no contexto sócio-econômico da região.

Ficou evidente que a presença de agentes econômicos ligados aos setores agropecuário e madeireiro causou um aumento significativo no desflorestamento da região. O método também

permitiu identificar a ação de grileiros que são caracterizados pelo padrão *irregular pequeno* associado à abertura de novas estradas e a invasão de da unidade de conservação.

O sucesso do método depende de conhecimento de campo o que permite estabelecer a relação entre os padrões espaciais e as atividades econômicas dos principais atores na área de análise.

## 6. Referências

Bins, L.; Fonseca, L.; Erthal, G. Satellite Imagery Segmentation: a region growing approach. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 1996, Salvador. Anais... São José dos Campos: INPE, 2004. Artigos, p. 677-680. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00014-5. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.05.09.30/doc/T205.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

Cunha, J. M. P. da. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Estudos de Populações**. São Paulo, v. 23, n. 1, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982006000100006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982006000100006&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 12/08/2006.

Duarte, V.; Shimabukuro, Y.; Aulicino, L. Metodologia para padronizar e atualizar o banco de dados do Projeto “Prodes Digital”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 2705-2712. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep-/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.44>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

Escada, M. I. S. **Evolução de Padrões de Uso da Terra na Região Centro-Norte de Rondônia**. 2003. 155 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003. (INPE-10209-TDI/899).

INPE. **Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. São José dos Campos, 2006. Disponível em: [www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes). Acesso em: 10/08/2006.

INTERMAT - Instituto de Terras de Mato Grosso; **levantamento ocupacional do distrito de Guariba**. 2006. disponível em: < [www.intermat.mt.gov.br/html/noticia](http://www.intermat.mt.gov.br/html/noticia) >. Acesso em 12/10/2006.

McGarigal, K.; Marks, B. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Washington, DC: USDA Forestry Service Technical Report PNW-351, 1995.

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C. **Apresentação da metodologia de criação do PRODES digital**. São Jose dos Campos: INPE, 2000. 36 p. (INPE-7520-PUD/095).

Silva, M. P. **Mineração de padrões de mudança em imagens de sensoriamento remoto**. 2006. 166 p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. (INPE-10209-TDI/899).