

## Identificação de áreas edificadas e núcleos urbanos na região Amazônica utilizando dados do sensor Landsat-TM5

Newton Brigatti<sup>1</sup>  
Ana Paula Dal'Asta<sup>1</sup>  
Silvana Amaral<sup>1</sup>  
Maria Isabel Sobral Escada<sup>1</sup>  
André Augusto Gavlak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{brigatti, anapdalasta, silvana, isabel, gavlak}@dpi.inpe.br

**Abstract.** Mapping human presence and its activity, expressed by urbanized or built areas, is elementary to study the territory dynamic and evolution, especially when concerning scenarios for sustainable development for the Amazonian region. In the scope of projeto “Cenários”, this work describes a remote sensing approach based on medium resolution imagery to identify and to map urbanized areas in the west of Pará, Brazil. Landsat TM5 images from BR-163 Distrito Florestal Sustentável area were first geocoded. From empirical tests, the TM5 - TM4 band subtraction showed to improve built up area distinction for the study site. Then a 3x3 average filtering was applied to smooth the image, avoiding single pixel detection and classification. After this pre-processing, the images were segmented using a region growing approach and classified using Bhattacharya distance. Finally, the automatic classification was scrutinized and whenever necessary, visual interpretation and manual edition performed. The result mapping was verified in the field, where classification features and limits were evaluated. Map limitations and accomplishments were described, also presenting a summary of urbanized nuclei types identified from remote sensing and validated at fieldwork. The same methodological procedure can be used to map other areas of human presence and activities, providing useful information about the occupation of Amazonian territory.

**Abstract:** remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

### 1. Introdução

A região Amazônica tem sido alvo de estudos diversos nas últimas décadas, haja vista sua importância em termos de biodiversidade, o papel que desempenha no sistema climático em diversas escalas, o rol de atividades econômicas exploradas e potenciais e a riqueza cultural de suas populações (Pandolfo, 1994; Becker, 1995; Escada, 2003; Becker, 2004).

Por sua extensão territorial e pelas características do processo histórico de uso e ocupação, os dados provenientes do sensoriamento remoto configuram-se como um recurso eficiente para a obtenção de informações sobre a paisagem deste território. As técnicas de classificação automática e semi-automática de imagens provenientes de sensores orbitais permitem ampliar e acelerar o processo de aquisição de informações, favorecendo a realização de análises diversas por meio da integração de dados provenientes de diversas fontes, socioeconômicos e ambientais (Correia et al, 2007).

Os satélites da série Landsat são uma importante ferramenta para obtenção de dados, pois proporcionam repetitividade, visão sinótica e cobertura de extensas áreas. Em um primeiro momento, o uso das imagens MSS Landsat 1, 2, e 3 (resolução espacial de 80m) direcionou-se basicamente para estudos de crescimento da mancha urbana devido à limitação da resolução espacial e espectral dessas imagens. Devido a estas limitações, as áreas de solo exposto preparadas para agricultura, ou áreas de mineração localizadas na franja rural-urbana, eram classificadas em sua maioria como urbana aumentando os erros de inclusão nos mapeamentos (Alves et al, 2005).

Com o avanço tecnológico no desenvolvimento de novos sensores como o Landsat-TM5, tem-se uma melhoria da resolução espacial, radiométrica e espectral dos dados, permitindo o surgimento de novas possibilidades de uso de imagens orbitais para estudo urbano, tanto para

mapeamento e identificação de áreas urbanizadas (Pereira et al, 2005; Alves et al, 2009), quanto para avaliação da expansão urbana (Chen et al., 2000; Karaburun et al., 2010).

O Brasil possui uma enorme extensão territorial e apresenta grande diversidade de áreas urbanizadas no que diz respeito às suas representações espaciais e dinâmicas de formação socioeconômicas e ambientais. Apesar dessa grande diversidade, não existem muitos dados disponíveis para as áreas urbanas, que possam ser utilizados em estudos comparativos, principalmente para a região da Amazônia (Miranda et al, 2005).

A identificação das áreas edificadas e urbanizadas através de imagens de sensoriamento remoto contribui para observar a dinâmica e evolução dos agrupamentos urbanos, elemento importante que se relaciona com os processos de mudanças de uso e cobertura da terra na região Amazônica, principalmente as mudanças relacionadas com a intensa conversão da floresta.

Este trabalho descreve o potencial de imagens de média resolução para identificar áreas urbanizadas e edificadas na região Amazônica, mais especificamente na área do Distrito Florestal Sustentável da BR-163, no estado do Pará. Neste trabalho, considera-se como núcleo urbanizado, todo agrupamento populacional que forneça algum serviço, como escola e posto de saúde. É proposto um procedimento metodológico mais adequado para o mapeamento dessas áreas, e como resultado, são apresentadas e discutidas as limitações face aos dados levantados em trabalho de campo. Este trabalho é parte das atividades do Projeto Cenários para a Amazônia que pesquisa as relações entre o processo de urbanização e as consequências sobre as atividades de desmatamento da floresta.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Área de Estudo

A área de estudo considerada neste trabalho corresponde ao Distrito Florestal Sustentável da BR-163, no estado do Pará. O DFS/BR-163 abrange uma área de 190 mil km<sup>2</sup>, distribuídos pelos municípios de Altamira, Santarém, Placas, Rurópolis, Belterra, Itaituba, Juruti, Prainha, Óbidos, Novo Progresso, Trairão e Jacareacanga (Figura 1).

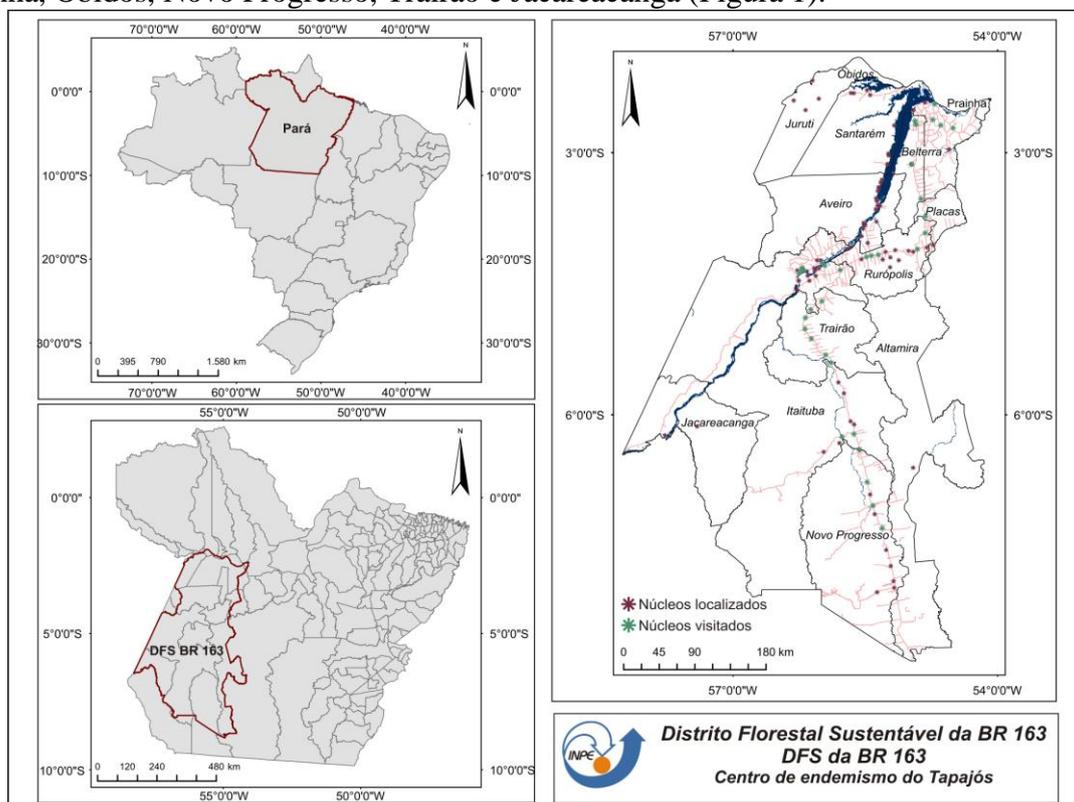


Figura 1. Localização do Distrito Florestal Sustentável da BR 163.

Criado em fevereiro de 2006, o DFS da BR 163 foi o primeiro Distrito Florestal Sustentável estabelecido no Brasil (MMA, 2006). Ao longo de sua extensão, processos distintos e complexos estão envolvidos na dinâmica de ocupação e evolução da região como um todo.

### 2.3. Metodologia

Para a identificação das áreas edificadas, adotou-se como procedimento a classificação digital de imagens Landsat-TM5, seguido de edição manual baseada em dados de campo, conforme ilustrado no esquema geral da Figura 2. Este procedimento metodológico foi realizado com os sistemas SPRING 5.1.5, onde foi realizado o registro, correções, processamento digital e classificação das imagens, e o Arcgis 9.3, para o ajuste dos polígonos gerados a partir da classificação automática.

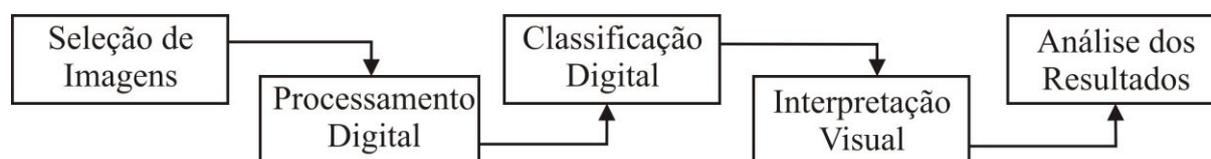


Figura 2. Procedimento metodológico

Imagens do Sensor Landsat-TM5 (Tabela 1), bandas TM3 (vermelho), TM4 (infravermelho próximo) e TM5 (infravermelho médio) foram obtidas a partir do banco de dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite – PRODES (INPE, 2010), para o ano de 2008 e 2009. Em virtude do PRODES operar em uma escala de tempo anual para propósitos do cálculo das taxas anuais de desmatamento, nem sempre as imagens selecionadas em determinados anos apresentam boa qualidade em termos da proporção de cobertura de nuvens, podendo, eventualmente, serem encontradas imagens com menor cobertura de nuvens em anos anteriores ou posteriores. Nestes casos, foram escolhidas imagens do catálogo da Divisão de Geração de Imagens (DGI) (INPE, 2010), com menor cobertura de nuvens, sobre as quais procedeu-se com o registro e correção do sistema de novas imagens, tendo como referência as imagens do banco de dados do PRODES.

Tabela 1. Imagens Landsat-TM5 utilizadas.

Órbita/ponto	Data	Órbita/ponto	Data
227/62 **	12/07/2009	228/62**	16/07/2008
227/63*	12/07/2009	228/63*	16/07/2008
227/64*	12/07/2009	228/64*	16/07/2008
227/65**	12/07/2009	229/64*	11/08/2009

\* Imagens PRODES

\*\* Imagens DGI-registradas

O processamento digital das imagens (Figura 3) consistiu na operação aritmética de subtração da banda TM5 pela TM4, com o objetivo de realçar as diferenças entre as áreas vegetadas e as de solo exposto e com presença de edificações. Essas bandas foram escolhidas após a análise de diversos artigos que versavam sobre sua aplicabilidade nos estudos de uso do solo e expansão urbana (Coutinho, 1999; Câmara et al, 2006; Correia et al, 2007 e Boschini et al, 2008). Posteriormente, foi utilizado um filtro de média, com máscara 3x3, com o objetivo de eliminar pixels isolados e facilitar a segmentação a ser realizada.

A segmentação das imagens foi utilizada para a individualização de regiões adjacentes e com características espectrais semelhantes. O limiar de similaridade e área, a ser definido pelo operador, tem o objetivo de definir, respectivamente, o valor mínimo para que duas regiões

sejam consideradas espectralmente similares e a área mínima necessária, em pixels, para que uma região seja individualizada (Bins et al, 1996). Os valores de similaridade (80) e área (800) foram definidos após testes empíricos, considerando as características da região e principalmente a localização das vias de circulação.

Definidas as regiões após a segmentação, foi realizada a classificação supervisionada, com a indicação de amostras para treinamento, identificando as características das áreas edificadas encontradas. O classificador utilizado foi o Bhattacharya -que utiliza amostras de alguns segmentos para treinar o classificador, calculando a média e a matriz de covariância de cada classe (Kailath, 1967).

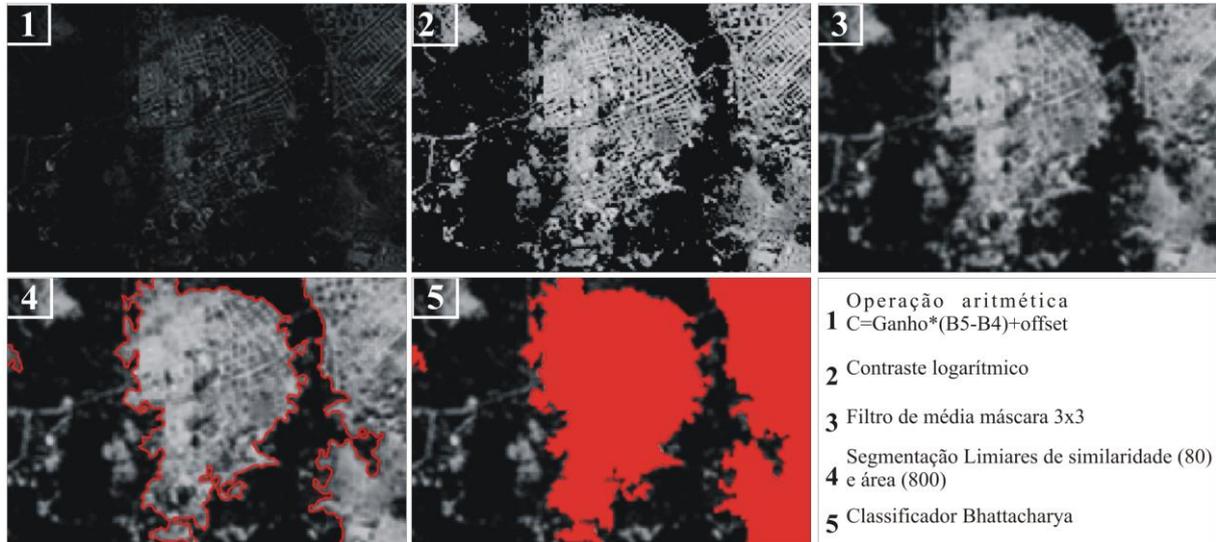


Figura 3. Etapas do processamento digital e classificação das imagens.

Por terem respostas espectrais muito próximas, é comum alguma confusão entre as classes “solo exposto” e “área edificada”. Essa confusão foi corrigida através da interpretação visual, que se mostrou imprescindível no processo de extração das feições, como exemplificado na Figura 4. Como subsídios à esta edição foram utilizadas informações de fontes secundárias tais como, dados vetoriais de rodovias, hidrografia, localidades (IBAMA, 2010) e a Malha Municipal do Brasil (IBGE, 2007).

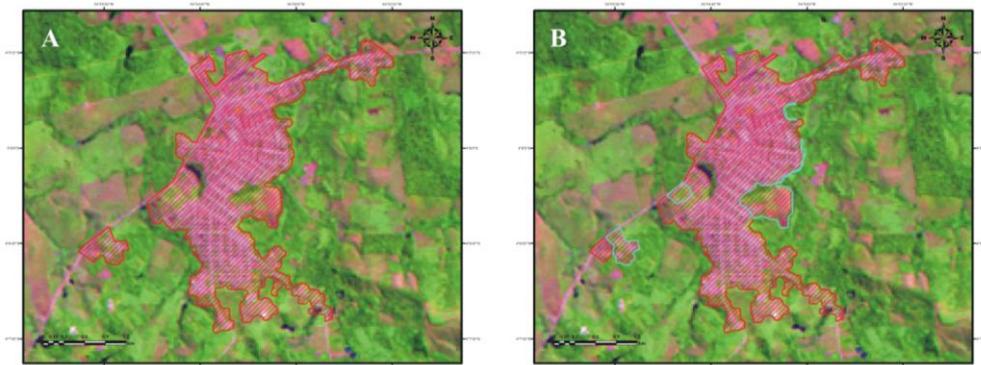


Figura 4. Exemplo do resultado da classificação digital (A) e após a edição manual (B). As linhas em cyan representam as alterações feitas manualmente.

Após a individualização das áreas edificadas, validou-se a classificação através de dados de campo, onde foram observados e registrados os limites das áreas definidas como urbanizadas e possíveis áreas de confusão. Na apresentação dos resultados é feita uma análise qualitativa dos resultados da classificação das imagens, comparando-os às estruturas e feições urbanas dos núcleos de ocupação humana visitados em campo.

### 3. Resultados

Como resultado da classificação das imagens, obteve-se a identificação e a delimitação dos núcleos urbanizados de diferentes dimensões, inclusive de pequenas comunidades no DFS da BR 163, conforme síntese apresentada na tabela 2.

Tabela 02. Principais resultados da classificação e percentual de verificação/confirmação em campo.

Tipo setor*	Nº de objetos classificados	Nº de objetos verificados	Área mínima classificada (km <sup>2</sup> )	Área máxima classificada (km <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )	Área total (km <sup>2</sup> )	% visitado	% confirmado
área urbanizada	18	10	0.09	50.46	139212200,3	139,2	55.56	100.00
aglomerdo rural	16	13	0.09	3.90	89010458,2	89,0	81.25	100.00
zona rural	95	38	0.05	2.37	89528250,2	89,5	40.00	60,53
outros tipos	4	1	0.11	0.38	772229,4	0,8	25.00	100.00
Total	133	62	-	-	318523138,1	318,5	46.62	75,81

\* Setores definidos conforme a classificação do IBGE de acordo com a tabela "Códigos de Situação e Tipo do Setor", que acompanha o arquivo "Malha Municipal do Brasil" (IBGE, 2007).

De acordo com a Tabela 2, das áreas classificadas e checadas em campo observa-se que aproximadamente 40% daquelas mapeadas dentro de setores rurais não foram confirmadas como sendo núcleos urbanos. Do total de áreas não confirmadas (15), uma refere-se a solo exposto decorrente de atividade erosiva e todas as outras têm ligação direta com a presença de infra-estrutura para desenvolvimento de atividades humanas como: madeireiras (5), sede de fazendas (4), pistas de pouso (2), sede campal de comunidade (1), planta industrial (1) e frigorífico (1). Estas áreas são indicações importantes do desenvolvimento de atividades econômicas e/ou da presença de novos vetores de expansão.

Em virtude da acurácia da classificação digital, foi possível identificar áreas edificadas dentro de setores rurais, a priori tidos como homogêneos (figura 5). A definição desses núcleos urbanos é extremamente importante, principalmente quando se pretende considerar a dinâmica regional e as relações entre os nós da rede urbana.

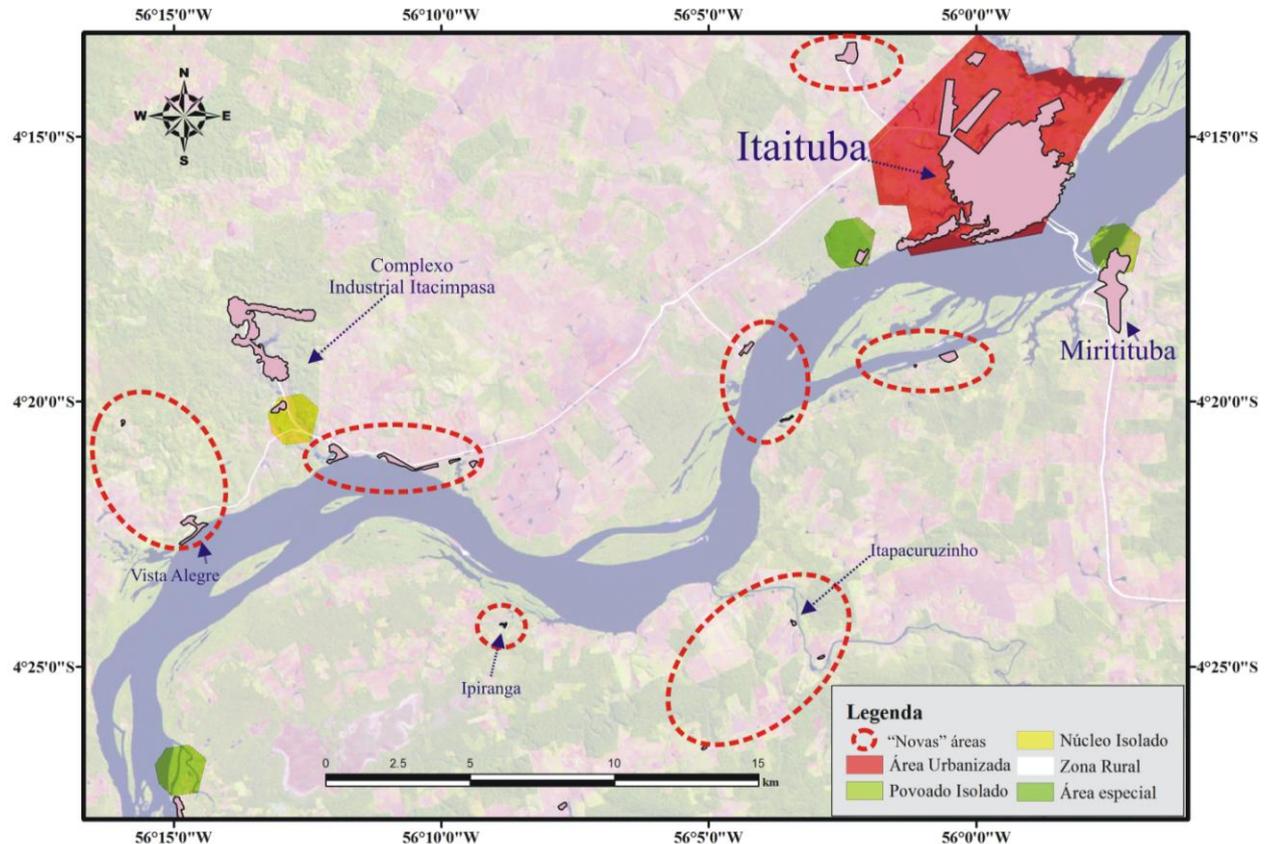


Figura 5 – Identificação de núcleos urbanizados através da classificação digital e os setores definidos pelo IBGE.

De modo geral, a classificação automática teve um bom desempenho na delimitação das áreas urbanizadas, principalmente no que diz respeito aos limites mais tênues, ou seja, aqueles onde coexistem usos do solo ligados a estrutura urbana e atividades agropecuárias de pequena escala. Estas áreas de ocupação, não estritamente urbanas, se caracterizam por terem baixa densidade de edificações, com presença de lotes vagos, alto grau de arborização e movimentação constante de solo. Muitas vezes, áreas de ocupação são um indicativo de novos vetores de expansão, onde já se tem definido o arruamento, mesmo que precário, com áreas de ocupação mais recente, localizados na periferia das parcelas de maior adensamento

A figura 6 ilustra esta situação de vetores de expansão, apresentando como exemplo a área urbana de Santarém, onde as principais vias de acesso moldam atualmente a forma da expansão urbana. No entorno destas vias a ocupação mais recente é em geral pouco estruturada, sendo que, na porção sudeste classificada como área urbana é definida pelo IBGE (2007) como povoado de setor rural.

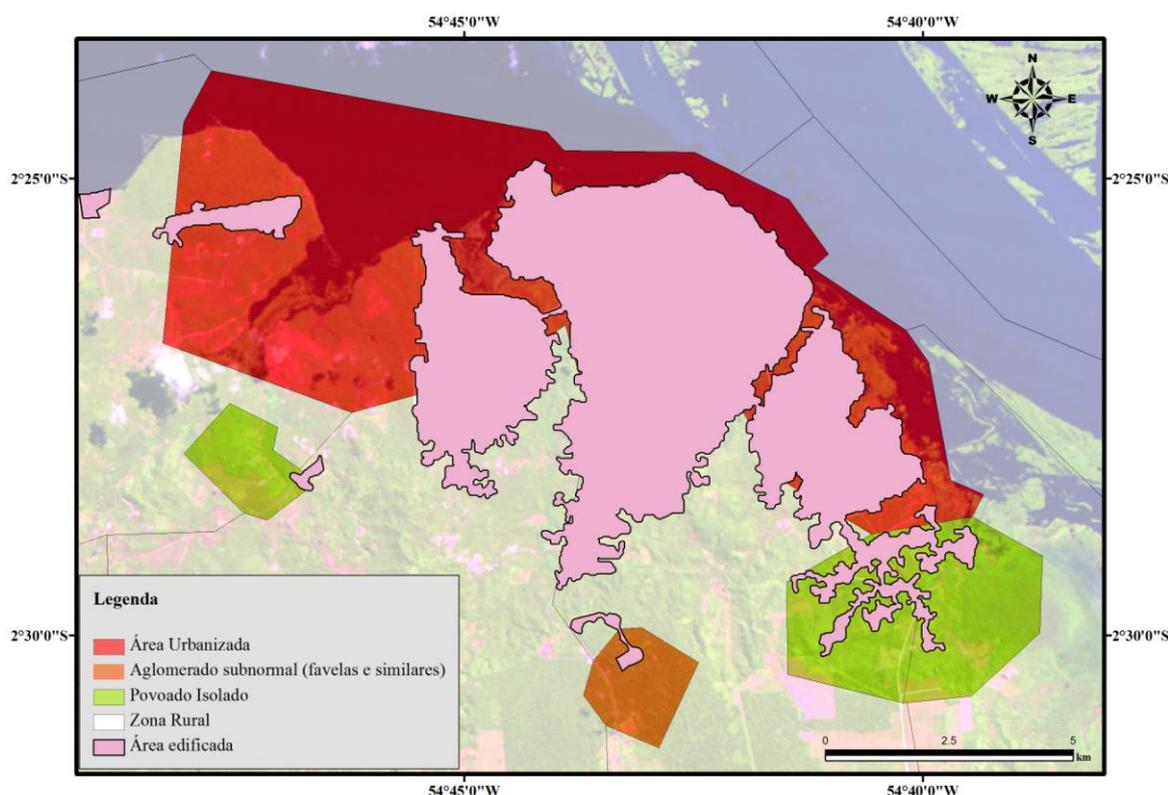


Figura 6. Área definida como urbanizada pela classificação digital e os setores censitários propostos pelo IBGE.

Além dos núcleos urbanizados comuns na região (figura 7-A, B e D), foram identificadas particularidades como os núcleos relacionados a atividades industriais. Vilas inteiras construídas para abrigar quadro de funcionários, com padrão construtivo e locacional totalmente diverso do encontrado na região, como a Vila Itacimpasa I e II ilustrada na figura 7-C. Sobrepondo as informações da malha municipal do IBGE à classificação, constatou-se que estas áreas eram definidas como um aglomerado rural isolado ou núcleo, no entanto, sem informações qualitativas do local. Sua verdadeira função pôde ser constatada apenas na verificação de campo, colaborando para o refinamento da interpretação visual e qualificação da feição identificada.

Ainda decorrente da classificação, algumas atividades relacionadas à presença humana, mas não aos núcleos populacionais foram identificados como, áreas de mineração, madeiras (Figura 7-F), áreas militares e empreendimentos hoteleiros.

Cabe salientar que, embora a classificação identificasse satisfatoriamente núcleos urbanizados de pequeno porte próximos às rodovias, o mesmo não aconteceu para muitas comunidades ribeirinhas. Isto se deve ao fato destas comunidades apresentarem ocupação esparsa, com construções baixas entremeadas com vegetação de grande porte, conforme ilustra a figura 7- G e H.

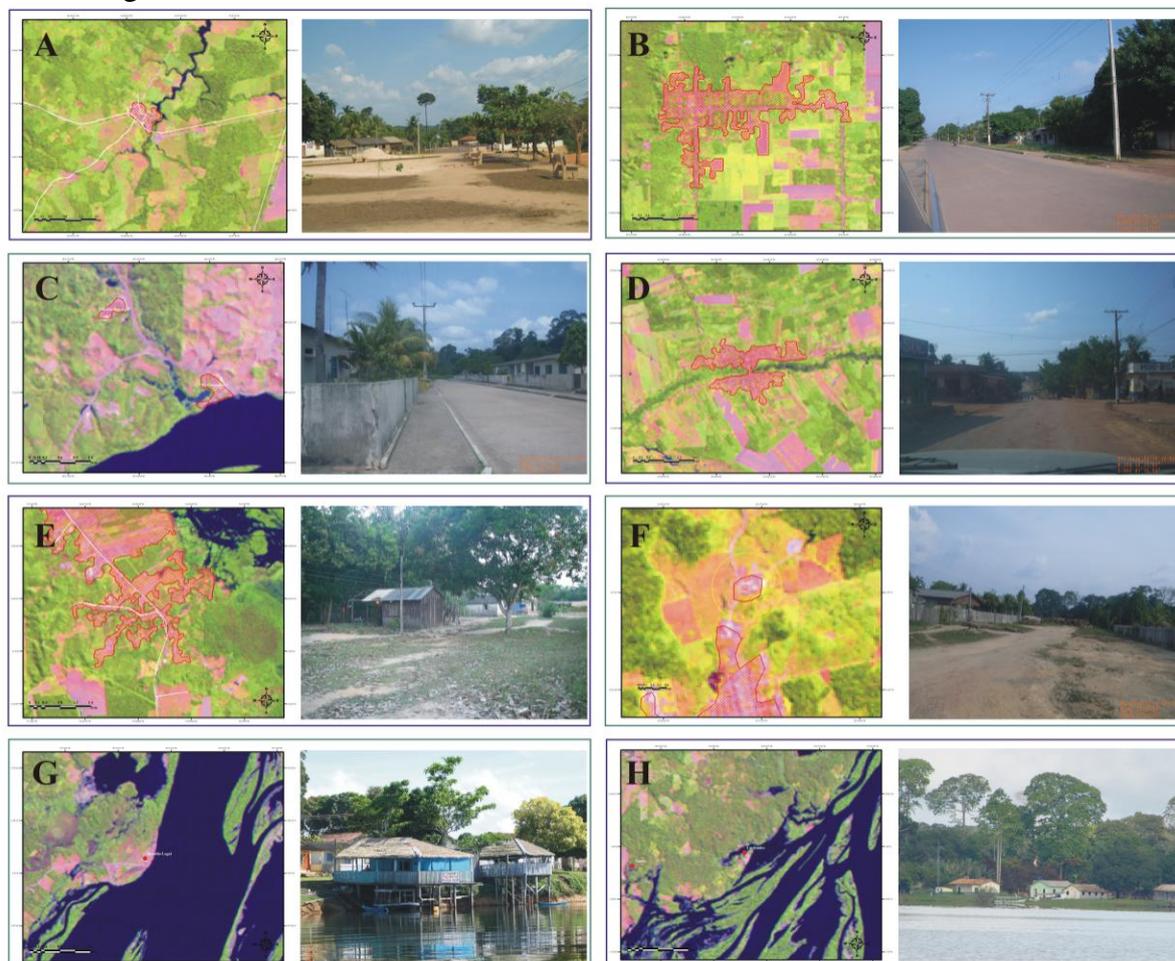


Figura 7. Diferentes tipos de núcleos urbanizados identificados por meio da classificação digital: A – Comunidade de São Jorge; B - Belterra; C – Vila Itacimpa I e II; D – Distrito de Mojuí dos Campos; E – Área de expansão em Santarém; F – Madeireira (Moraes Almeida); G – Distrito de Brasília Legal; H – Comunidade de Curitibabó.

#### 4. Considerações Finais

Em virtude do fenômeno urbano na Amazônia apresentar características peculiares, não apresentando grandes extensões metropolitanas e ou áreas densamente edificadas, a proposta metodológica apresentada neste trabalho buscou adaptar-se às condições regionais, divergindo dos procedimentos tradicionais para mapeamento de áreas edificadas.

Como mostraram os resultados, a metodologia empregada mostrou-se eficiente na definição das áreas edificadas, possibilitando a individualização de nucleamentos urbanos de diferentes dimensões, inclusive pequenas comunidades.

Ressalta-se que, em locais onde a ocupação urbana se mistura com elementos rurais ou em áreas de mineração próximas aos núcleos, a classificação apresentou algumas confusões, exigindo um maior controle durante a interpretação visual e edição vetorial.

Destarte essas questões, a metodologia mostrou-se válida, com possibilidade inclusive, de identificar novas áreas de expansão e surgimento de áreas mais dinâmicas no que diz respeito

ao surgimento de novos núcleos e aglomerações, bem como atividades econômicas de maior porte.

Desta forma, a abordagem mostra-se útil, podendo ser expandida para o mapeamento de outras áreas de ocupação humana na Amazônia, considerando seu histórico e características de formação e colaborando no entendimento dos processos de ocupação na região.

## 5. Referências bibliográficas

Alves, C. D.; Pereira, M. N.; Florenzano, T. G.; Souza, Í. M. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens landsat. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, p. 120-141, 2009. DOAJ Directory of Open Access Journals Free. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano de Ação 2006-2007: Grupo de trabalho interinstitucional do Distrito Florestal da BR-163**. Brasília: MMA, 2006. 27p.

Becker, B. K. **Amazônia - Geopolítica na Virada do III Milênio**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, v. 1, p. 172, 2004.

Becker, B. K. Undoing Myths: The Amazon - An Urbanized forest. In: G. M. Clüsener, Sachs, I. **Brazilian Perspectives on sustainable development of the Amazon region - Man and Biosphere Series**. Paris, UNESCO e Parthenon Publish Group Limited, 1995, p. 53-89.

Bins, L. S.; L. Fonseca, M. G.; Erthal, G. J., e F. M. Ii, "Satellite imagery segmentation: a region growing approach," in **Proc Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8 (SBSR), Salvador 1996, pp. 221-223.

Boschini, A.P.M.; Lacerda, M.P.C.; Lousada, B.M.S e Santana, H.M.P. Geotecnologias aplicadas na análise temporal do uso agrícola das terras do núcleo rural do Rio Preto(DF). **IX Simpósio Nacional do Cerrado/II Simpósio Internacional Savanas Tropicais**, Brasília, 2008.

Câmara, G.; Valeriano, D. M. e Soares, J.V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, set/2006.

Chen, S.; Zeng, S.; Xie, C. **Remote Sensing and GIS for Urban Growth Analysis in China**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 66, n. 5, 2000, p. 593-598.

Correia, V.R.M.; Monteiro, A.M.V., Carvalho, M. S. e Werneck, G.L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23(5), p. 1015-1028, 2007.

Coutinho, A.C.. **Monitoramento das alterações da cobertura natural em duas situações distintas da Amazônia brasileira**. Campinas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1999. 5p.

Miranda, E. E. de; Gomes, E. G; Guimarães, M. **Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 12 nov. 2010.

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.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Dados Vetoriais**. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>>. Acesso em: 14.abr.2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Malha Municipal do Brasil - 2007**. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/](http://geoftp.ibge.gov.br/)>. Acesso em: 23.mar.2010.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>. Acesso em abr/2010.

Kailath, T. **The divergence and Battacharya Distance measures in Signal Selection**, IEEE Trans. Communication Theory, COM-15, 52-60, 1967.

Karaburun, A.; Demirci, A.; Suen, I. Impacts of urban growth on forest cover in Istanbul (1987-2007). **Environ Monit Assess**, n. 166, 2010, p. 267-277.

Pandolfo, C. **Amazônia brasileira: ocupação, desenvolvimento e perspectivas atuais e futuras**. Belém, CEJUP, 1994, 228p.

Pereira, M. N.; Gonçalves, C. D. A. B.; Souza, Í. M.; Garcia, S.; Portela, A. G.; Almeida, C. M.; Roseback, R.; Florenzano, T. G. **Uso de imagens de satélite como subsídio ao estudo do processo de urbanização**. São José dos Campos: INPE, 2005. 39 p. (INPE-12912-RPQ/251). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.29.12.22>>. Acesso em: 10 nov. 2010.