

CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DO ESPAÇO RESIDENCIAL CONSTRUIDO UTILIZANDO IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL E ANÁLISE ORIENTADA A OBJETO

Íris de Marcelhas e Souza

Geógrafa, Msc Planejamento urbano e regional, Técnica do Instituto nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, Av dos Astronautas 1758, Jardim da Granja, 1227-010, São José dos Campos, SP. iris@dsr.inpe.br

Cláudia Durand Alves

Arquiteta, Bolsista Fapesp do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, Av dos Astronautas 1758, Jardim da Granja, 1227-010, São José dos Campos, SP. durand@dsr.inpe.br

Claudia Maria de Almeida

Arquiteta, Doutora em Sensoriamento Remoto, Pesquisadora do Instituto nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, Av dos Astronautas 1758, Jardim da Granja, 1227-010, São José dos Campos, SP. almeida@dsr.inpe.br

Carolina Moutinho Duque de Pinho

Geógrafa, Doutoranda em Sensoriamento Remoto do Instituto nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, Av dos Astronautas 1758, Jardim da Granja, 1227-010, São José dos Campos, SP. carol@dpi.inpe.br

RESUMO

Neste trabalho foi analisado o espaço residencial da cidade de São José dos Campos, a partir de um mapa temático de cobertura do solo intra-urbano contendo as classes: vegetação, tipos de telhados (metálico, concreto amianto, telha cerâmica, etc.), piscinas, sombra, asfalto e solo. O mapa temático foi obtido por meio da segmentação multiresolução e classificação utilizando-se a análise orientada a objetos em uma imagem QUICKBIRD, com 0,61m de resolução espacial, no software e-Cognition 4.0. A partir das amostras de quadras residenciais foi realizada a análise dos atributos das classes de cobertura do solo que mais bem caracterizavam as classes de interesse. A limiarização da área relativa das classes de cobertura nas amostras permitiu a elaboração de um conjunto de descritores para a classificação das quadras residenciais como áreas de ocupação de população de baixa, média e alta renda. Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente através da matriz de confusão e do cálculo do coeficiente de concordância Kappa, tendo como referência um mapa temático obtido por meio de interpretação visual e levantamento em campo. Pôde-se observar que há uma forte correlação entre a configuração do conjunto das

classes de cobertura do solo intra-urbano e os diferentes padrões de ocupação que o espaço residencial construído apresenta, motivando, neste sentido, estudos nesta direção.

Palavras-chave: cobertura do solo intra-urbano, classificação orientada a objeto, caracterização socioeconômica do espaço residencial.

SOCIOECONOMIC CHARACTERIZATION OF RESIDENTIAL BUILT-UP AREAS USING HIGH RESOLUTION IMAGES AND OBJECT-ORIENTED ANALYSIS

ABSTRACT

This work analyzed the residential area of the city São José dos Campos using a thematic map containing the following intra-urban classes: vegetation, types of roofs (metal, concrete, asbestos, ceramic tiles, etc.), swimming pools, shadow, asphalt, bare soil. The thematic map was obtained by a multi scale segmentation and object-oriented classification of a QuickBird image with 0.61 m spatial resolution using software e-Cognition 4.0. Samples of residential blocks were obtained and the attributes of the land cover classes were analyzed to characterize the final classes of interest. A threshold of each intra-urban class in the sample was used to create the description of the blocks occupied by low, medium and high income population. The results were statistically evaluated through the error matrix and the calculation of Kappa coefficient using as reference a map thematic obtained through visual interpretation and field research. It was observed that there is high correlation between the intra-urban class configuration in the samples blocs and the different patterns of the residential built-up areas. This is the motivation for further studies.

Key-words: intra-urban land cover, objected-oriented classification, socioeconomic

characterization of the residential area.

INTRODUÇÃO

De acordo com o censo demográfico de 2000 a população brasileira é 169.799.170 de habitantes, sendo que 137.953.959 vivem em áreas urbanas. Segundo levantamento do IBGE (IBGE, 2002), mais de 81% da população está concentrada em áreas urbanas, tendência iniciada já na década de 1970, quando a população urbana se tornou maior que a rural. Esse fato se deve basicamente ao crescimento vegetativo da população urbana e ao grande processo de migração da área rural para o ambiente urbano. Esse rápido crescimento da população urbana é um dos problemas para o planejamento no atendimento da demanda real da população por serviços das redes hospitalares, escolares e de recreação, entre outros. O planejamento pode ser entendido como uma forma de intervir democrática e racionalmente sobre uma determinada realidade. Este é um processo que nos possibilita elaborar um conjunto de ações orientadas sobre a estrutura espacial nas diferentes escalas em que ela se apresenta, objetivando alcançar um cenário desejável. Este processo necessita de uma gama de informações para o conhecimento da realidade dessas complexas estruturas e dos problemas que estas apresentam tanto no nível intra-urbano quanto no regional.

Conforme Ribeiro (1997), qualquer ação prática se estabelece sobre um objeto concreto. Essa ação deve estar apoiada sobre o conhecimento que se tem desse objeto. O objeto concreto do planejamento urbano é a realidade que se manifesta sob a forma das cidades. O conhecimento da cidade, como objeto concreto, é a condição necessária, embora não suficiente, para melhor atingir os objetivos do planejamento urbano em todas as suas dimensões, porque é complexo, multidisciplinar e carente de um corpo teórico próprio consolidado, além de envolver as necessidades, desejos e interesses dos diferentes segmentos da sociedade.

O conjunto global de informações necessárias ao processo de planejar, que diz respeito às informações factuais, é a descrição da situação urbana presente. E dentre esse conjunto Kurkdjian (1986) destaca como relevantes as informações factuais relativas à função urbana "habitar". Estas informações envolvem dois subgrupos de dados:

- a. dados relativos às características do ambiente material residencial, ou seja, aos aspectos físicos da área residencial urbana;
- b. dados relativos às características da população residente (desejos, aspi-

rações, necessidades).

A associação destas informações articuladas, em um referencial geográfico, permite a apreensão da diferenciação residencial do espaço urbano, bem como sua distribuição espacial e sua interação com a caracterização social da população urbana. Da comparação destas informações com outras, que compõem o referencial deôntico estabelecido, podem resultar certas discrepâncias que definem alguns problemas relativos à função urbana residencial a serem tratados pelo planejamento, localizando com precisão em que parcelas da área urbana devem ocorrer ações planejadas (KURKDJIAN, 1986).

Nesse sentido, um conjunto de informações relevantes ao processo de planejamento urbano é aquele acerca da distribuição espacial dos diferentes segmentos da população no espaço urbano. Esse conjunto de informações pode ser, atualmente, obtido por dados de sensores remotos orbitais. Os avanços tecnológicos na área de sensoriamento remoto orbital trouxeram melhorias na resolução espacial e temporal dos dados.

Na área de sensoriamento remoto orbital são observadas as mudanças nas características dos sistemas sensores que geram produtos, cada vez mais, capazes de discriminar os alvos na superfície terrestre, devido à melhoria na resolução espacial. A disponibilidade de produtos de alta resolução espacial está ampliando sobremaneira os estudos urbanos que utilizam esta tecnologia, tanto para o mapeamento da cobertura quanto para a definição do uso do solo intra-urbano. O uso do solo refere-se ao modo como a terra é utilizada, e a cobertura, aos materiais biofísicos encontrados sobre a superfície (JENSEN e COWEN, 1999).

Na tentativa de avaliar a utilização dos dados de sensoriamento remoto para o levantamento de informações sobre o espaço intra-urbano alguns estudos de inferência populacional foram realizados. Dentre estes, destacamos o de Souza (2003) e Gonçalves et al (2006). Souza (2003), utilizando técnicas de interpretação visual, dados censitários e levantamento de campo, identificou, dentro do espaço intra-urbano de São José dos Campos, áreas com características semelhantes quanto ao espaço residencial construído, denominadas zonas homogêneas. A autora analisou, em imagens de alta resolução espacial, as diferentes texturas que o uso residencial apresentava. Por meio da análise de elementos como: organização das quadras, arborização das ruas e dos terrenos, tamanho e ocupação do terreno, traçado e tratamento do sistema viário, densidade de ocupação, homogeneidade dos materiais dos telhados e acabamento das residências, foram definidas para a cidade 11 zonas homogêneas quanto ao espaço residencial construído. Posteriormente, a autora verificou a correlação entre estas zo-

nas e número de habitantes. Gonçalves et al (2006) acrescentou aos estudos das zonas homogêneas dados do IBGE relativos ao censo de 2000 (renda, escolaridade e número de banheiros), associando-as às classes sócio-econômicas alta, média, baixa e favela. Os resultados obtidos nestes trabalhos evidenciaram que diferentes áreas, dentro da cidade estudada, possuem, em grande maioria, densidades demográficas também diferenciadas, motivando estudos nessa linha de pesquisa que tenta correlacionar espaço residencial construído e características socioeconômicas da população.

Entretanto, observa-se na metodologia empregada nestes trabalhos, o uso de técnicas de interpretação visual, procedimento este que demanda tempo e acrescenta subjetividade aos processos de extração de informações. De forma geral, o uso desta metodologia para extração de informações em imagens de alta resolução espacial está associada à complexidade espectral e variabilidade espacial dos elementos que compõem as áreas urbanas, pois esta metodologia apresenta melhores resultados quando comparados com os métodos tradicionais de classificação automática. Nesse sentido, a utilização de técnicas automáticas para a extração de informações urbanas e intra-urbanas de imagens de alta resolução espacial vem sendo alvo de diversos estudos (MESEV, 2003). Dentre estas técnicas destacamos aquelas baseadas em análise orientada a objeto.

A análise orientada a objeto realiza uma análise sobre segmentos da imagem (objetos) e não apenas sobre os pixels. Esta abordagem, disponível no e-Cognition 4.0, é composta basicamente por dois passos: Segmentação Multiresolução e Classificação. No primeiro são criados objetos em diferentes escalas, de acordo com critérios de forma, cor e homogeneidade, conectados entre si. No segundo, os objetos passam a se relacionar através da definição de uma rede hierárquica (herança dos atributos que descrevem a classe) e da rede semântica (estrutura lógica de relação entre as classes). Na imagem, um objeto representa uma identidade que pode ser individualizada por seus atributos e propriedades da classe que lhe deu origem (DEFINIENS, 2006). Estes atributos não correspondem unicamente às características espectrais dos objetos, mas também às relações topológicas, textura, forma, tamanho, entre outras. Os objetos com características comuns são agrupados em classes e as classes são organizadas em forma de redes hierárquicas e semânticas. O sistema busca simular o funcionamento da cognição humana.

Em seu trabalho Pinho et al (2005) identificou os atributos que melhor descreviam as classes de cobertura do solo intra-urbano. A elaboração das redes semântica e hierárquica mostrou a complexidade presente nos diferentes elementos que compõem a cobertura deste ambiente. Entretanto, os bons resultados obtidos na sua classificação são um indicativo de que este é um caminho viável para a obtenção de informações

destas imagens de forma mais rápida e menos subjetiva.

Baseando-se no contexto da obtenção de informações e nos resultados obtidos nestas duas linhas de trabalho (associação do uso residencial a características socioeconômicas (SOUZA, 2003; GONÇALVES et al, 2006) e extração automática da cobertura do solo intra-urbano (PINHO et al, 2005)) é que este estudo foi proposto. Buscou-se avaliar a correlação entre os elementos presentes em um mapa de cobertura do solo intra-urbano e sua utilização para a caracterização de áreas habitadas por população de baixa, média e alta renda, tendo como área de estudo aproximadamente 20% das quadras residenciais da cidade de São José dos Campos – SP. Esta análise foi baseada em um mapa temático contendo as classes de cobertura do solo intra-urbano, disponibilizado por Pinho et al (2005).

ÁREA DE ESTUDO

O município de São José dos Campos está localizado no Estado de São Paulo, na região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, entre as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro (Figura 1). O território do Município de São José dos Campos abrange uma área de 1.102 km², sendo que aproximadamente 70% é constituída por montanhas, serras, picos e os 30% restante são formados por um imenso planalto, composto

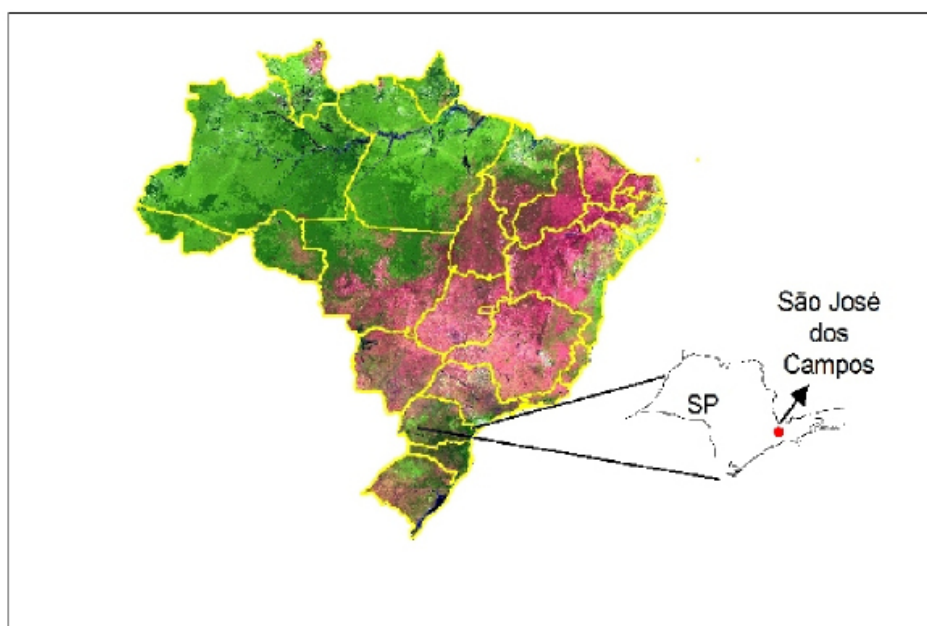


Figura 1 - Localização da Cidade de São José dos Campos.

A inauguração da Rodovia Presidente Dutra em 1951 e a escolha da cidade como sede do Centro Técnico Aeronáutico (CTA) aumentou a atratividade para a instalação do setor industrial na região, aumentando também o fluxo de pessoas para a cidade. A implantação de modernas indústrias acelerou o processo de urbanização ao criar novas oportunidades de emprego no setor secundário, diretamente, e, indiretamente, no setor terciário. Entre 1950 e 1960 a população do município teve um crescimento de aproximadamente 70% e nas décadas de 1960 e 1970, mais de 90%. A evolução do crescimento populacional da cidade é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Evolução populacional do Município de São José dos Campos

ANOS	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL	POPULAÇÃO TOTAL
1940	36.279	21.805	14.474
1950	26.600	18.204	44.804
1960	56.882	20.651	77.533
1970	132.482	15.850	148.332
1980	276.901	10.612	187.513
1991	425.515	16.855	442.370
2000	532.717	6.596	539.313

Fonte: IBGE – Censo de 1940-200

Em São José dos Campos, o processo de crescimento urbano acentuado exigiu uma demanda por moradia, transporte e demais serviços urbanos, que não foi atendida pelo poder público. Este fato, associado às relações sociais que excluem grande parte da população do direito à cidade, faz com que São José apresente, como a maioria das cidades médias brasileiras, problemas ambientais ligados à poluição, à moradia, crianças na rua, violência urbana, loteamentos clandestinos, especulação imobiliária, etc.

O espaço residencial da cidade observado através das imagens de alta resolução espacial apresenta diferenças texturais, que estão associadas as diferentes formas de ocupação da terra urbana pelos agentes que se apropriam e produzem o espaço da moradia nas cidades. Nesse sentido, o trabalho aqui proposto visa utilizar os recursos da tecnologia de sensoriamento remoto como forma alternativa aos levantamentos convencionais para apontar onde e como se dá a distribuição dessa diferenciação no espaço.

MATERIAIS E METODOLOGIA

Materiais

Foram utilizados para o desenvolvimento deste trabalho os seguintes materiais e equipamentos:

- Banco de dados elaborado por Pinho et al (2005) no e-Cognition 4.0 contendo:
 - imagem digital QUICKBIRD no modo colorido [B (0,445 – 0,516), G (0,50 – 0,59nm), R (0,63 – 0,69)] com 0,61 m de resolução espacial (obtida através da fusão da imagem QUICKBIRD nas bandas multiespectrais e pancromática), adquirida em 17 de maio de 2004, com ângulo de 7,0° off-nadir, cobrindo parcialmente a mancha urbana da cidade de São José dos Campos (Figura 2);
 - layer de Cobertura do solo intra-urbano (Figura 2);
 - layer de Malha viária e Quadras (figura 2);
 - rede hierárquica e descritores das classes de cobertura do solo.

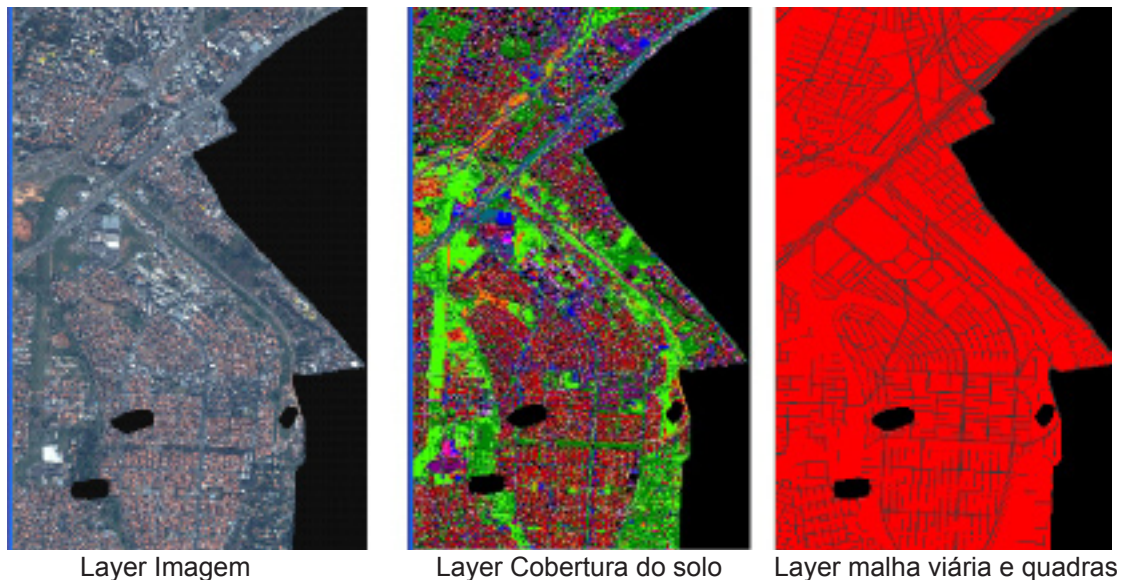


Figura 2 - Layers disponíveis no Banco de Dados

- Mapa temático das Zonas Residenciais Homogêneas obtido por meio de interpretação visual;
- Software e-Cognition 4.0;
- AutoCAD Map 2000;
- SPRING 4.1 (Sistema de processamento de Informações Georreferenciadas);
- TerraView 3.0

METODOLOGIA

Edição dos layers existentes no Banco de dados

Primeiramente, foi realizada uma edição vetorial no AutoCAD Map, no layer malha viária e quadras, para separar dentro das quadras as áreas de interesse, no caso, uso residencial unifamiliar e multifamiliar, dos demais usos. Em seguida, estes dados foram re-inseridos no Banco de dados. O layer malha viária e quadras (editado) foi segmentado com parâmetros de escala 10.000, forma 0.9 e cor 0.1 e posteriormente classificado com as classes residencial, não residencial (parques, vazios urbanos, indústrias, comércio, etc) e ruas. Este procedimento foi realizado através da interpretação visual na tela do computador baseado no conhecimento dos intérpretes e visitas a campo.

Definição dos atributos das classes de interesse e classificação

No e-Cognition 4.0, os objetos são classificados baseados numa função de pertinência fuzzy. Os conjuntos fuzzy permitem a inclusão de um objeto em uma determinada classe baseando-se em um grau de pertinência dado por limites imprecisos. As funções são elaboradas a partir de histogramas dos atributos selecionados para formar a função de pertinência de cada classe. O software apresenta uma variedade de atributos para a elaboração das regras da classificação, entre eles, atributos do objeto, de relacionamento entre as classes, relacionamento global e operadores lógicos (que podem se dar no mesmo nível da rede hierárquica ou em níveis superiores ou inferiores). O conjunto de atributos que descrevem cada classe é chamado descritor.

Para a elaboração dos descritores foram coletadas amostras de treinamento nas quadras residenciais (no layer malha viária e quadras) que apresentavam características de ocupação para cada uma das classes de interesse. Em seguida, a partir do layer de cobertura do solo intra-urbano (contendo as classes vegetação, tipos de telhados (metálico, concreto amianto, telha cerâmica, etc.), piscinas, sombra, asfalto, solo) foram espacializados os atributos das classes de cobertura para a identificação daqueles que permitissem uma maior separabilidade entre as amostras. Essa espacialização consiste na visualização de uma imagem limiarizada, que possibilita avaliar o comportamento do atributo da classe no conjunto das amostras.

Validação dos resultados

Os resultados obtidos foram comparados ao Mapa Temático de Zonas Residenciais Homogêneas, obtido a partir da interpretação visual de imagens de alta resolução espacial, fotografias aéreas, visitas a campo e variáveis socioeconômicas do IBGE (GONÇALVES et al, 2006).

A comparação entre os dados foi realizada por meio da matriz de confusão e do cálculo do coeficiente de concordância Kappa. A matriz de confusão é utilizada para avaliar os erros do resultado da classificação em relação aos dados de referência. Ela permite, segundo Hay (1988), o cálculo da exatidão geral da classificação e identificação dos erros que afetam cada uma das classes. O coeficiente de concordância Kappa é baseado na matriz de confusão e em seu cálculo incluem-se todos os elementos da matriz. A avaliação da qualidade da classificação é então definida pelo índice Kappa em função de uma escala de avaliação proposta por Landis e Koch (1977) (Tabela 2).

Tabela 2 – Escala de avaliação Kappa

Qualidade da classificação	Péssima	Ruim	Razoável	Boa	Muito Boa	Excelente
Valor do Kappa	< 0,00	0,00 – 0,20	0,20 – 0,40	0,40 – 0,60	0,60 – 0,80	0,80 – 1,00

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

RESULTADOS

A Classificação das quadras de uso residencial foi realizada conforme rede hierárquica representada na Figura 3. O nível I da rede contém o layer com o resultado da classificação da cobertura do solo, já existente no banco de dados. O nível II apresenta as classes de interesse deste trabalho. O nível III contém o layer que separa os usos residencial, não-residencial e ruas.

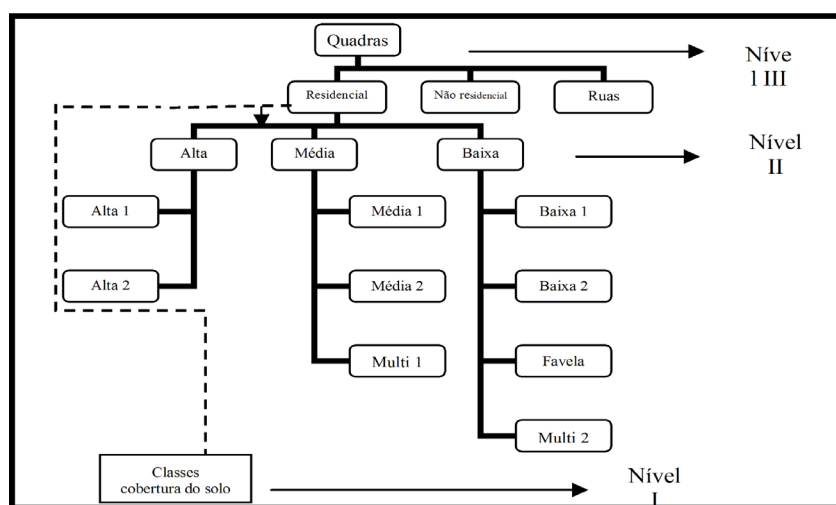


Figura 3 – Rede hierárquica para caracterização do uso residencial.

A Figura 4 apresenta um recorte da área contendo os resultados da edição do layer malha viária e quadras quando se deu a separação dos usos residencial (unifamiliar e multifamiliar) dos demais usos (não-residencial e ruas), juntamente com a imagem QUICKBIRD e o layer original quadras e ruas antes da edição.

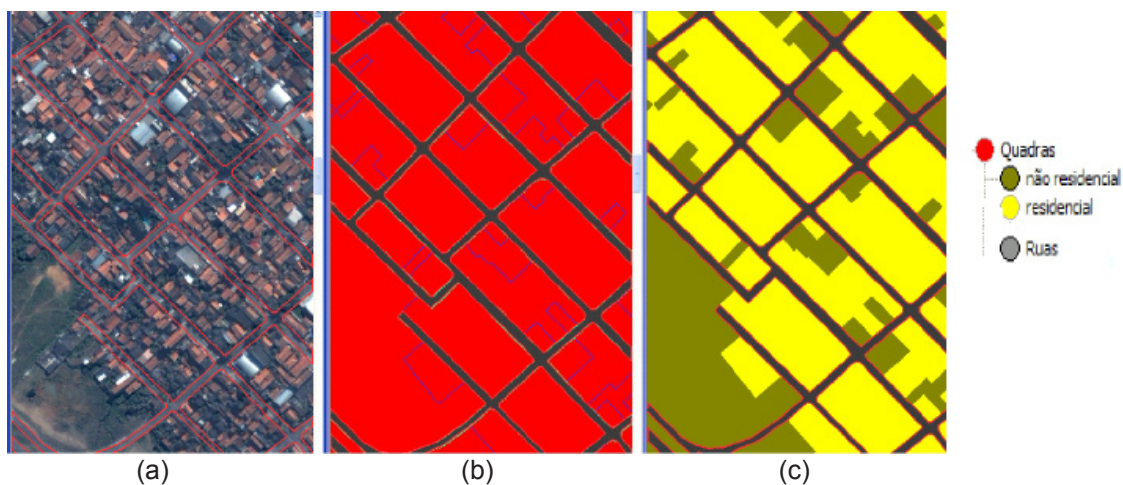


Figura 4 – Imagem QUICKBIRD e layer quadras e ruas original (a), layer quadras e ruas editado (b) e layer quadras e ruas classificado (c).

Foram identificados os atributos das classes de interesse no layer de cobertura do solo que melhor discriminavam as quadras amostrais, por meio da espacialização dos atributos disponíveis no e-Cognition4.0. Constatou-se que o atributo que melhor discriminou as amostras foi o atributo de área relativa das classes de cobertura do solo intra-urbano. Com este atributo foi possível caracterizar o espaço residencial da seguinte forma:

- Classe alta

Nas quadras residenciais ocupadas por esta população observa-se na imagem que as ruas são largas, pavimentadas e bastante arborizadas, há presença de piscinas e de grandes construções residenciais. No layer de cobertura do solo há predominância das classes de vegetação (arbórea e rasteira) e cerâmica escura. Por apresentar características peculiares de ocupação esta classe pode ser facilmente reconhecida a partir da área quadra e da área de vegetação. Este tipo de ocupação pôde ser subdividida em alta 1 e alta 2 (Figura 5), em função do tamanho dos lotes e densidade de ocupação.

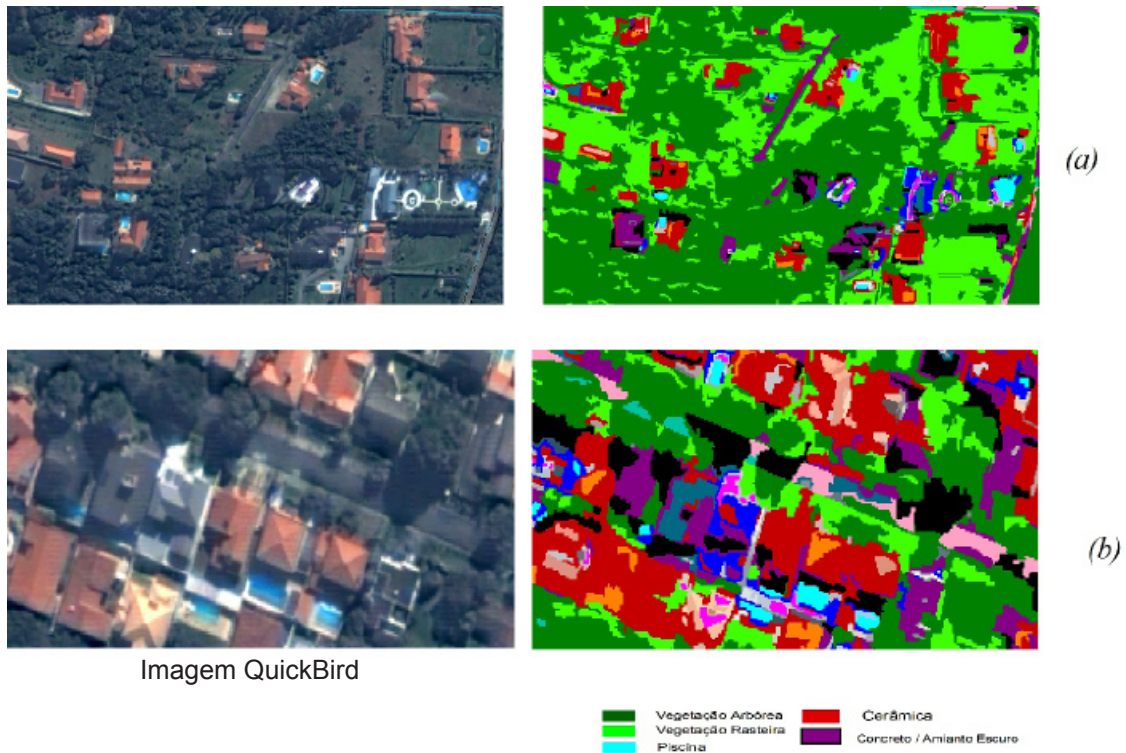


Figura 5 – coberturas do solo com características de ocupação da classe alta 1 (a) e alta 2 (b)

O atributo que permitiu a subdivisão da classe alta foi definido pela variação da área relativa da classe cerâmica escura nas quadras amostrais, conforme os limiares apresentados na Figura 6.

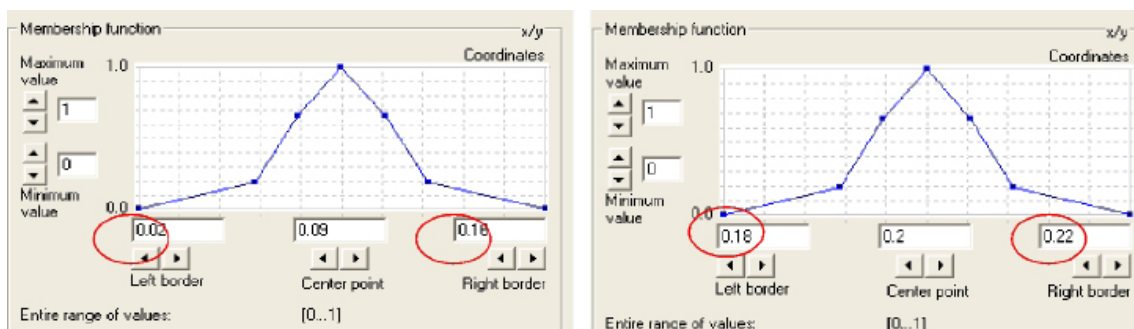


Figura 6 – Gráfico da função de área relativa de cerâmica escura para as classes alta 1 e alta 2- X= área relativa do atributo, Y= grau de pertinência.

- Classe média

Nessas áreas residenciais observa-se que as ruas são pavimentadas, arborizadas, as quadras são organizadas internamente, apresentando regularidade no tamanho das coberturas e presença de piscinas. Esta classe foi caracterizada pelos atributos de área relativa de concreto escuro e cerâmica escura. Foi ainda subdividida em média 1 e média 2, pois a área de estudo apresenta empreendimentos imobiliários do tipo conjunto residencial com cobertura padronizada, classificada como concreto escuro (Figura 7).

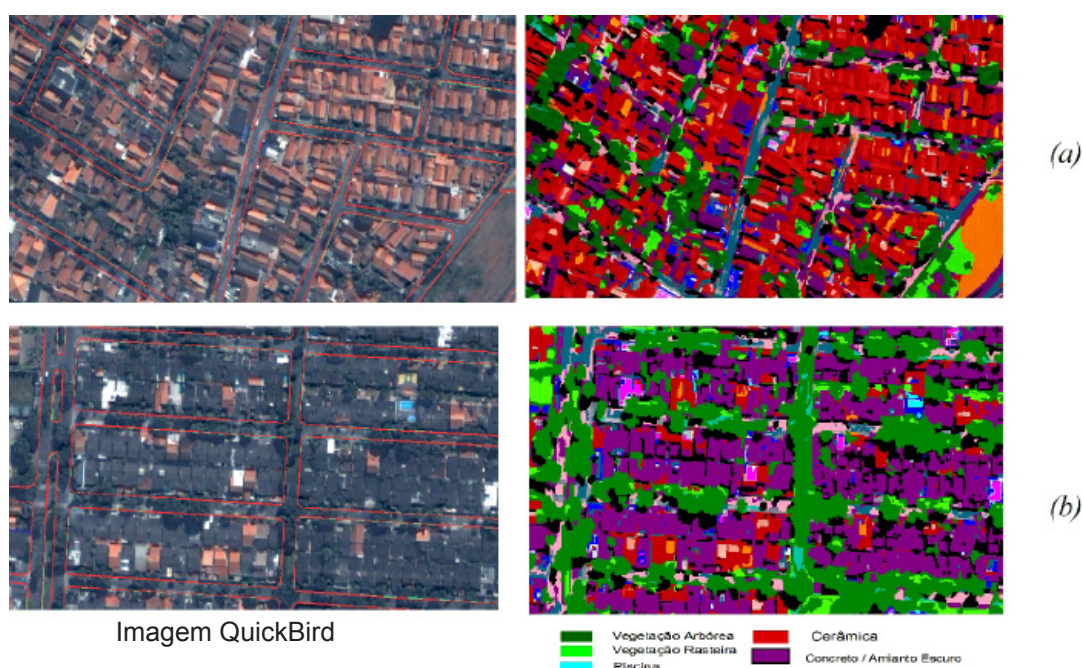


Figura 7 – Imagem e classificação da cobertura do solo com características de ocupação de média 1 (a) e média 2 (b)

Os atributos relacionados à área relativa da classe concreto escuro que permitiu a subdivisão desta classe foram limiarizados conforme Figura 8.

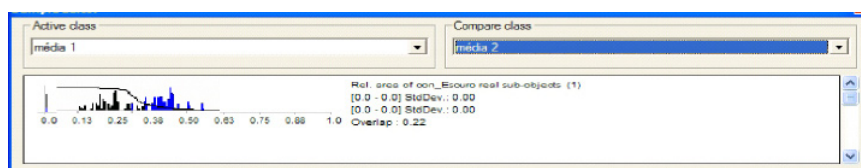


Figura 8 - Histograma do atributo de área relativa de concreto escuro para classes média 1 e média 2

- Classe baixa

Área consolidada, densamente ocupada, onde o traçado viário apresenta ruas estreitas, pavimentadas e com pouca arborização. Nas quadras pertencentes a esta classe observa-se a presença de grandes telhados indicando a coexistência de usos (residencial e comercial), há pouca arborização intraquadras. Esse tipo de ocupação pôde ser caracterizado pelos atributos de área relativa de concreto escuro e área relativa de cerâmica escura. Esta classe foi subdividida em baixa 1 e baixa 2, pois apresenta em determinadas quadras ausência de vegetação tanto nas ruas quanto nas quadras (Figuras 9).

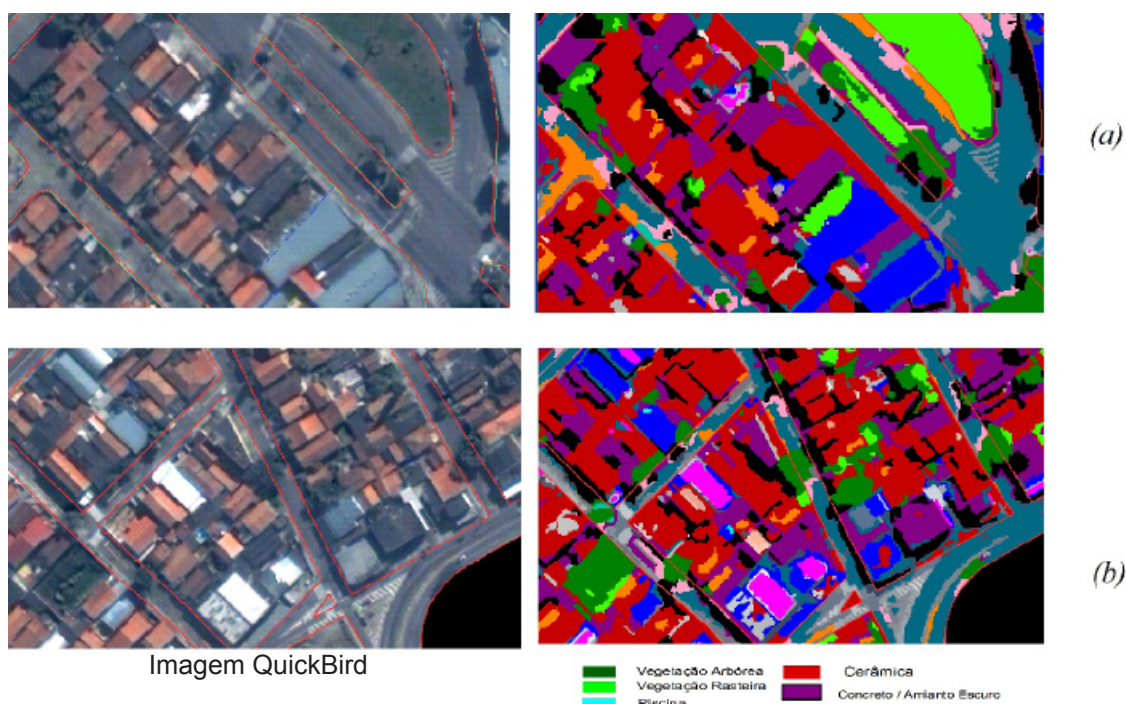


Figura 9 – Imagem e classificação da cobertura do solo com características de ocupação de classe baixa 1 (a) e baixa 2 (b)

Algumas quadras com características da classe baixa1 apresentaram os mesmos intervalos que as quadras da classe média1 para as coberturas de concreto escuro e cerâmica escura. Entretanto, essas áreas apresentaram diferentes proporções de vegetação arbórea nas ruas, o que pode ser observado nas classificações das Figuras 7 e 9. Nesse sentido, para diferenciar estas classes, foi necessário criar um índice de vegetação associado às quadras, contendo perímetro e área de vegetação presente

nas ruas circundantes das quadras residenciais. O perímetro é dado pela medida de intersecção da classe vegetação com a classe quadras residenciais. A área é dada pela área de vegetação contida na classe rua a uma distância de até 15 metros das quadras residenciais, distancia esta, definida empiricamente após a análise da área de estudo.

Por questões operacionais os procedimentos para obtenção deste índice foram realizados através dos softwares SPRING e TerraView. O uso do SPRING foi devido ao fato do layer de cobertura do solo possuir um grande número de polígonos contíguos na classe vegetação arbórea, gerando a necessidade de se agrupar estes polígonos. Este agrupamento foi realizado por meio da conversão dos dados em formato vetorial para o formato matricial e posterior re-conversão. Foi elaborado um programa (C++) para gerar os atributos de área e perímetro referentes ao índice de vegetação para cada quadra residencial. Posteriormente esses dados forem inseridos no TerraView onde através da consulta por atributos foram determinados os limiares deste índice para as classes média 1 e baixa 1. Os valores identificados para a classe média (área $\geq 100\text{m}^2$ e perímetro $> 0,06\text{m}$) e baixa (área $< 100\text{m}^2$ e perímetro $< 0,06\text{m}$) foram inseridos como um novo layer no e-Cognition. Esta informação foi selecionada como um atributo a mais para a identificação destas classes.

Classe multifamiliar

Embora o uso multifamiliar pudesse ser inserido, teoricamente, nas classes alta, média e baixa, este tipo de ocupação foi preliminarmente separado do unifamiliar na edição do layer quadras e ruas por apresentar configuração diferenciada das classes de cobertura do solo em relação às áreas unifamiliares (Tabela 3).

Tabela 3 – Configuração das classes de cobertura do solo intra-urbano das quadras ocupadas por uso residencial multifamiliar e unifamiliar.

Classes de cobertura do solo	<i>Multifamiliar</i>	<i>Unifamiliar</i>
	Cobertura metálica	
Concreto amianto claro		Telha cerâmica
Concreto amianto escuro		
Sombra		
Vegetação arbórea		

Estas áreas apresentaram, de maneira geral, alta densidade de sombra, presença de coberturas claras (concreto amianto claro ou cobertura metálica), piscinas e vegetação (Figura 10).



Figura 10 – Imagem e classificação da cobertura do solo com ocupação multifamiliar multi 1 (a) e multi 2 (b)

Na análise visual das amostras desta classe observou-se que as áreas ocupadas por conjuntos residenciais verticais podiam ser discriminadas daquelas áreas compostas por uma única construção vertical. A distribuição uniforme e padronizada e a densidade das construções nos lotes (Figura 10 - b) evidencia esse padrão. Isso levou à subdivisão da classe multifamiliar em multi 1 e multi 2. Baseando-se na análise do contexto urbano da cidade, a classe multi 1 foi considerada semelhante às características de ocupação da classe média e a multi 2 da classe baixa. Esta subdivisão também foi possível devido às distintas limiarizações dos atributos que determinavam as classes de cobertura do solo para estas áreas. O Gráfico 1 mostra a diferença dos limiares encontrados para a subdivisão da classe Multifamiliar.

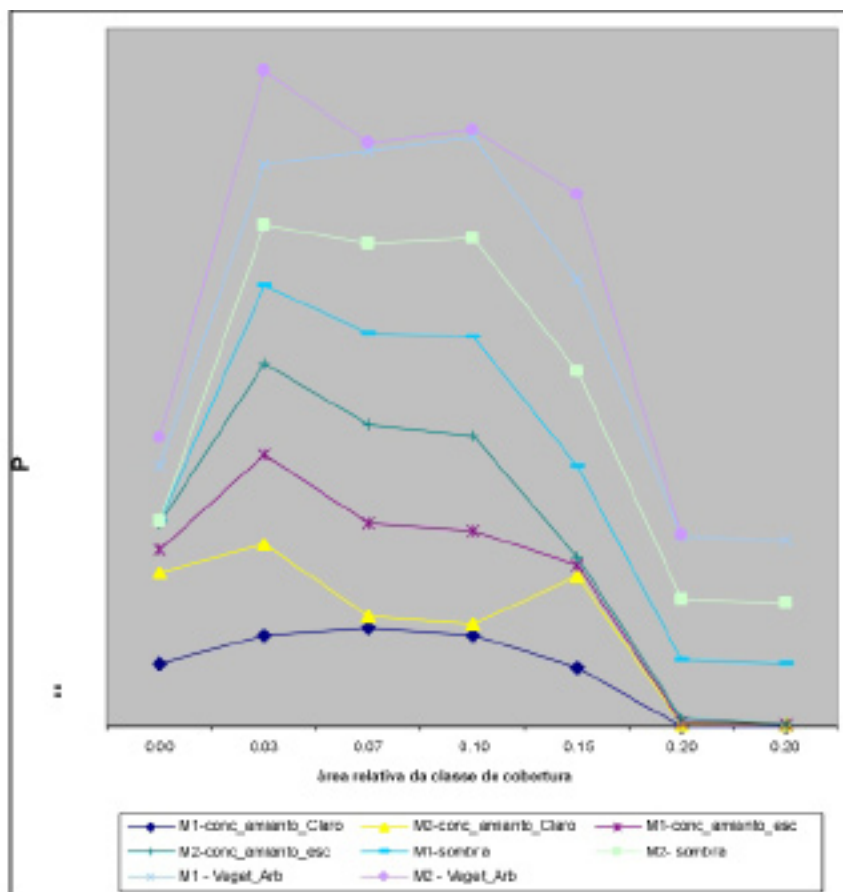


Gráfico 1 - Diferentes limiares das classes de cobertura do solo para o uso multifamiliar.

Classe Favelas

As áreas ocupadas por favelas são facilmente identificadas nas imagens de alta resolução espacial (Figura 11). De forma geral, elas apresentam desorganização interna e dificuldade de identificação do arruamento, evidenciando falta de planejamento no processo de ocupação. As coberturas das moradias apresentam grande diversidade de materiais (metálicos, madeira, etc) e irregularidade de forma e dimensão. Na área de estudo foram encontradas três áreas com estas características de ocupação. As classes de cobertura do solo que contribuíram para a elaboração dos descritores foram: concreto amianto claro, concreto amianto escuro, cobertura metálica, vegetação rasteira e sombra, estas últimas apresentando baixos limiares.

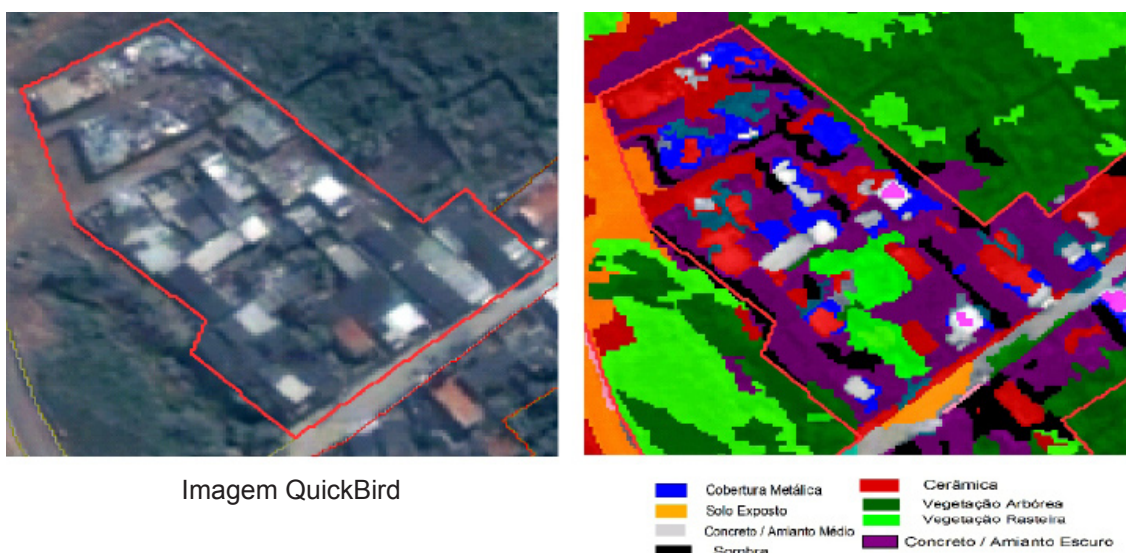


Figura 11 – Imagem e classificação da cobertura do solo com ocupação de favela

Após a elaboração dos descritores e das funções de pertinência foi realizada a classificação. A figura 12 apresenta os resultados da classificação final obtida neste trabalho.

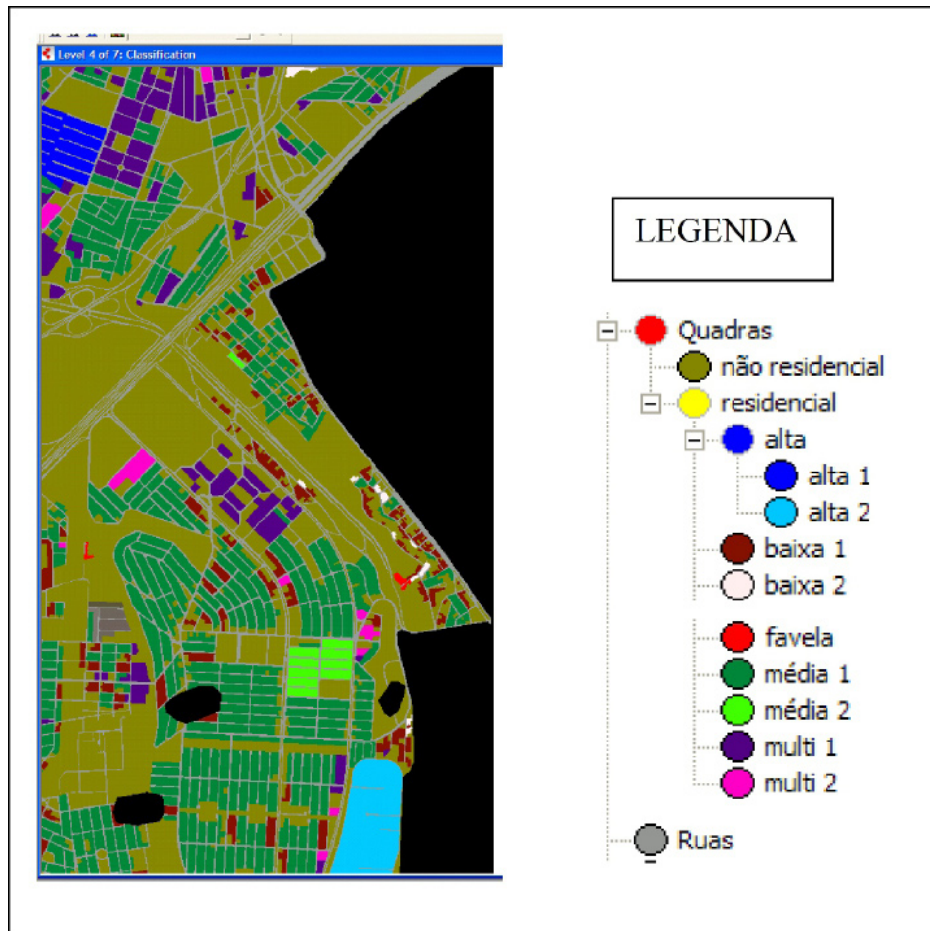


Figura 12 – Classificação de classes de uso residencial

Observa-se que as quadras classificadas como média 1, multi 1 e 2 e baixa 1 apresentam maior ocorrência na área de estudo. Há apenas 2 ocorrências para a classe alta, uma quadra ao norte, alta 1 e a sudeste, alta 2.

A avaliação estatística dos resultados, quando comparados aos dados de referência, foram sintetizados na matriz de erro conforme observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de erro e Kappa

REFERÊNCIA											
Class/Ref	Multi 1	Multi 2	Alta 1	Alta 2	Media 1	Media 2	Baixa 1	Baixa 2	Favela	Não Class	TOTAL
Multi 1	66										66
Multi 2		10									10
Alta 1			1								1
Alta 2				1							1
Media 1					376		16	1			393
Media 2					1	9	0	1			11
Baixa 1					48		65	0			113
Baixa 2								6			6
Favela									3		3
Não Class										1	1
TOTAL	66	10	1	1	425	9	81	8	3	1	605
Concordância global		0.89									
Kappa		0.78									

Segundo a concordância global e o índice Kappa observados, pode-se considerar o resultado da classificação como muito bom. Observa-se que as quadras classificadas como multifamiliar, alta, favela e suas variações apresentaram uma concordância de 100% com os dados da referência. Este fato pode ser explicado, no caso das classes alta 1 e alta 2, devido às características bastante diferenciadas em relação ao tamanho padrão dos lotes (grandes dimensões) e à alta densidade de vegetação, destacando-se do contexto das outras áreas.

As quadras das classes média 1 e baixa 1 são aquelas que apresentaram maiores erros de omissão e inclusão. Na tentativa de superar este problema foi elaborado o layer contendo o perímetro e área de vegetação nas ruas. No entanto, apesar de este procedimento melhorar o resultado da classificação em algumas quadras, o problema persistiu em outras. Uma melhora nos resultados poderia ser obtida com a definição de um atributo que indicasse a presença de casas geminadas nas quadras, já que a classe baixa 1 apresenta muitas construções deste tipo, o que a diferenciaria da classe média 1. No entanto, este tipo de reconhecimento de forma automática é muito difícil, pois, segundo Pereira et al (1989) e Kurkdjian (1986), dependem da análise das convergências de evidências e do contexto espacial, que consiste num processo dedutivo de identificação de objetos através da associação a outros fatores, exemplificado na Figura 13.

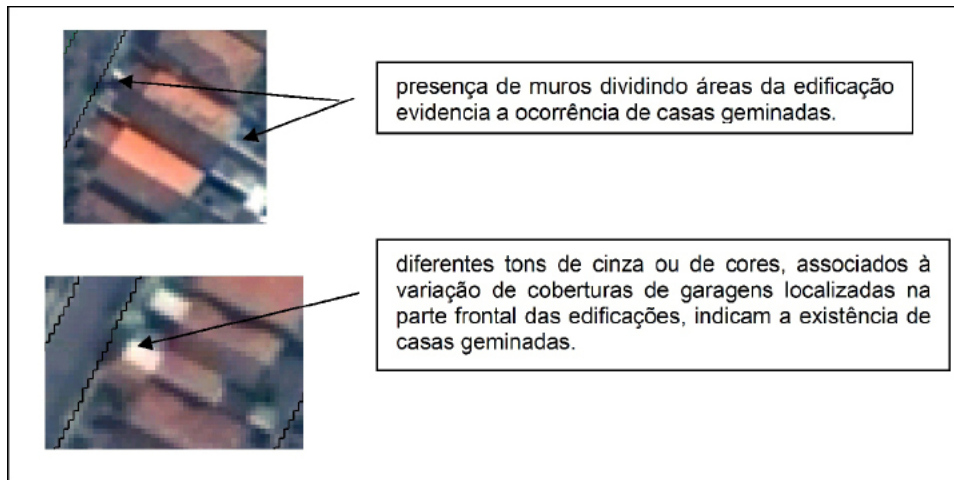


Figura 13 – Convergência de evidências da existência de casas geminadas.

CONCLUSÕES

Este estudo buscou trabalhar com as diferenças que o espaço geográfico, em sua dimensão concreta, apresenta. Essa diferenciação, aliada ao conhecimento que os autores têm da cidade, permitiu caracterizar as quadras como áreas com padrão de ocupação de população de baixa, média e alta renda e também áreas com favelas. Para isso, foi utilizado um mapa temático com as classes de cobertura do solo intra-urbano da cidade, obtido através da classificação orientada a objeto de uma imagem de alta resolução espacial.

A utilização de um conjunto de objetos hierarquicamente organizados, um classificador Fuzzy de pertinência e um mapa de cobertura do solo com boa exatidão temática, permitiram a elaboração de um mapa temático contendo a distribuição da população em classes sociais, cobrindo uma área de aproximadamente 40% da área residencial da cidade de São José dos Campos. Pôde-se observar que as classes do mapa de cobertura do solo apresentaram configurações diferenciadas (área, perímetro e presença) nas quadras analisadas, permitindo um bom resultado na classificação final.

Os resultados obtidos foram avaliados quantitativamente e qualitativamente, permitindo conhecer com certa precisão a distribuição dos diferentes segmentos populacionais que esta área da cidade apresenta. No entanto, considerando os erros de omissão e inclusão das áreas com características de ocupação da classe média e baixa, estudos mais aprofundados devem ser realizados a fim de se verificar se esta metodologia é adequada para a análise do espaço residencial da cidade como um todo.

Além disso, durante a realização do trabalho, foi necessário realizar a edição das informações vetoriais para a obtenção do isolamento da área de interesse dentro do ambiente intra-urbano, no caso, o uso residencial. Este tipo de procedimento demanda tempo e pode ser inviável para áreas intra-urbanas mais extensas.

Acreditamos que os resultados obtidos aqui são motivadores da continuidade de estudos nessa linha de pesquisa, cujo pressuposto teórico é que há uma estreita relação entre o espaço residencial construído e as características econômicas e sociais da população.

Mesmo considerando os limites de apreensão da totalidade que compreende o espaço geográfico, as imagens de alta resolução espacial apresentam novas possibilidades às análises geográficas na sua dimensão de reflexo da sociedade, ainda que esta possibilidade tenha estreita relação com o domínio das técnicas e o conhecimento que se tem da área de estudo.

REFERÊNCIAS

- DEFINIENS, e-Cognition Professional, **Users Guide 4.0**.
- GONÇALVES, C. D.A.B., SOUZA, I.M.PEREIRA, M.N.; FREITAS. Análise do Ambiente Residencial Urbano Visando a Inferência Populacional a Partir do Uso de Dados de Sensoriamento Remoto Orbital de Alta Resolução. **Geografia**, Rio Claro, v 31 n. 2 p.371-402, maio a agosto 2006
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002b. CD-ROM.
- JENSEN, J.R.; COWEN, D. C. Remote Sensing of Urban/suburban infrastructure and socio-economics attributes. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 5, p.611-622, may1999.
- KURKDJIAN, M.L.N.O. **Um método para identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de Sensoriamento Remoto com vistas ao planejamento urbano**. 1986.158f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (INPE 6358-TAE/026).
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- MESEV, V. **Remotely Sensed Cities**, London, UK, Taylor & Francis, 2003
- PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L.N. O.; FORESTI, C. **Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto**. São José dos Campos:INPE, 1989 (INPE-5032-MD/042).

PINHO, C. M. D; FEITOSA, F. F. e KUX, H.; Classificação automática de cobertura do solo urbano em imagem IKONOS: Comparação entre a abordagem pixel-a-pixel e orientada a objetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. (SBSR) 12, 2005. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos p. 4217 - 4224. CD-ROM. ISBN 85-17- 00018-8.

RIBEIRO, L.C.Q. **Dos cortiços aos condomínios fechados:** As formas de produção da moradia na cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Prefeitura Municipal. Secretaria de Planejamento e Meio-ambiente. SJCDados, **Arquivo digital dos dados do município de São José do Campos.** Disponível em: <<http://www.sjc.sp.gov.br>> Acesso em: maio 2001.

SOUZA, M. I. **Análise da estrutura do Espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial.** São José dos Campos. 100 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba - UNI-