

Mapeamento das novas formas de ocupação urbana por meio da análise orientada a objeto. Estudo de caso: Aglomeração Urbana de Piracicaba

Claudia Durand Alves¹
Madalena Niero Pereira¹
Teresa Gallotti Florenzano¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{durand, madalena, teresa}@dsr.inpe.br

Abstract: This study attempts to develop an automatic method to identify and characterize urban areas and urban sprawl, and that have the possibility of replicating to different urbanization regions of Brazil. Urban sprawl has been characterized as dispersed form of urban growth that causes environment impacts (deforestation, river pollution); increase urban infrastructure cost; lost of agricultural lands and is highly dependent on the automobile. The objective is to achieve a methodology for the increase of precision and reduction of processing time and subjectivity. Object-based Image Analysis with Definiens software and LANDSAT images (acquired in September of 2007) referring to Piracicaba, Limeira and Rio Claro region (São Paulo state) were used. The object-based approach is a spatial analysis method based essentially on segmentation and classification outputs. Primitive objects are created on given space scale levels with different resolution, and classification rules are applied based on a fuzzy rule decision tree classifier. High-resolution images (Quick Bird images) available at Google Earth were used for accuracy assessment. Omission and commission error were calculated. The good results obtained (Global Accuracy: 0.94 and Kappa Index: 0.72) from automatic classification of the study area indicate that the object-based method can be suitable for semi-automatic urban mapping.

Palavras-chave: object oriented image analysis, urban áreas, urban sprawl, remote sensing, análise orientada a objeto, áreas urbanas, urbanização dispersa, sensoriamento remoto.

1. Introdução

As modificações que estão ocorrendo quanto à forma de crescimento das cidades brasileiras tem motivado estudos que visam apresentar um diagnóstico e propiciar análises do novo processo de desenvolvimento. Estas modificações abalaram o estilo de vida e as convicções da população urbana e trazem uma real preocupação com os recursos não renováveis, dos quais as cidades são altamente consumidoras (PORTAS, 2003).

No atual modelo de ocupação surge o conceito da peri-urbanização, que é caracterizado conforme Allen (2003), citado em Ojima (2007), por dois aspectos que podem ocorrer independentemente ou em conjunto: a redução de determinadas características urbanas, tais como a dificuldade de acesso, a baixa densidade de ocupação e a falta de infra-estrutura e serviços; a descaracterização do ambiente rural tradicional. A definição e delimitação tradicional do espaço rural e urbano dos municípios brasileiros se tornam mais difícil. Os usos se mesclam e as fronteiras não são mais facilmente identificadas. As discussões acadêmicas - que defendem uma continuidade destes ambientes sem que este fato os homogenize, pois as características sociais, econômicas, culturais e geográficas são mantidas - não são consideradas nas leis, sendo ignoradas pelos administradores públicos (CORRÊA, 2001).

Em estudo desenvolvido por Quevedo Neto e Lombardo (2006) sobre dinâmica da paisagem na área de transição urbana- rural, os autores destacam que esta dinâmica advém da pressão exercida pelo ambiente urbano, que estimula a especulação imobiliária, proliferação de atividades urbanas, mudanças nas atividades agropecuárias e nos ecossistemas naturais. O resultado se traduz na transformação da paisagem que é então caracterizada por um mosaico de diferentes usos da terra, onde emergem conflitos que devem ser compreendidos para se constituir uma base de dados que possibilite sua operacionalização em termos de políticas públicas de uso e ocupação da terra, preservando assim a qualidade da paisagem.

Segundo Reis (2006), que desenvolve estudos sobre as mudanças no processo de urbanização do Brasil, estas ocorrem: com a formação de áreas de urbanização dispersa, que se estendem pelo vasto território, separadas no espaço físico mas mantendo estreitos vínculos entre si como elemento de um único sistema; com a regionalização do cotidiano das pessoas que adotam novos modos de vida devido à mobilidade; com novas formas de gestão do espaço pelo surgimento de formas condominiais diversificadas como condomínios residenciais, grandes shoppings centers, complexos universitários, entre outras.

Segundo Spósito (2007), o estudo das novas formas de expansão urbana tem sua importância ampliada à medida que se verificam, em várias cidades do globo, novas formas de crescimento territorial urbano marcadas pela descontinuidade territorial. Em estudo desenvolvido tendo como referência 22 áreas urbanas do Estado de São Paulo, a descontinuidade dos tecidos urbanos é característica de todas as áreas analisadas independentemente de suas dimensões territoriais e populacionais, assim como de aspectos físicos que podem acentuar ou amenizar a descontinuidade das áreas urbanizadas, tais como o relevo e a hidrografia.

De acordo com Marques e Ferreira (2006) a ocupação do espaço urbano ao longo do tempo é complexa e pode ser quantificada a partir de diferentes informações cartográficas, dentre elas a área e a densidade de ocupação das construções. A espacialização destas informações quantificadas permite entender o tamanho, ordem, harmonia e a distribuição das áreas urbanas. Entretanto, a modelagem urbana em geral, incluindo estas novas formas de expansão, apresenta problemas de falta de conhecimento e compreensão dos fatores físicos e socioeconômicos que contribuem para determinado padrão urbano e a dinâmica das cidades. Pelo fato de muitas destas informações poderem ser obtidas por dados de Sensoriamento Remoto, estas técnicas têm se mostrado de grande aplicação no mapeamento de áreas urbanas e na análise e modelagem do crescimento urbano e mudanças de uso do solo.

As técnicas de sensoriamento remoto proporcionam uma visão espacial e temporal do processo de crescimento urbano ao mesmo tempo em que permitem obter informações do meio ambiente urbano como uso do solo, infra-estrutura, e até a inferência de determinadas características socioeconômicas. Segundo Li and Weng (2007), a técnica de sensoriamento remoto tem a flexibilidade em coletar dados multiespectrais, multitemporais e multiresolução e torná-los em informação importante para entender e monitorar os. A integração de dados de sensoriamento remoto e GIS têm sido reconhecida como ferramenta importante em análise urbana e modelagem.

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de metodologia para mapeamento automático de áreas urbanizadas contínuas e dispersas usando dados de sensoriamento remoto e sistema de classificação orientado a objetos. O desenvolvimento da metodologia representa um esforço no sentido de reduzir a interferência humana no mapeamento e a necessidade de edição vetorial.

2. Área de Estudo

Para a realização do trabalho foi utilizada como área de estudo a região do Estado de São Paulo denominada Aglomeração Urbana de Piracicaba, compreendida pelos municípios de Piracicaba; Limeira; Rio Claro; Cordeirópolis; Santa Gertrudes; e Itacemópolis, correspondendo no território a uma área de 2.815 km². Estes municípios localizam-se no setor centro leste do Estado de São Paulo, em uma das regiões mais industrializadas e produtivas do estado (FIGURA 1).

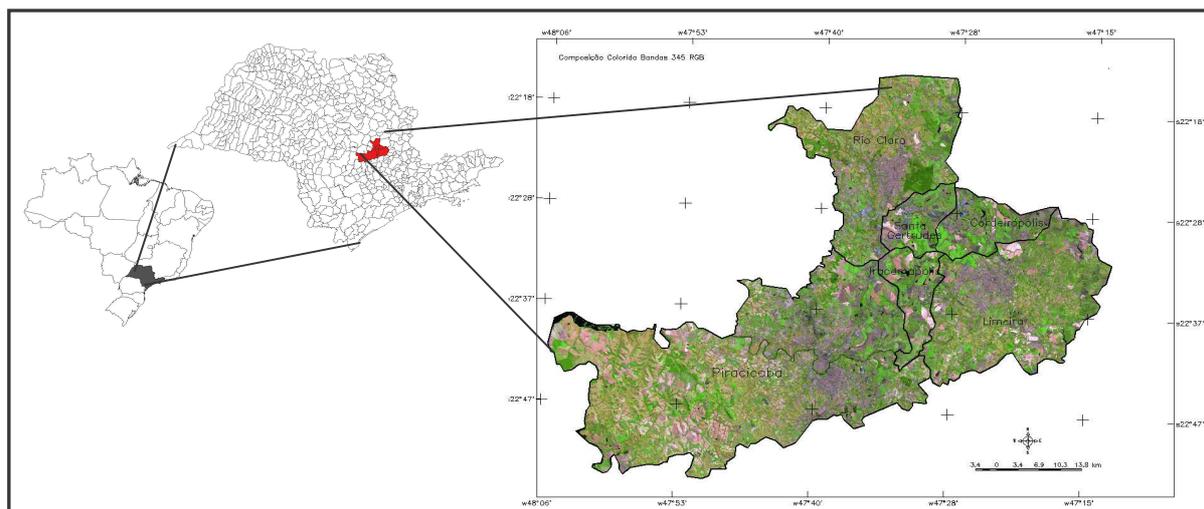


FIGURA 1 – Área de estudo: Aglomeração Urbana de Piracicaba

Esta região apresenta intensa atividade agrícola com destaque para a cultura temporária de cana de açúcar e cultura permanente de laranja. Com relação ao relevo, esta região se situa na depressão periférica paulista. A população dos municípios analisados, para o ano de 2007, e suas respectivas áreas territoriais, segundo o IBGE, são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Área e População nos anos de 2000 e 2007 dos municípios analisados

	Piracicaba	Limeira	Rio Claro	Cordeirópolis	Santa Gertrudes	Iracemópolis	Total
<i>População (nº de habitantes)</i>	358.108	272.734	185.421	19.309	19.044	18.026	872.642
<i>Área (km²)</i>	1.370	581	498	137	98	116	2.800

Fonte: Censo Demográfico IBGE

3. Material e Metodologia

Na realização deste trabalho foram utilizadas as imagens dos canais 3, 4, e 5 TM/LANDSAT 5 (órbita/ponto 220/75 e 220/76) obtidas em 08 de setembro de 2007. A imagem relativa à passagem de setembro corresponde a um período do calendário agrícola na região, em que as áreas cultivadas especialmente com cana de açúcar encontram-se em estágio de colheita com grande quantidade de solo exposto. As áreas urbanizadas se confundem com solo exposto, o que dificulta a separação entre estes dois tipos de alvo nas imagens obtidas neste período. Com isto pretende-se definir e testar chaves de interpretação para diferenciar áreas urbanas de solo exposto que corresponde ao maior problema de super estimativa de áreas urbanizadas em função de resposta espectral semelhantes. Outro motivo refere-se à dificuldade de obtenção de imagens em períodos chuvosos, nos quais a vegetação encontra-se mais densa permitindo a discriminação de alvos urbanos e áreas de pasto antrópico.

O mapeamento da cultura de cana de açúcar realizado pelo projeto CANASAT relativo ao ano de 2007 (RUDORFF, 2007) foi utilizado como um dado auxiliar na etapa de segmentação das imagens e na análise dos resultados da classificação, possibilitando assim a verificação de áreas ocupadas com esta cultura, erroneamente classificadas como área urbanizada.

No processo de classificação foi utilizada a análise orientada a objeto por meio do software Definiens 5.0, o qual baseia-se nos objetos ou segmentos da imagem e não nos pixels individualizados. Na imagem um objeto representa uma identidade que pode ser individualizada por seus atributos e propriedades da classe que lhe deu origem (DEFINIENS, 2006). Nesse processo foi feita a segmentação e, em seguida, a classificação das imagens. A segmentação é o passo preliminar que divide a imagem em objetos homogêneos e contíguos, podendo ser feita em diferentes layers que contenham objetos em diferentes escalas, conectados entre si. Na classificação, diferentemente dos procedimentos tradicionais, são

considerados atributos além das características espectrais dos objetos, tais como as relações topológicas, textura, forma, tamanho, entre outras.

Inicialmente foi definida uma legenda ampla de uso e cobertura vegetal natural da terra que incluiu as seguintes classes: área urbanizada; solo exposto; vegetação e corpos d'água, a fim de se atingir o objetivo principal deste processo de classificação, que foi o mapeamento das áreas urbanizadas.

A partir da criação do banco de dados foi feita a segmentação multiresolução do mapa temático das áreas de cultura da cana de açúcar a fim de que todos os polígonos gerados nos níveis superiores ou inferiores a esta, seguissem seus limites. Este procedimento permitiu que os limites das áreas urbanizadas, a serem definidos posteriormente, respeitassem espacialmente os limites dos planos temáticos, facilitando assim a análise e quantificação dos dados por município ou região de estudo, assim como sua comparação com o mapa de cana.

Na etapa seguinte foram segmentadas as imagens TM, utilizando os parâmetros de escala (10), forma (0,1) e cor (0,9), definidos em trabalho desenvolvido por Alves (2007) com base nas características espaciais dos dados e dos alvos a serem identificados. Esta segmentação (SMR), ainda que tenha gerado um número muito grande de segmentos, foi considerada adequada principalmente por permitir a identificação dos núcleos urbanos dispersos, descontínuos da mancha urbana principal dos municípios. Para contornar o problema do grande número de segmentos gerados para alvos que necessitariam de um parâmetro de escala maior foi utilizado um outro tipo de segmentador disponível no Definiens 5.0 denominado Segmentação por Diferença Espectral (SDE). Neste sentido, aplicou-se a segmentação por diferença espectral na SMR já realizada visando o agrupamento dos segmentos existentes a partir de um parâmetro de escala (intervalo dentro do qual os segmentos contíguos devem ser agrupados baseando-se na média do valor espectral de cada um deles) definido empiricamente, que neste caso correspondeu ao valor 20, o qual permitiu o agrupamento de segmentos contíguos pertencentes às classes solo exposto e água, exemplificado na Figura 2.

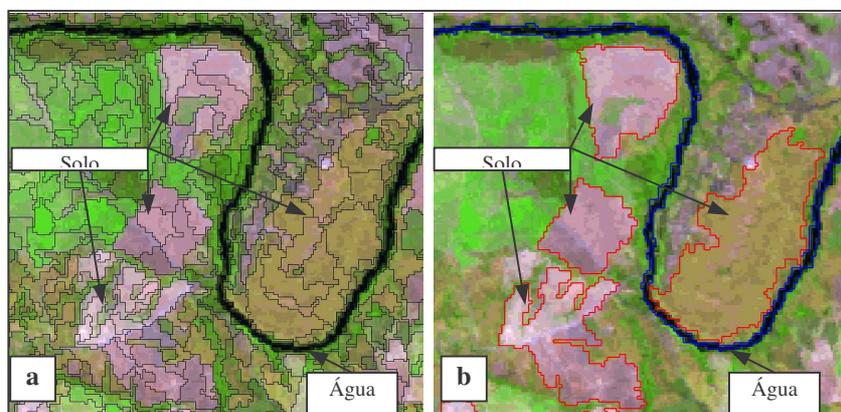


FIGURA 2 – Resultados da segmentação SMR (a) e SDE (b)

A partir dos dois níveis de segmentação foram realizadas classificações, sendo que para as classes área urbanizada e vegetação utilizou-se a SMR e para as classes solo exposto e água a SDE. Este procedimento pode ser feito devido ao recurso da multiresolução existente no Definiens, que traz o conceito de hierarquia para o banco de dados, possibilitando o relacionamento dos objetos no mesmo plano de informação ou em planos superiores ou inferiores em relação àquele observado, por meio dos conceitos de sub e superobjetos.

A seguir foram determinados os conjuntos de atributos que descrevem cada classe a ser mapeada, denominados descritores. Na definição dos descritores foram coletadas amostras de treinamento na SMR para as classes área urbanizada e vegetação e na SDE para as classes solo exposto e água. Foram analisados atributos: do objeto, de relacionamento entre as classes, de relacionamento global e operadores lógicos. A seleção dos atributos que compõem

os descritores é realizada com base no conhecimento do intérprete em relação aos dados analisados e aos objetos de estudo, em seus diversos aspectos: espectrais, espaciais, dimensão, textura, contexto, relacionais, entre outros. Foram espacializados os atributos mais relevantes, em ambos os planos de segmentação, para verificar o poder de cada atributo na discriminação das amostras. Essa espacialização permite visualizar sob a forma de uma imagem os valores de cada atributo, o que possibilita avaliar o seu comportamento no conjunto das amostras. Os atributos mostrados na Tabela 2 foram selecionados por permitirem uma melhor separabilidade entre os objetos amostrais que representam as classes de interesse.

TABELA 2 – Atributos selecionados para as classes de interesse

Classes	Atributos	Tipo de Atributo
água	média Banda 5	espectral
	existência água (superobjeto)	contextual
solo exposto	Ndvi e média na banda 3	espectral
	Homogeneidade	textural
	existência de solo exposto (superobjeto)	contextual
área urbanizada	Ndvi e média na banda 3	espectral
	Homogeneidade	textural
vegetação	Ndvi	espectral

Após a seleção dos atributos foram estabelecidos os intervalos dos valores para cada um deles, por meio da geração de gráficos que determinassem a função correspondente à inclusão dos objetos nas classes. Este procedimento é feito tomando-se por base os valores encontrados nos objetos amostrais. Nesta etapa os atributos são avaliados a partir da separabilidade entre os objetos de classes distintas, bem como são refinados os conjuntos de amostras, observando-se a sua coerência em função de cada atributo. A partir dos histogramas gerados foram estabelecidas as funções de pertinência baseadas em lógica fuzzy, que permitem a inclusão de um objeto em uma determinada classe baseando-se em um grau de pertinência

O processo de classificação foi realizado em duas etapas: a primeira teve como base a SDE, e foram obtidas as classes água e solo exposto. A segunda utilizou a SMR e o resultado da primeira como atributo contextual obtendo-se, além das classes anteriores, as classes áreas urbanizadas e vegetação. Para a classe solo exposto foi utilizado o atributo contextual de existência desta mesma classe no layer SDE, visando melhorar sua exatidão, uma vez que alguns deles possuíam valores de atributos de textura e média na banda 3 semelhantes às áreas urbanizadas.

Como produto final foi obtido um mapa temático com as classes área urbanizada; solo exposto; vegetação; água e áreas não classificadas. Posteriormente, para atender aos objetivos do trabalho, foi gerado um mapa contendo duas classes: área urbanizada e área não-urbanizada, a qual foi composta pelo agrupamento das demais classes existentes no mapeamento. Esse produto foi exportado do Definiens e inserido em um banco de dados criado no SPRING 4.3.3 (CÂMARA et al., 1996), no qual foram inseridas as imagens e o mapeamento de áreas de cana de açúcar do projeto CANASAT (RUDORFF, 2007).

Inicialmente foi realizada análise qualitativa da classificação a partir da comparação do mapeamento com imagens de alta resolução do satélite QuickBird disponíveis no Google Earth que cobrem a maior parte das áreas urbanizadas. O uso destas imagens em conjunto com as imagens LANDSAT, conforme já citado por Sutton et al. (2007), se mostra como poderosa ferramenta de verificação devido à cobertura de várias áreas do mundo com alta resolução espacial, adequada para estudos urbanos. Desta forma, estes dados podem ser usados para orientar a avaliação de classificações que se baseiam em imagens de satélites de média resolução espacial ou reduzir visitas a campo para eliminação de dúvidas.

A avaliação da exatidão da classificação foi feita para a classificação automática das áreas urbanizadas considerando-se apenas a área coberta pelas imagens QuickBird. Para isto, foi

gerada uma grade com resolução de 1km x 1km através do programa LEGAL e definidos pontos centrais de cada quadrícula utilizando a opção “geração de pontos amostrais pelo centro de massa” do SPRING. Foram sorteados 184 pontos amostrais correspondentes a 10% do total de quadrículas. Realizou-se uma análise visual das imagens QuickBird e foram definidos os erros de omissão e comissão da classificação analisada.

Como etapa final foi realizada a edição vetorial do mapa obtido da classificação automática para reduzir os erros deste produto. Neste sentido, o aspecto híbrido, mapeamento automático e manual, da metodologia desenvolvida neste trabalho visa aumentar a aplicação do mapa para estudos urbanos. Para sistematizar o processo de verificação/edição do mapa gerou-se uma grade de resolução de 5km x 5km, que direcionou as correções realizadas. As quadrículas foram analisadas individualmente e uma correção preliminar foi feita por meio da interpretação manual, considerando-se critérios de fointerpretação e utilizando-se a edição vetorial do SPRING. Com o dado auxiliar referente à cultura de cana de açúcar eliminou-se os polígonos de áreas agrícolas erroneamente classificados como área urbanizada.

4. Resultados

Na classificação da imagem Landsat foram obtidas as classes de uso e cobertura da terra área urbanizada; solo exposto; vegetação e corpos d’água. Pela análise dos resultados verificou-se que na classe solo exposto foram incluídas áreas de cana colhida; a classe vegetação engloba áreas de fragmentos de mata/capoeira, reflorestamento, pastagem/campo antrópico e cana em estágio máximo de crescimento; as áreas não classificadas apresentam uso semelhante à classe solo exposto, ou seja, dominância de áreas de cana colhida com solos de alta reflectância e solos de baixa resposta espectral, como terra roxa, e auto-estradas. Foram classificados como: solo exposto (29), vegetação (72) e não classificado (106), polígonos pertencentes à classe área urbanizada. Neste estudo foi avaliada apenas a classe área urbanizada mostrada na Figura 3.

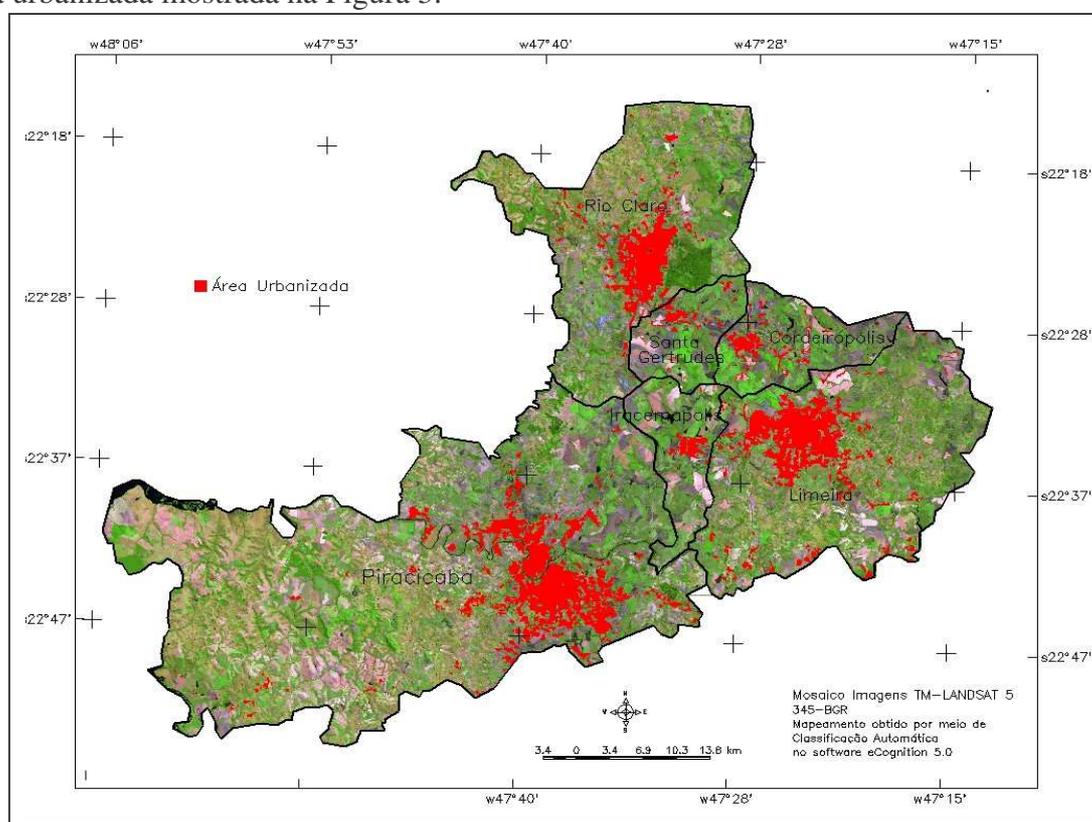


Figura 3 - Área Urbanizada 2007

Por meio da análise qualitativa da Figura 3 verificou-se que a quase totalidade das áreas de solo exposto referentes à cultura de cana de açúcar não foram incluídas na classe área urbanizada, como provavelmente ocorreria se utilizado o algoritmo de classificação baseado apenas no atributo espectral. As áreas urbanizadas também foram discriminadas das áreas pastagem/campo antrópico, o que indica o grande poder discriminatório do algoritmo utilizado considerando-se que na época de obtenção da imagem, final da estação seca, estes campos tem cobertura vegetal com menor vigor.

Os principais problemas associados a erros de omissão ocorreram com as áreas urbanizadas afastadas do núcleo urbano principal, compostas por residências esparsas ocupando grandes terrenos com piscinas, áreas verdes formadas por gramados e vegetação arbórea. Estas características, que indicam ocupação por classe socioeconômica de renda alta, influenciaram na sua classificação como áreas de vegetação. Ocorrem também situações em que as áreas edificadas localizam-se junto a estradas vicinais com arruamento partindo desta com padrão espinha de peixe. Os erros de inclusão estão, em sua maior parte, relacionados à: áreas de mineração, associadas a indústrias; auto-estradas e trevos rodoviários; construções que abrigam os pedágios; bordas de talhões de cana cortada e corpos d'água com sedimentos.

Com relação às superposições entre áreas urbanizadas e auto-estradas, estas poderiam ser solucionadas com a utilização de mapa de rodovias na classificação automática das imagens.

Na Tabela 3 é apresentada a matriz de erros e os índices obtidos no cálculo da exatidão da classificação a partir da grade amostral de quadrículas utilizadas.

TABELA 3 - Matriz de erros resultantes da classificação automática

	Urbanizada	Não urbanizada	Total
Urbanizada	23	4	27
Não urbanizada	6	151	157
Total	29	155	184
<i>Exatidão Global: 0,94</i>			<i>Índice Tau: 0,88</i>
<i>Índice Kappa: 0,72</i>			

Verifica-se pela análise da Tabela 3 que os erros de omissão foram superiores aos erros de comissão, sendo este resultado representativo do que ocorreu na classificação da área como um todo. A Figura 4 mostra a distribuição espacial dos erros de omissão e comissão resultantes da classificação da imagem.

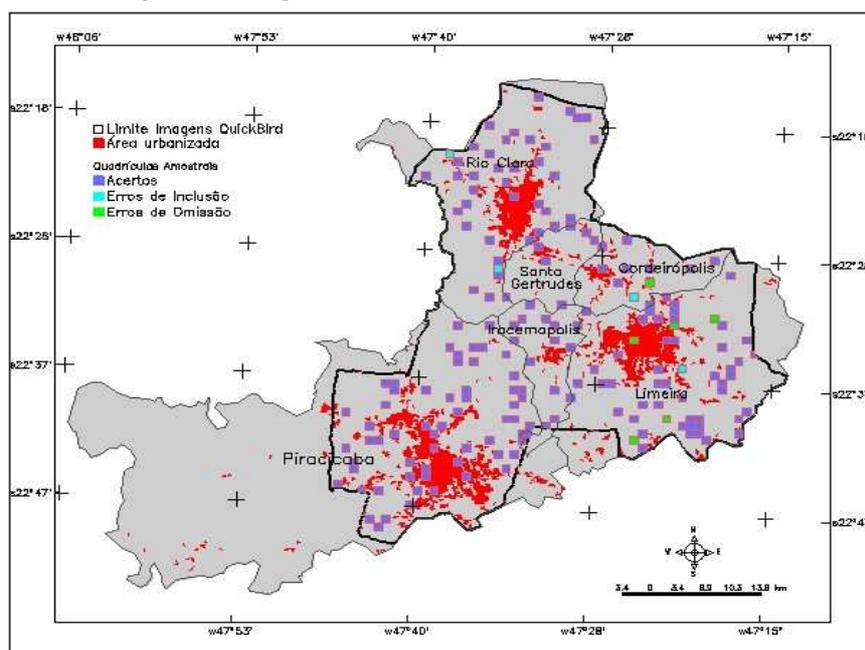


FIGURA 4 – Distribuição espacial dos erros nas quadrículas de amostragem

Este fato se confirma quando se analisa a classificação obtida na qual áreas edificadas, afastadas do núcleo principal, não foram discriminadas. Estas áreas, entretanto, correspondem em sua maior parte a condomínios de chácaras que apresentam um padrão misto de uso e ocupação do solo - chácaras de recreio e residências - conforme observado em verificação de campo. De acordo com os valores de exatidão global (0,94), índices Kappa (0,72) e Tau (0,88) obtidos da classificação os resultados podem ser considerados como *muito bom*, confirmando a análise qualitativa..

De modo geral a classificação apresentou resultados de elevada confiabilidade no mapeamento das manchas urbanas contínuas, tanto nas áreas em que as cidades são limitadas por regiões de agricultura intensa (Norte e Oeste de Piracicaba; Norte e Leste de Limeira), quanto naquelas circundadas por pastagens ou campo antrópico. Os problemas maiores estão associados a núcleos dispersos que podem corresponder a chácaras de recreação. Estas áreas deverão ser mais bem estudadas para a criação de chaves de interpretação que deverão ser incorporadas no sistema classificatório.

A metodologia desenvolvida poderá ser utilizada em estudos da forma de urbanização que está ocorrendo com a ocupação de áreas distantes do núcleo urbano central, principalmente pela classe socioeconômica mais elevada, em busca de melhor qualidade de vida, espaço e segurança. Para melhor caracterização destas áreas, entretanto há necessidade de dados relacionados aos movimentos pendulares da população que ocupa estes espaços.

5. Bibliografia

- ALVES, C.D.; PEREIRA, M.N.; FLORENZANO, T.G.; SOUZA, I.S.. Análise Orientada a Objeto com Imagens Landsat no Mapeamento de Áreas Urbanas. São José dos Campos, INPE, 2007 no prelo.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M.B. Anatomia de sistemas de informações geográficas. São José dos Campos: INPE,1996. 205 p. (INPE-8094-RPQ/716). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.13.36>>.
- CORRÊA, R.L.A. A Rede urbana brasileira e a sua dinâmica: algumas reflexões e questões. In: Spósito, M. E. B. Urbanização e Cidades: Perspectivas Geográficas, Presidente Prudente, UNESP, 2001.
- HASSE e LATHROP (2003) A Housing-Unit Level Approach to Characterizing Residential Sprawl. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, V.69, No.9, September 2006, pp. 1021-1030.
- LI, G.; WENG, Q. Measuring the Quality of Life in City of Indianópolis by Integration of Remote Sensing and Census Data. International Journal of Remote Sensing and Census Data., vol. 28, Nos. 1 – 2, January 2007, p.249 – 267.
- OJIMA, R. A urbanização contemporânea e as dimensões humanas das mudanças ambientais globais. In: Hogan, D. J. Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp, 2007, parte IV, p. 225-238.
- PORTAS, N. Tendências do Urbanismo na Europa - Planos Territorial e Local. Palestra proferida na cidade do Porto, Portugal, 2003. (Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Vila Nova de Gaia, Portugal).
- QUEVEDO NETO, P. S.; LOMBARDO, M. A. Dinâmica e Qualidade da Paisagem na Área de Transição Urbano – Rural. Geografia, Rio Claro, v.31, n. 2, p.257 – 268, maio a agosto, 2006.
- REIS, N. G. Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano. São Paulo, Via das Artes, 2006.
- RUDORFF, B.F.T; SUGAWARA, L.M. Mapeamento da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via imagens de satélites. Informe Agropecuário. Geotecnologias, Belo Horizonte, v.28, n.241, p.79-86, nov./dez. 2007.
- SPÓSITO, E. S. Cidades Médias e Eixos de Desenvolvimento no Estado de São Paulo: Metodologia da Abordagem. In: Spósito, M. E. B. Cidades Médias; Espaços em Transição, São Paulo, Editora Expressão Popular, 2007, 632 p., p.215 - 232.
- SUTTON, P. C.; Taylor, M. J.; Anderson, S.; Elvidge, C. D. Sociodemographic Characterization of Urban Areas Using Nighttime Imagery, Google Earth, Landsat, and “Social” Ground Truthing. In: Weng, Q.; Quattrochi, D.A. Urban Remote Sensing, Boca Raton: Taylor&Francis, 2007, Chapter 14, pp. 291 – 310.