

Mapeamento do uso e cobertura da terra na Comunidade de São Jorge – Belterra PA

Natália Cristina Wiederkehr¹
Renata Maciel Ribeiro¹
David Guimarães Monteiro França¹
Maurício Alves Moreira¹
Fabio Furlan Gama¹

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais¹
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{natalia.wiederkehr, renata.ribeiro}@inpe.br; dvdgmf@gmail.com; fabio@dpi.inpe.br;
mauricio@ltd.inpe.br;

Abstract. The National Forest (FLONA) of the Tapajos is an important protected area located in Brazilian Amazon, Para state. Just like the São Jorge community, the unit suffers from strong anthropogenic pressure mainly in its surroundings (margins of the BR 163 highway), presenting illegal logging in the areas near to its south limits. The community was dismembered of the protected area since 2012 for purposes of using the land without the restrictions imposed by the conservation laws. Therefore, this paper aims to map the main land use change characteristics in the São Jorge community and to establish a hierarchical pattern to analyze how these patterns can influence in the vegetation suppression. The data used to map the land use change was a multispectral image of the RapiEye orbital sensor with a spatial resolution of 5 meters/pixel. As a preliminary step of the classification, image segmentation was done through means of the “multi-resolution” algorithm in the eCognition platform. Furthermore, non-parametric methods of data mining were also applied in order to classify the land use change over the image data. The classification results display the classes “vegetation” and “agropastoril” as the most predominant ones, suggestible revealing the conservation state of the forest and the agricultural expansion. The results of this study can also contribute as a small effort towards the conservation projection of protected areas, reacting against the illegal logging and forest suppression.

1. Introdução

A Floresta Amazônica apresenta uma rica biodiversidade e é considerada a maior floresta tropical do planeta, ocupando no bioma Amazônia uma área de 419.694.300 ha (MMA, 2010). Em contraponto, este bioma sofre grandes pressões a partir de atividades antrópicas, tais como urbanização, construções de estradas, expansão das atividades agrícolas, pecuárias, bem como, pressões naturais relacionados principalmente à fatores climáticos.

A perda de vegetação ocorre principalmente em função dos desmatamentos, alterações e conversões no uso e cobertura da terra, que podem causar impactos diretos e indiretos na biodiversidade da região, assim como, o aumento de gases do efeito estufa que consequentemente podem propiciar alterações climáticas (PIELKEP, 2003; FOYLE et al., 2004).

Por abranger extensas áreas, muitas vezes se torna difícil mensurar e monitorar os processos de mudanças de uso e cobertura da terra. Com isso, a utilização do sensoriamento remoto em nível orbital torna-se uma importante ferramenta para se compreender, identificar e mapear estes processos (GUERRA et al.,2010).

A Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós é uma importante unidade de conservação da natureza, localizada na Amazônia brasileira, nas margens do Rio Tapajós, estado do Pará. A unidade de conservação sofre pressões antrópicas principalmente no seu entorno, nas margens da Rodovia BR 163 (Santarém-Cuiabá), onde, de acordo com o Relatório de Auditoria realizado em 2008 pelo Tribunal de Contas da União, realizado com o objetivo de avaliar a política florestal do Governo Federal adotada na gerência da FLONA do Tapajós, concluiu que a unidade de conservação se mantém razoavelmente bem protegida de ações predatórias, embora apresente registro de extração ilegal de madeira principalmente em áreas

próximas ao seu limite sul e também persiste forte pressão antrópica no seu entorno, como é o caso da Comunidade de São Jorge.

A Comunidade foi desmembrada da unidade de conservação no ano de 2012, com a finalidade de dispor das terras sem as restrições de uso impostas pelos instrumentos legais de regulamentação dos usos em unidades de conservação (TCU, 2008). Assim, este trabalho propõe mapear os principais usos e características de cobertura na Comunidade de São Jorge a fim de estabelecer uma hierarquia dos padrões mais significativos encontrados na imagem e analisar como estes podem influenciar na supressão da vegetação florestal.

Foi estabelecido como recorte temporal o ano de 2015, pela disponibilidade de imagem de alta resolução espacial, facilitando o processo de interpretação visual dos usos e coberturas, e, por se tratar de uma data pós-desmembramento da Comunidade da FLONA do Tapajós.

O recorte espacial justifica-se pela necessidade de analisar quais os principais usos e coberturas presentes na área de estudo que podem causar de forma direta e indireta impactos na unidade de conservação do Tapajós, uma vez que estudos anteriores discutem a pressão da conversão florestal na área da Comunidade. A grande quantidade de pesquisas realizadas na FLONA do Tapajós e a disponibilidade de imagens de satélite também justifica a escolha da área de estudo.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

A Comunidade de São Jorge se localiza entre as latitudes 3°06'02" e 3°12'44" Sul e longitudes 54°57'10" e 55°00'56" Oeste, situado no município de Belterra/PA, nas proximidades do Km 87 e da Rodovia BR 163.

Após as alterações dos limites da FLONA, realizada no ano de 2012, na qual exclui a Comunidade de São Jorge (Figura 1) da área de preservação como supracitado, a mesma apresenta novas medidas de área territorial de aproximadamente 12,637 ha.

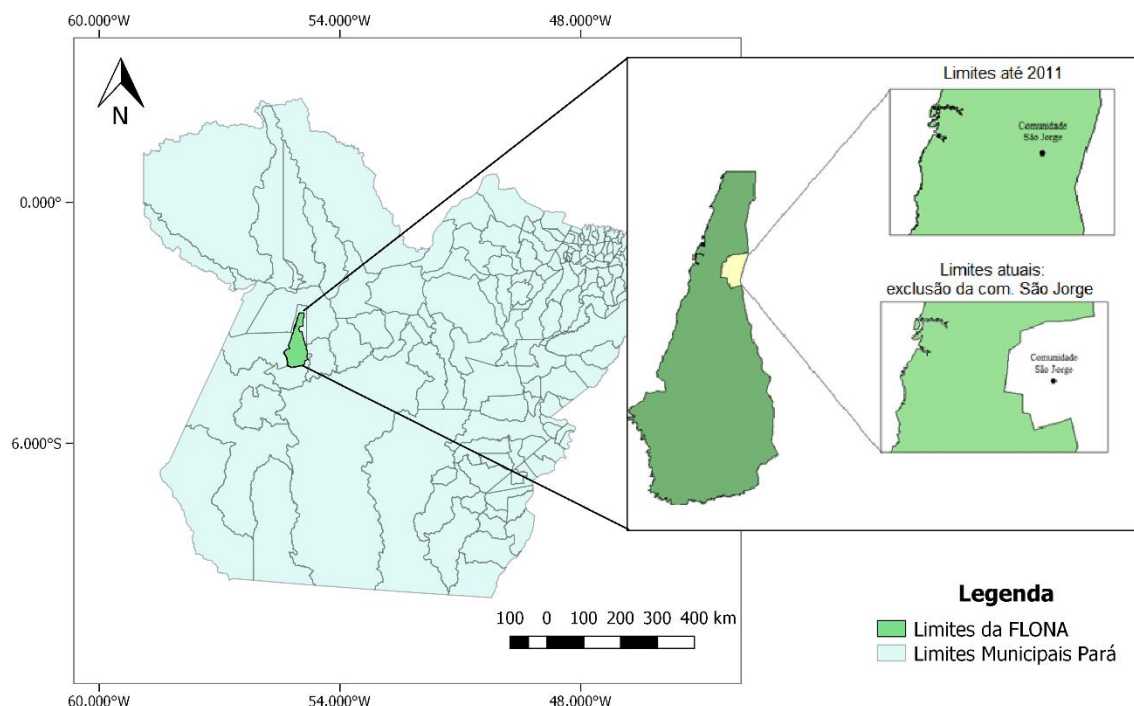


Figura 1. Localização e alteração dos limites da FLONA do Tapajós.

De acordo com o levantamento realizado por Dal' Asta et al. (2013) até o ano de 2011 a população da Comunidade de São Jorge era composta de aproximadamente 3.000 habitantes. Seus residentes são resultantes da miscigenação do povo indígena Tapajó, com migrantes nordestinos, atraídos pela oportunidade de trabalho na extração de látex (CROMBERG e GRECO, 2008) e atualmente, desenvolvem suas atividades econômicas baseadas principalmente na agricultura de subsistência e o extrativismo vegetal (ARAGÃO, 2004).

2.2 Base de Dados

As principais etapas metodológicas adotadas neste trabalho estão sintetizadas em forma de fluxograma, conforme apresentado na Figura 2:

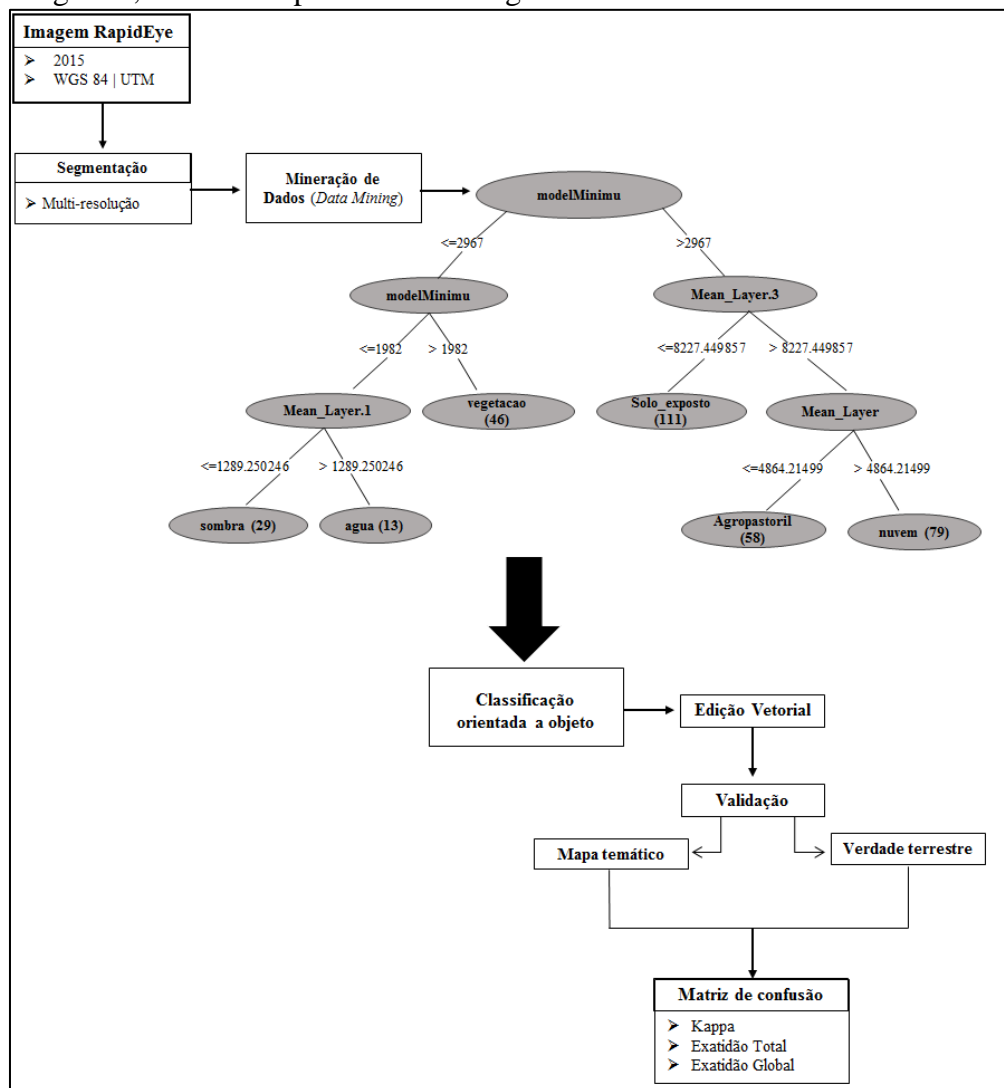


Figura 2. Processamento de dados adotados para o mapeamento de uso e cobertura da terra da Comunidade São Jorge

Para realizar o mapeamento de uso e cobertura da terra, foi utilizado uma imagem multispectral do sistema sensor RapidEye com resolução espacial de 5 metros, obtida no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais já corrigida geométrica e radiometricamente.

Para o recobrimento da área de estudo foi utilizada imagem de órbita-ponto 24/376 adquirida em 17 de julho de 2015. Em seguida, aplicou-se uma composição falsa cor RGB (4,

5, 3) e uma equalização do histograma através do método Standard Deviation 3.00, parâmetro este implantado no programa Ecognition com o objetivo de auxiliar na identificação e extração de informações dos alvos durante a escolha das amostras que melhor representam as classes definidas.

Os limites da FLONA foram extraídos a partir do banco de dados online do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBIO, 2016) e o *software* Quantum Gis (QGis) foi utilizado para a extração do polígono de interesse.

Para o tratamento dos dados foi adotado o método híbrido sendo a primeira fase do processamento a realização da segmentação e classificação orientada a objetos. Os procedimentos foram executados nos *softwares* eCognition Developer e Weka, respectivamente. Posteriormente, na segunda etapa, com o objetivo de melhorar a precisão e exatidão da classificação, foi realizado a edição vetorial no *software* QGis, que resultou como produto final, o mapa temático de uso e cobertura da terra.

2.3. Segmentação Multi-Resolução

O processo de segmentação da imagem consiste em identificar regiões “homogêneas” (similares) que apresentam características locais aproximadamente constantes em toda a sua extensão baseados em determinados atributos, cujo resultado final é uma imagem rotulada.

O algoritmo “multi-resolução” (Baatz e Sharpe, 2000) foi o adotado para a segmentação da imagem RapidEye no *software* eCognition. Os valores dos parâmetros de segmentação selecionados foram: escala: 375; forma: 0,0 e compacidade: 0,0 e para todas as bandas foi atribuído peso 1. Ressalta-se que os parâmetros supracitados foram estabelecidos após aplicação de diversos testes empíricos e na combinação de diferentes parâmetros e valores arbitrariamente definidos com a finalidade de se obter os resultados mais próximos aos dados observados na imagem original.

2.4 Mineração de Dados e Classificação

Com o intuito de extrair informações e detectar padrões de mudanças em um grande conjunto de dados similares (heterogêneos), aplicou-se o método não paramétrico de mineração de dados (*Data Mining*).

O algoritmo utilizado para o treinamento e a realização da classificação foi o J48, proposto por Quinlan (1993), que consiste na montagem de uma árvore de decisão baseada em um conjunto de dados de treinamento, tornando assim, possível identificar quais são os parâmetros que resultarão na melhor resposta da classificação. Com isso, o algoritmo utiliza-se de uma abordagem diferenciada, onde os critérios de decisão são decompostos com a finalidade de se obter variáveis mais simples, dividindo o espaço de atributos em subespaços e associando a estes uma classe (WITTEN e FRANK, 2005).

Os parâmetros adotados pelo algoritmo foram a moda e a média da resposta espectral dos pixels na imagem (Figura 2), atributos estes que foram considerados pelo J48 como os melhores valores para a ramificação da árvore de decisão.

Para o treinamento do algoritmo de classificação foram selecionados cerca de 60 segmentos correspondentes a cada classe temática, tendo como critério de seleção a interpretação visual, estabelecendo como classes os alvos possíveis de serem detectados e interpretados na imagem.

As classes consideradas no mapeamento de uso e cobertura da terra abrangeram fitofisionomias da floresta amazônica; solo exposto, que compreende solos preparados para o cultivo agrícola e áreas degradadas; sistemas agropastoris, constituído por áreas de cultivo, pasto limpo e pasto sujo; corpos d’água, nuvem e sombra de nuvem.

A etapa posterior consistiu na classificação orientada a objetos. Esse método considera os agrupamentos de pixels semelhantes em um espaço de atributos, sendo estes

determinados pelo operador especificamente para o objeto de análise, e por esse motivo, geralmente apresentam melhores resultados.

O tratamento dos dados foi realizado em linguagem R e os procedimentos de mineração de dados, treinamento e classificação foram realizados no *software* Weka.

2.5. Edição Vetorial

De maneira geral, os métodos aplicados para classificação de imagem, por mais precisa e cuidadosa seja a escolha do algoritmo a fim de atender à necessidade do usuário, possuem erros embutidos no processamento por consequência de semelhança espectrais entre classes de uso e ocupação da terra. Com isso, para melhorar a exatidão dos resultados obtidos foi aplicada a Edição Vetorial no mapa temático resultante da classificação orientada a objetos como forma de compensar a correção desses erros.

O processo de edição por vetores consistiu no ajuste dos polígonos através da interpretação visual da imagem, com o auxílio de chaves de interpretação baseadas em elementos da imagem, tais como, tonalidade, cor, textura, tamanho e forma, para correção de possíveis erros de omissão e comissão entre as classes analisadas.

2.6. Validação dos Resultados

Para validar os resultados obtidos no mapeamento temático, utilizou-se 110 pontos coletados em trabalho de campo realizado na área de estudo, no qual não foram consultados durante a fase de edição vetorial. Esses pontos contemplaram todas as classes temáticas e foram distribuídos de forma aleatória.

A comparação entre os dados de referência conhecidos (verdade terrestre) e o produto final gerado (mapa temático), resultou em uma matriz de confusão que serviu para calcular o Índice Kappa, exatidão global e os erros de omissão e comissão (Tabela 2).

Tabela 2. Matriz de confusão

Classificação		Agropastoril	Vegetação	Solo Exposto	Nuvem	Mancha Urbana	Água	Sombra	Total	Erro de Comissão (%)
	Agropastoril	38							38	0
	Vegetação	1	42		1				44	0.04
	Solo Exposto	2		5	1	2			10	0.5
	Nuvem				3	1			4	0.25
	Mancha Urbana					3			3	0
	Água						3	1	4	0.25
	Sombra		2				2	3	7	0.57
	Total	41	44	5	5	6	5	4	110	
	Erro de Omissão (%)	0.07	0.04	0	0.4	0.5	0.4	0.25		0.12

Kappa: 0.83 - Exatidão Global: 0.88

3. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos a partir da matriz de confusão permitem observar que o erro total foi de 0,12 e é considerado muito bom, uma vez que um erro expressivo corresponde a um valor próximo ou igual a 1 (Batista et al., 2010). A exatidão global do mapa temático foi de 88% e o índice Kappa apresentou um valor de 0,83, mostrando-se satisfatório, ao compará-lo com os valores de referência recomendado pela “escala de importância” adotado por Landis e Koch (1977), sendo valores de Índice Kappa entre 0,81 a 1,0 considerados excelentes.

Houve confusões de algumas classes, principalmente entre as classes “água” e “sombra”; “mancha urbana”, “solo exposto” e “nuvem”, pois esses alvos apresentam comportamentos

espectrais muito parecidos, consequentemente causando confusões durante o processo de classificação.

A partir do mapeamento de uso e cobertura da terra na comunidade de São Jorge (Figura 3) foi possível analisar e quantificar os diferentes usos e coberturas presentes na área de estudo (Tabela 3).

Tabela 3. Áreas identificadas no mapeamento de uso e cobertura da terra na Comunidade de São Jorge

Uso e Cobertura	Área Total (ha)	Porcentagem (%)
Vegetação	7.662,29	60,6
Agropastoril	3.585,19	28,4
Solo exposto	553,89	4,4
Mancha urbana	45,25	0,4
Água	45,93	0,4
Total	11.892,55	94,2

Os elementos nuvem e sombra presentes na Imagem RapidEye e identificados na classificação de uso e cobertura da terra, correspondem a uma área de 474,51 ha (3,7%) e 270,16 ha (2,1%) respectivamente.

É possível observar no mapa (Figura 3) que a classe vegetação, localizada principalmente na porção oeste, ocupa a maior área dentro da Comunidade, representando 60,6% da área total (Tabela 3), o que pode ser explicado pelo fato da área ter pertencido a unidade de conservação até o ano de 2012. Outra classe também representativa na área é a agropastoril com 28,4%. Sua predominância é discutida Richards e VanWey (2015) e Becker (2013), onde questionam o crescente interesse do mercado internacional na produção de commodities como um fator de remodelação do espaço rural.

A significativa participação da classe agropastoril aponta para uma nova vertente de análise do processo de ocupação do território e mudança do uso do solo na Amazônia, onde o interesse na produção de grãos e extração de minério, negociados no mercado internacional, impulsionam a um padrão de ocupação, em que os residentes locais buscam capturar os bens e recursos de valor econômico agregado antes de serem extraídos da região (RICHARDS e VANWEY, 2015). A partir dessa discussão dos autores, avalia-se as formas do crescimento das cidades na Amazônia, que se concentra em áreas onde as populações têm acesso aos produtos e corredores de exportação, apresentando desta forma um padrão de ocupação na região gerado por consequência das pressões econômicas sofridas nas últimas décadas, que podem significar uma ameaça a biodiversidade da floresta nativa. As áreas de pasto e agricultura impõem uma paisagem monocromática que afeta direta e indiretamente a saúde da vegetação florestal através do efeito de borda, que submete o ambiente a novas condições de luz, temperatura, umidade e vento que altera a composição de espécies numa faixa de até 35 m (RODRIGUES, 1998), caracterizando a classe como uma possível ameaça as condições de saúde e biodiversidade na FLONA.

A classe solo exposto representa 4,4% da área, e é constituída principalmente por solos arados ou gradeados, no qual estão sendo preparados para o plantio dos cultivos sazonais. Outra classe temática mapeada é a mancha urbana, que ocupa aproximadamente 0,4%,

considerada a menor porção em termo espacial, por apresentar um pequeno núcleo urbano na área de estudo.

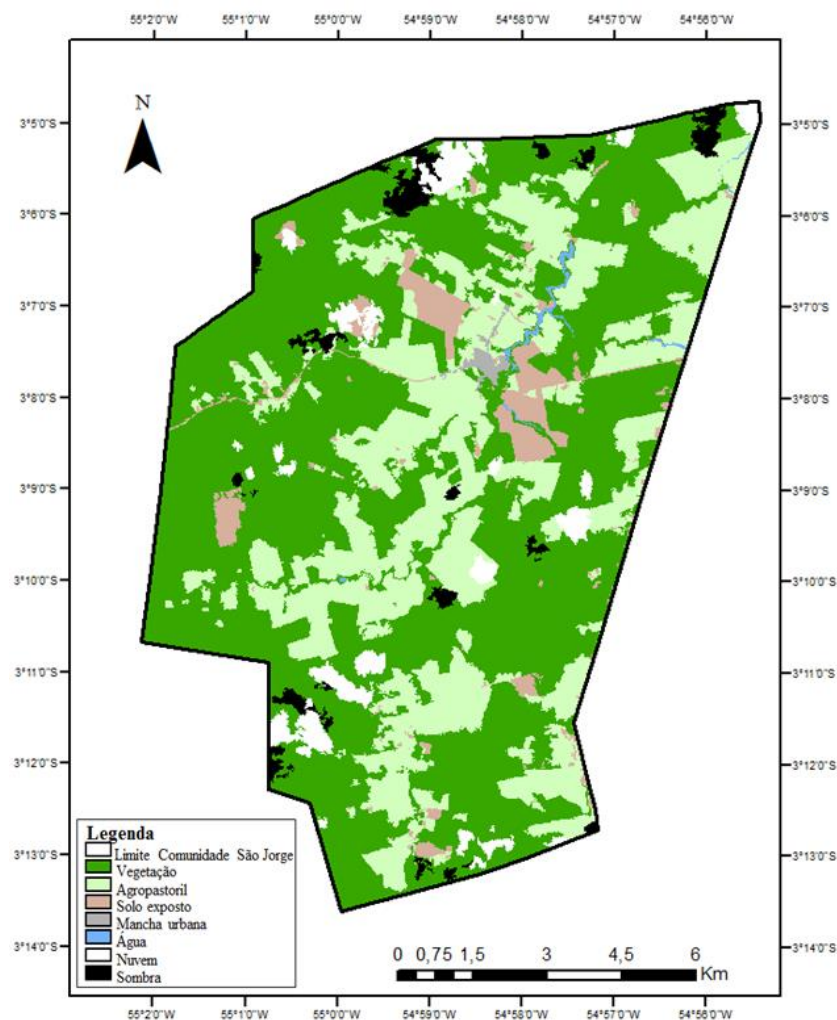


Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra da Comunidade São Jorge.

4.Considerações finais

Os dados providos pelos sistemas sensores de alta resolução apresentam maior detalhe e associados com a utilização de novas técnicas de processamento digital de imagens, como por exemplo, a classificação orientada a objetos se mostrou eficiente, pois se considera além dos atributos espectrais as relações espaciais existentes entre os pixels.

O mapeamento de uso e cobertura da terra da Comunidade de São Jorge apresentou um bom resultado, com um índice de exatidão de 88% e um valor de 0,83 no Índice Kappa.

A classe agropastoril foi identificada como a classe de maior participação na composição da cobertura da terra na comunidade São Jorge. No entanto, suas condições de expansão devem ser monitoradas a fim de prevenir possíveis impactos na cobertura florestal da FLONA.

Agradecimentos

À Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por ceder a infraestrutura necessária à elaboração deste trabalho.

Referências

- Aragão, L. E. O. C. **Modelagem dos padrões temporal e espacial da produtividade primária bruta na região do tapajós: uma análise multi-escala.** 283 p. Tese (Doutorado) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004-06-01 2004. Disponível em <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/07.14.13.33>>. Acesso em: 09.out.2016.
- Batz, M.; Schäpe, A. Multiresolution segmentation - An optimization approach for high quality multiscale image segmentation, 2000. Acesso em: 01 nov. 2016.
- Blaschke, T.; Lang, S.; G. J. Object-Based Image Analysis: Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications. p. 817, 2008.
- Becker, B. K. **A Urbe Amazônica.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.
- Cromberg, M.; Greco, T. M. Estratégias de Adaptação das comunidades na Floresta Nacional do Tapajós. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. 19p.
- Dal' Asta, A. P.; Gavlak, A. A.; Escada, M. I. S.; Brigatti, N.; Amaral, S. Núcleos de ocupação humana e usos da terra entre Santarém e Novo Progresso, ao longo da BR-163 (PA). Disponível em: <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/03>. Acesso em: 09.out.2016.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Snyder, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, p. 570–574, 2005
- Guerra, J.B.; Mura J.C.; Freitas, C.C. Discriminação de incrementos de desflorestamento na Amazônia com dados SAR R99B em banda L. ACTA Amazônica, vol. 40 (3) 2010: 557-566.
- ICMBIO. Geoprocessamento. Limites das Unidades de Conservação. Disponível em (<http://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos>). Acesso em 05 de outubro de 2016.
- Landis, J.R.; Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, p.159-174, 1977.
- Ministério do Meio Ambiente: Florestas do Brasil em resumo. Serviço Florestal Brasileiro. – Brasília: SFB, 2010. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/arquivos/livro_de_bolso.pdf. Acesso em 01 nov.2016.
- Pielke, R. A. Land Use and Climate Change, **Science**, v. 310, n. 5754, p. 1625-1626, 2005.
- Quinlan, J. R.; C4.5: Programs for machine learning. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1993
- Ribeiro, S. R. A; Santos, D. R.; Centeno, J. S. Aplicação da Metodologia de Dados Orientado a Objeto na Classificação de uma Área Urbanizada, Utilizando uma Imagem Digital Obtida por Meio da Tecnologia do Laser Scanner. Presidente Prudente, jul. 2002. Anais: Presidente Prudente: UNESP – Simpósio Brasileiro de Geomática, 2002. p. 144-149.
- Rodrigues, E. Edge effects on the regeneration of forest fragments in North Paraná. Tese de Ph.D. Harvard University, 1998.
- Richards, P.; Vanwey, L. **Where Deforestation Leads to Urbanization: How Resource Extraction Is Leading to Urban Growth in the Brazilian Amazon.** Annals of the Association of American Geographers. University of California. San Diego, 2015.
- Tribunal de Contas da União: Relatório de Auditoria, 2008. Disponível em: <https://contas.tcu.gov.br/juris/>. Acesso em: 18.out.2016.
- Verona, J.D; Shimabukuro, Y.E.; Smith J.A. (2005) Classificação da cobertura vegetal da região norte da FLONA do Tapajós utilizando a segmentação de imagens-fração. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 1685-1689.
- Witten, I. H; Frank, E. Data mining: practical machine learning tools and techniques. 2 ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.