

Análise Temática de Classificação Orientada a Segmentos para Apoio ao Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano

Cap QEM Carlos Alberto Pires de Castro Filho

1ª Divisão de Levantamento
90850-240 Porto Alegre RS

pires@1dl.com.br

Resumo: A permanente manutenção e atualização da base de dados de um cadastro técnico multifinalitário urbano – CTMU – constitui um desafio constante para as prefeituras municipais. Dados de sensoriamento remoto, através do processamento de imagens de alta resolução, vêm como uma alternativa para apoiar os trabalhos de campo durante estes processos de atualização cadastral. Atualmente, a classificação orientada a segmentos é tida como o tipo de processamento digital de imagens mais indicado e promissor para identificar automaticamente as diversas classes do terreno em imagens de alta resolução, levando em conta não somente a resposta espectral dos alvos, mas também suas variantes geométricas, topológicas e texturais. O objetivo deste trabalho é de desenvolver e analisar metodologias de classificação orientada a segmentos, verificando as exatidões alcançadas na identificação de classes referentes ao cadastro urbano. Através da aplicação das metodologias desenvolvidas, foram obtidas exatidões globais de 93% e 91%, validando estes procedimentos.

Palavras Chave: imagens de alta resolução, processamento de imagens, classificação orientada a segmentos.

Abstract: The permanent maintenance and update of the urban technical multi-finalitare cadastre data base constitutes a constant challenge for the municipal city halls. Remote sensing data, through high resolution image processing techniques, come as an alternative to support field works during processes cadastral update processes. Currently, segment-oriented classification is shown as the most indicated and promising digital image process to automatically identify diferent classes in high resolution images, taking in account not only the spectral characteristics of the targets, but also its geometric, topological and texturals variants. The objective of this work is to develop and to analyze segment-oriented classification methodologies, verifying the exactnesses reached in the identification of classes referring to urban cadastre. Through the application of the developed methodologies, global exactnesses of 93% and 91% had been achieved, validating those procedures.

Keyword: high resolution images, image processing, segment-oriented classification.

1 Introdução

O crescimento desordenado das cidades exige da administração pública instrumentos modernos de aquisição e processamento de dados, que tenham como objetivo apoiar modelos eficientes de gestão municipal. Não somente a qualidade e a totalidade dos dados necessários são suficientes para compor este instrumento de apoio à decisão, mas também sua constante atualização.

Segundo Averbek (2004), a velocidade de crescimento da urbanização se dá de forma mais crítica na parte informal da cidade, isto é, em assentamentos precários e ocupações subnormais. Nesta área de exclusão social é exatamente aonde residem as classes que necessitam de maior atenção das políticas públicas e programas sociais, ou seja, de um planejamento urbano. A constante atualização dos dados das

bases cadastrais é, portanto, fator essencial para inibir ou programar esse crescimento urbano informal, buscando atender suas necessidades básicas de infra-estrutura e regulamentação fundiária, entre outros.

Porém, a permanente manutenção e atualização da base de dados de um cadastro técnico multifinalitário urbano – CTMU – constitui um desafio constante para as prefeituras municipais (Costa et al., 2004b). Essas prefeituras devem se estruturar e planejar de forma periódica a atualização dos cadastros urbanos conforme o ritmo de expansão da cidade (Costa et al., 2004a) e de acordo com a necessidade de utilização desses dados como informações sociais urbanas (Jacoski/Fritche, 2004). Segundo Vaz (2000, apud Costa et al., 2004a), as prefeituras já devem possuir os custos e impactos das atualizações cadastrais previstas nos seus planos de ações.

Diversos estudiosos citam os dados oriundos de sensoriamento remoto – SERE – como uma opção tecnicamente viável no apoio à manutenção da atualização da base cadastral a baixos custos. Porém, antes de ser plenamente aplicado em trabalhos técnicos, um produto de SERE deve ser previamente testado e avaliado, tanto geométrica quanto tematicamente, podendo-se portanto limitar seu uso e aplicações.

De acordo com Costa et al. (2004a), a partir de procedimentos fotointerpretativos é possível identificar em imagens de alta resolução espacial alguns tipos de edificações ilegais, problemas de infra-estrutura de uma área urbana e a região em que a cidade está se expandindo mais. Tais fatores e feições, apesar de não possuírem precisão geométrica adequada para servirem como informações em uma atualização cadastral, auxiliariam nesse processo, dando apoio aos planejamentos dos trabalhos de campo onde seriam verificados pontos a serem atualizados na base cadastral e áreas de expansão a serem incluídas naquele documento.

Segundo Silva et al. (2003), Toutin/Cheng (2003) e Silva (2005), as imagens Ikonos II, de alta resolução espacial, são válidas geometricamente somente para serem utilizadas em escalas 1:25.000 e menores, mantendo dentro dessas escalas a precisão cartográfica/ técnica exigida. Ainda, segundo Alves (2005) e Pinho et al. (2005), a qualidade temática dessas imagens está restrita somente à identificação de algumas classes da área urbana, sendo necessário avaliar previamente quais classes pretende-se atualizar em uma base cadastral específica e se é possível identificar as mesmas nas imagens através das diversas técnicas de processamento.

As técnicas de processamento de imagens têm por objetivo preparar a imagem, submetendo a mesma a vários tipos de processamentos digitais que visam realçar os elementos do terreno existentes nela, auxiliando assim para que os procedimentos fotointerpretativos sejam realizados com maior precisão e confiabilidade. Dentre os tipos de processamento de imagens, a classificação pixel-a-pixel, desenvolvida na década de 70, é plenamente utilizada em imagens de baixa e média resolução espacial, distinguindo diferentes classes em uma imagem orbital. Porém, trabalhos como os de Nishida (1998), Blaschke/Strobl (2001), Andrade et al. (2003) e Pinho et al. (2005) demonstram que, no caso de imagens de alta resolução, a classificação orientada a segmentos é a mais indicada e promissora, já que leva em conta para identificar as classes não somente a resposta espectral dos alvos, mas também suas variantes geométricas, topológicas e texturais. Isso se dá pelo fato de que, em uma imagem de alta resolução espacial, um elemento do terreno é identificado pela união de vários pixels adjacentes - obtendo assim formas e dimensões distintas - diferentemente das imagens de média e baixa resolução, onde um pixel representa a resposta espectral de vários elementos. Essa união de vários pixels adjacentes e homogêneos espectralmente é realizada durante a fase de segmentação, essencial para formar segmentos os quais serão posteriormente classificados. Somando-se ao fato de que os segmentos possuem características de forma e texturais – além das espectrais - Antunes (2003) afirma que, no processo de classificação orientada a segmentos, existe menor correlação espectral entre segmentos vizinhos do que ocorre entre pixels vizinhos na classificação pixel-a-pixel.

2 Objetivo e área de estudo

O objetivo deste trabalho é de analisar tematicamente a metodologia de classificação orientada a segmentos para apoio ao cadastro urbano. Para tal, esta metodologia de classificação será aplicada à uma imagem híbrida do satélite Ikonos II, relativa ao setor de ocupação ilegal do município de Manaus, datada de 02 de fevereiro de 2001.

3 Metodologia de classificação orientada a segmentos

A metodologia de classificação orientada a segmentos aplicada neste trabalho seguiu o fluxograma conforme a figura 1. Nesta figura observam-se as fases a serem executadas para que as bandas dos sensores orbitais gerem um produto: a imagem classificada que servirá como apoio na confecção ou atualização da base cartográfica de um CTMU.

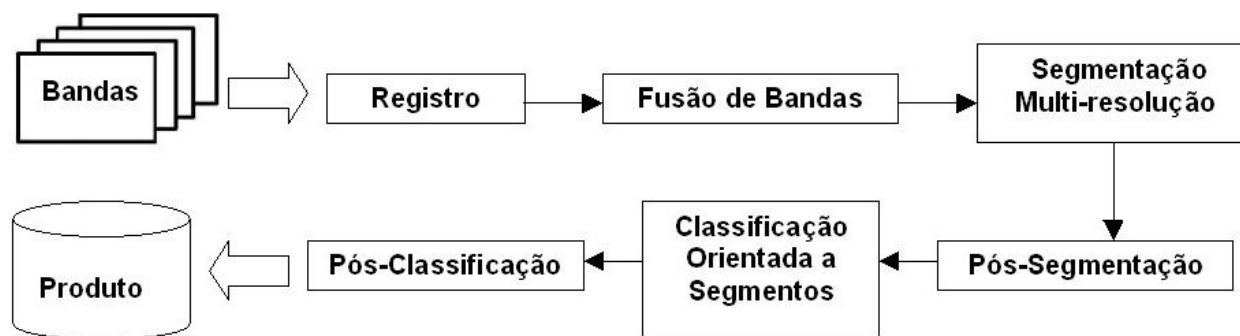


Figura 1 : Fluxograma de classificação orientada a segmentos.

3.1 Registro e Fusão de bandas

Inicialmente, conforme o fluxograma da figura 1, foi feito o registro imagem-imagem das bandas multiespectrais à pancromática, visando minimizar assim quaisquer deslocamentos entre elas antes de se iniciar os demais processos da metodologia. A fusão de bandas foi realizada pelo método IHS utilizando o software PCI Geomatics 4.0 e seguindo os procedimentos de acordo com Castro Filho/Vergara (2005), mantendo a resolução radiométrica original da imagem.

3.2 Segmentação Multiresolução e pós-segmentação

Para identificar elementos da superfície terrestre, a mente humana, através de sua visão, tende primeiramente a dividir a imagem visualizada em áreas homogêneas, verificando suas bordas ou limites (Anderson, 1982; e Baatz/Schäpe, 2000). Após esta identificação, é possível, através de procedimentos fotointerpretativos, discriminar objetos, evidenciando assim as características dos mesmos com base nos fatores de cor, forma, textura e contexto. Em ambiente computacional, este procedimento de “dividir a imagem visualizada” é chamado de segmentação, que se baseia principalmente no reconhecimento de padrões dos níveis de cinza – NC – fazendo com que a imagem seja dividida em diversas regiões homogêneas onde pixels são agrupados para formarem os segmentos.

Na segmentação multi-resolução ou multiresolutiva, são observadas diferenças tanto com relação aos fatores utilizados para seu processamento quanto aos resultados que envolvem segmentações em diferentes escalas e níveis, compondo uma estrutura hierárquica de segmentos. Benz et al. (2004) afirmam que o fato de serem utilizados fatores de forma e topológicos durante o processamento deste tipo de segmentação – além da tradicional resposta espectral representada pelo NC – faz com que seja gerada uma relação mais próxima entre os objetos do mundo real e os das imagens, aumentando assim a confiabilidade do resultado final. Para maiores detalhes sobre este tipo de segmentação, sugere-se observar o trabalho de Baatz/Schäpe (1999).

No presente trabalho optou-se, portanto, em se utilizar a segmentação multi-resolução no *software* eCognition 4.0, sendo utilizados os parâmetros de escala de 40, o fator de forma de 0,2 e o de compacidade de 0,9. Tais fatores foram definidos de forma empírica, realizando-se sucessivas segmentações com valores de parâmetros distintos, sendo escolhidos os valores que geraram segmentos mais significativos para a delimitação de feições relacionadas ao cadastro urbano. Para detalhes sobre as formulações da segmentação multi-resolução e das definições de seus parâmetros, sugere-se consultar Definiens Imaging (2000). Após a segmentação a imagem foi dividida em 13.154 segmentos, os quais

passaram pelo processo de pós-segmentação.

Segundo Benz et al. (2004), o processo de vetorização de feições em tela pode ser substituído pelo de segmentação automática. Porém, observa-se que através das técnicas de segmentação não é possível obter de forma automática segmentos com formatos iguais aos das feições imageadas. Entretanto, o eCognition possibilita a interação manual do usuário durante a etapa de pós-segmentação através da edição dos segmentos. Tal edição é feita utilizando-se de duas operações inversas: fusão e divisão de segmentos. Para maiores detalhes sobre tal método sugere-se consultar Castro Filho/Vergara (2005). Com a pós-segmentação a quantidade de segmentos da imagem em trabalho diminuiu para 9.470.

3.3 Classificação orientada a segmentos e pós-classificação

Na classificação orientada a segmentos, além de informações espectrais obtidas com base no valor dos NC (média, desvio padrão, vizinhança, quocientes, brilho), existem também outras informações que podem ser extraídas dos próprios segmentos, como características de forma (área, direção principal, assimetria, comprimento etc.) e textura (baseada nas análises interiores a cada segmento) (Gonçalves/Caetano, 2004). Caso a classificação orientada a segmentos seja feita sobre uma imagem que tenha sido segmentada através do método de segmentação multi-resolução, o fator contexto também se encontra presente, utilizando relacionamentos topológicos entre os diversos segmentos na sua rede de vizinhança e hierárquica (Willhauck et al, 2002). Para cada uma destas características, de onde se pode extrair informações do segmento existe um descritor, cujos parâmetros podem ser definidos de acordo com a metodologia de classificação a ser utilizada.

A classificação orientada a segmentos pode ser realizada de duas formas distintas no eCognition: pelo vizinho mais próximo e por funções de associação. A escolha da forma a ser utilizada depende unicamente do conhecimento do usuário sobre as características das classes a serem identificadas.

A classificação pelo vizinho mais próximo é semelhante à tradicional classificação supervisionada, onde é necessário que se escolham áreas de treinamento cujos valores dos descritores – no caso tanto espectrais quanto de forma e textura – definirão as respectivas classes. Este tipo de classificação é tido como sendo o mais apropriado para usuários que não possuam conhecimento das características espaciais das feições (Xiaoxia et al., 2004).

O método de classificação por funções de associação é baseado na lógica *fuzzy*, determinando graus de associação aos descritores dos segmentos para que estes sejam classificados. Este método consiste de três fases: definição das classes, distinguindo suas características (ou descritores) espaciais, espectrais e topológicas; construção das rotinas de classificação a partir de conjuntos de regras *fuzzy* aplicadas aos descritores, baseadas no conhecimento do usuário; e aplicação dessas rotinas na imagem segmentada, associando graus de pertinência das classes aos segmentos e finalmente classificando os segmentos à respectiva classe cujo grau é maior (Antunes, 2003).

Neste trabalho optou-se por realizar ambos os métodos de classificação, podendo-se comparar posteriormente os resultados obtidos. Maiores detalhes sobre a aplicação de tais métodos podem ser observados em Definiens Imaging (2000). Para ambos os casos as classes a serem identificadas foram definidas da seguinte forma:

- Rua – serão consideradas somente ruas asfaltadas;
- Caminhos – vias terrestres não asfaltadas identificáveis na imagem;
- Água – não só feições de hidrografia, como também piscinas e barragens, entre outras construídas pelo homem;
- Vegetação – relativa a qualquer tipo de vegetação;
- Solo Exposto – qualquer tipo de solo, sem presença de vegetação e sem o formato de

ruas ou vias terrestres;

- Pequenas Edificações – edificações com área abaixo de 32 m²;
- Médias Edificações – edificações com área entre 32 e 400 m²;
- Grandes Edificações - edificações com área acima de 400m²;
- Embarcações – qualquer feição construída pelo homem que esteja dentro da classe água.

Além de realizar estes métodos de classificação, o eCognition também dispõe de uma função que busca otimizar o uso dos descritores para aumentar a distância entre os valores centrais das classes, minimizando a superposição entre os valores das mesmas e as possíveis ambigüidades. Através de tal otimizador – nome que será dado à função – é possível identificar quais descritores deverão ser utilizados no método de classificação pelo vizinho mais próximo, buscando quais definirão a distância máxima entre as classes.

No presente trabalho, para o método pelo vizinho mais próximo, utilizou-se o otimizador, sendo inseridos para o cálculo de máxima distância entre as classes um total de 29 (vinte e nove) descritores:

- Espectrais (17) – média da banda R, G e B; brilho; diferença máxima; desvio padrão da banda R, G e B; razão da banda R, G e B; valor mínimo da banda R, G e B; valor máximo da banda R, G e B;
- De Forma (12) - área; comprimento; largura; comprimento/largura; compacidade, encaixe elíptico; encaixe retangular; perímetro; índice de forma; densidade; direção principal e assimetria.

O método de classificação por funções de associação segue o “modelo baseado em conhecimento” descrito por Câmara (2000). Através dele é possível manipular o uso de descritores e dos valores e tipos de funções de associação para que segmentos com características espectrais, de forma, de tamanho, de textura e contextuais sejam classificados com base em graus de associação. Na figura 2 pode-se observar as rotinas geradas para cada uma das classes, utilizando-se de operadores lógicos/matemáticos aplicados aos descritores selecionados. A seleção destes descritores foi baseada em pesquisas bibliográficas feitas em trabalhos de diversos autores, dentre os quais Blaschke/Strobl (2001), Hofmann (2001), Alves (2005) e Pinho et al. (2005). Nesta figura observa-se que para descrever as classes foram geradas rotinas a partir de descritores espectrais (em verde), de forma/tamanho (em azul) e contextuais (em vermelho). Por estar-se tratando de classes urbanas – cujas áreas são relativamente menores do que as rurais – decidiu-se não utilizar descritores de textura, sugerindo a aplicação destes para trabalhos futuros.

A etapa de pós-classificação possui como objetivo o de melhorar os resultados obtidos na etapa de classificação, através da inclusão de novos dados de interesse àquele processamento. Neste trabalho a pós-classificação foi feita de duas formas distintas: para os resultados das classificações feitas através do método do vizinho mais próximo e para o método das funções de associação.

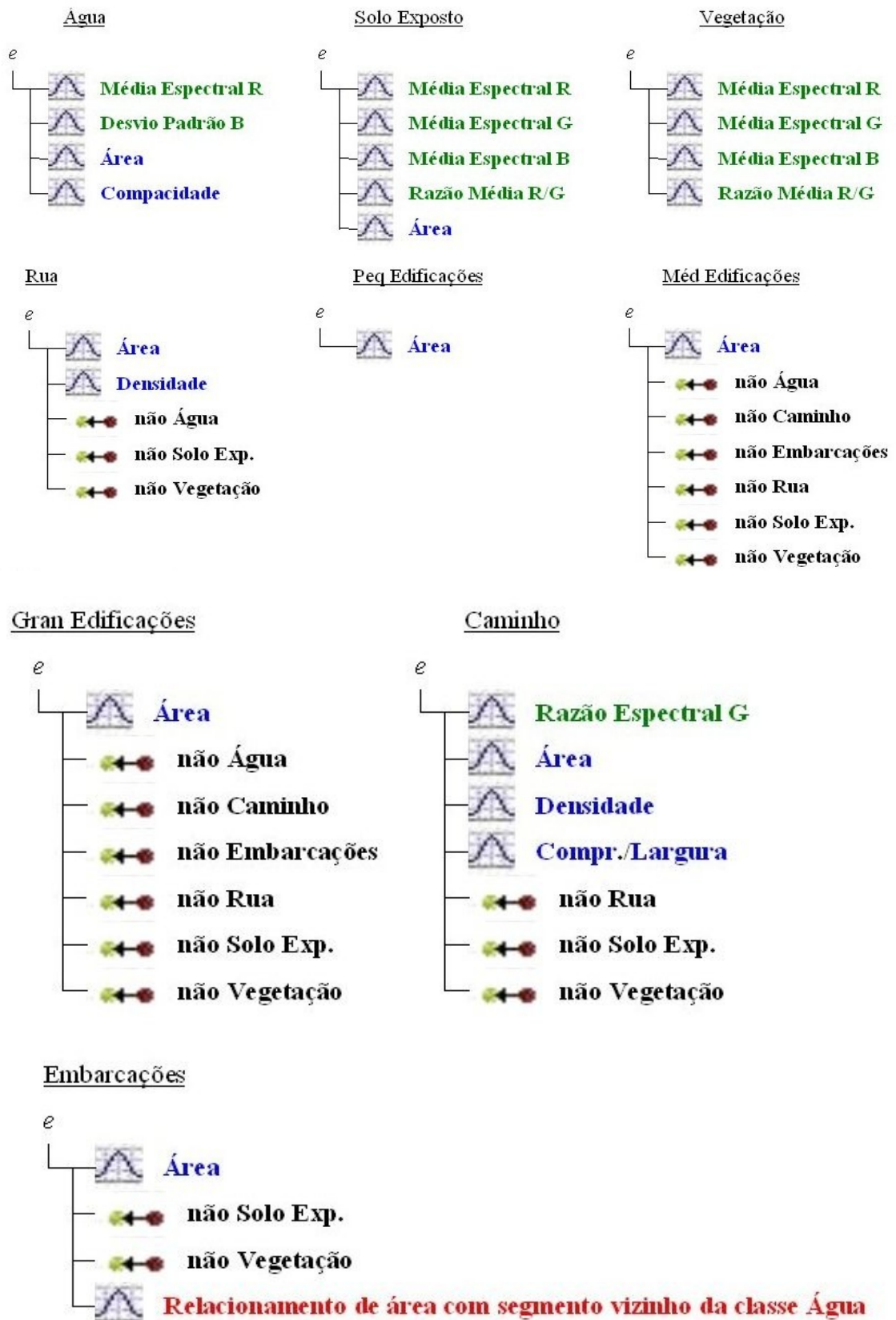


Figura 2 : Rotinas de classificação pelo método das funções de associação.

A pós-classificação feita para o método do vizinho mais próximo foi realizada adicionando 50 novas amostras relativas à cada classe (cerca de 10% da quantidade inicial) e re-classificando a imagem. Já no método de classificação pelas funções de associação, a pós-classificação foi feita ajustando-se diretamente os intervalos dos valores dos descritores de cada classe e modificando os gráficos das funções de associação das mesmas.

4 Resultados

Dos 29 (vinte e nove) descritores inseridos para o cálculo da máxima distância entre as classes, o otimizador selecionou 23 (vinte e três), obtendo a distância máxima de 1,2. Foi então executada a classificação pelo método do vizinho mais próximo a partir dos seguintes descritores selecionados:

- Espectrais (16) – média da banda R, G e B; brilho; desvio padrão da banda R, G e B; razão da banda R, G e B; valor mínimo da banda R, G e B; valor máximo da banda R, G e B;
- De Forma (7) - comprimento/largura; encaixe elíptico; encaixe retangular; índice de forma; densidade; direção principal e assimetria.

Para que fossem analisados os resultados das classificações executadas por ambos os métodos, foram construídas matrizes de erros ou confusão, utilizando-se a distribuição multinomial conforme é explicitado por Congalton/Green(1999). Para tal, foram utilizadas para o cálculo do tamanho das amostras de avaliação (n) a precisão mínima desejada de 85% (indicada por Anderson et al 1976 apud Congalton/Green, 1999) e o risco do usuário de 5%, sendo o valor final de n igual a 582 amostras.

A distribuição dos pontos de amostra sobre a imagem classificada foi feita utilizando-se o método de amostragem aleatória estratificada, buscando um número mínimo de 50 (cinquenta) amostras para cada classe. Juntamente a isto, foram construídas matrizes de erro de duas formas distintas: por segmentos e por pixels.

Na avaliação por segmentos foi definido que cada um dos pontos amostrais se relacionaria com somente um segmento, de tal forma que somente seriam aceitos pontos que caíssem sobre segmentos que não haviam sido avaliados ainda. Tal critério fez com que os 582 pontos da avaliação se tornassem 582 segmentos, o que avaliaria de forma mais adequada as rotinas de classificação, estando as mesmas orientadas a segmentos.

Já, na avaliação por pixels, dois ou mais pontos amostrais poderiam cair sobre o mesmo segmento. Através deste critério, apesar de não serem avaliados os segmentos classificados, pode-se avaliar a classificação da imagem como um todo, dando importâncias proporcionais às classes de acordo com o tamanho de suas áreas.

A tabela 1 mostra os resultados obtidos nas diferentes avaliações de ambos os métodos de classificação, tanto com relação ao valor das exatidões, quanto com relação ao valor do coeficiente Kappa (κ), o qual determina estatisticamente o quanto uma matriz de erro difere significativamente de outra (Bishop et al., 1975 apud Congalton/Green, 1999). Observa-se nesta tabela que os valores na avaliação por pixels em ambos os casos foram superiores aos das avaliações por segmentos. Tal fato ocorre já que para cada segmento que foi avaliado como corretamente classificado, existem vários pixels – referentes às áreas daqueles segmentos – que também foram avaliados da mesma forma. Apesar de o mesmo ocorrer com os segmentos que foram avaliados como incorretamente classificados, como todos os valores de exatidão na avaliação por segmentos foi acima de 0,5, a quantidade de segmentos avaliados como corretamente classificados foi superior à quantidade de incorretos; isto fez com que a avaliação por pixels sempre fosse superior a por segmentos.

Tabela 1 - Valores de exatidão e Kappas globais por segmentos e por pixels

Método de Classificação	Avaliação p/ Segmentos		Avaliação p/ Pixels	
	Exatidão	Kappa	Exatidão	Kappa
Vizinho mais próximo c/ otimizador	0,68	0,61	0,93	0,91
Funções de associação	0,70	0,65	0,91	0,88

Na figura 3 observa-se a o resultado da classificação da área de ocupação ilegal de Manaus pelo método do vizinho mais próximo com o uso do otimizador, a qual obteve o melhor resultado dentre os métodos utilizados.

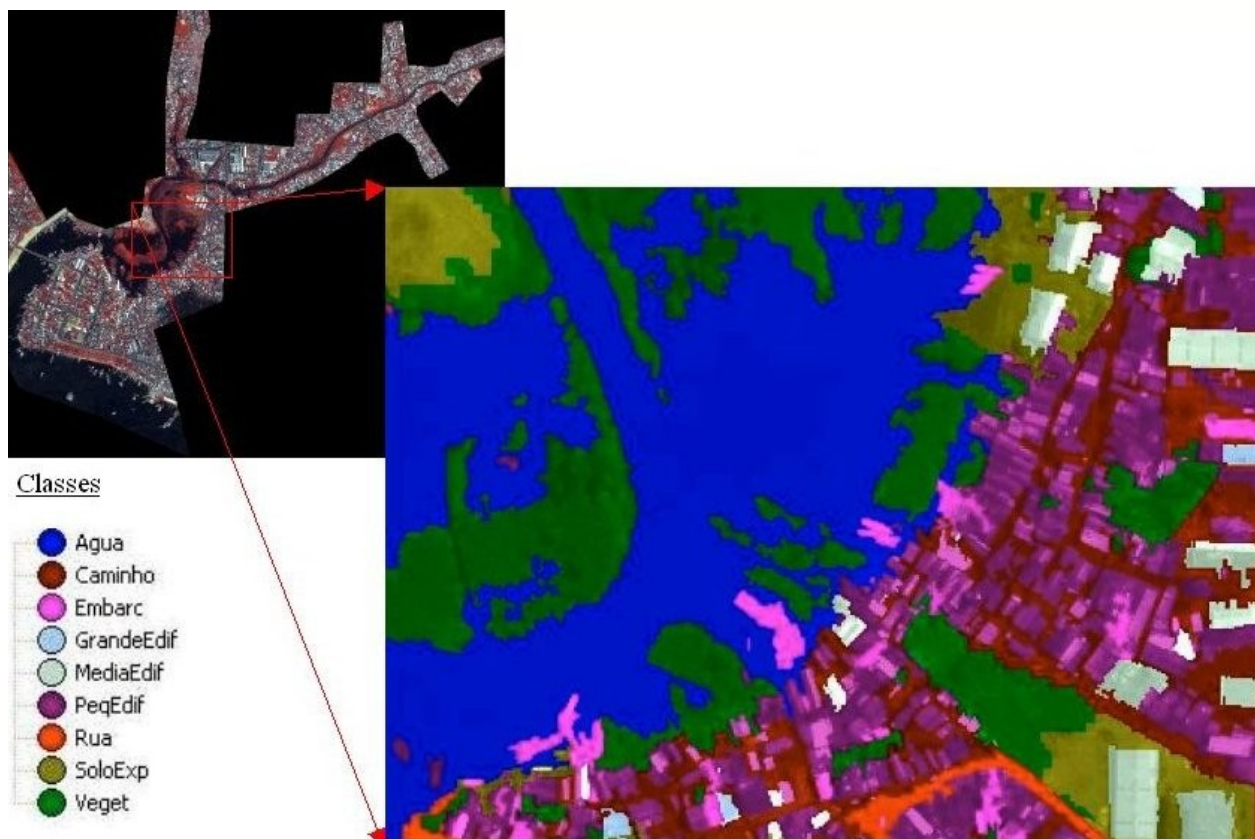


Figura 3 : Classificação pelo método do vizinho mais próximo com auxílio do otimizador.

5 Conclusões

De acordo com a escala lingüística de concordância de Landis/Koch (1977 apud Gaboardi, 2003), os resultados de ambas as classificações, avaliadas por pixels, foram considerados excelentes (exatidões de 93% e 91%), sendo suas avaliações por segmentos consideradas muito boas (com exatidões de 68% e 70%). Tais avaliações validam ambas as metodologias de classificação desenvolvidas neste trabalho, podendo estas serem empregadas para apoio ao CTMU nos seus aspectos temáticos.

Por estar-se tratando de uma classificação orientada a segmentos, pode-se convir que as avaliações também devam ser feitas sobre os segmentos. Entretanto, tendo-se modificado os segmentos durante a etapa de pós-segmentação – o que fez com que o valor das áreas de alguns dos segmentos aumentasse enquanto as de outros diminuisse – fez com que o tamanho deles se tornasse bastante heterogeneo, não sendo aconselhável portanto tratá-los de forma equivalente. Conseqüentemente, neste caso, optou-se por considerar somente o resultado da avaliação por pixels, que depende somente do arquivo matricial gerado pela classificação da imagem.

Dentro das metodologias desenvolvidas, a pós-segmentação é uma etapa que, apesar de ser bastante trabalhosa demonstrou auxiliar de forma positiva na metodologia de classificação orientada a segmentos, fazendo com que o formato dos segmentos se assemelhasse aos das feições. Tal fato faz com que os descritores selecionados para cada classe se aproximem dos naturalmente utilizados pelo ser humano durante os procedimentos fotointerpretativos visuais.

De acordo com a necessidade, o operador pode optar qual é a metodologia que melhor se adequa aos seus interesses. Caso se deseje realizar uma classificação de forma instantânea, comparando através da mesma rotina de classificação imagens de locais e/ou tempos distintos, deve-se utilizar o método das funções de associação sem as etapas de pós-segmentação e pós-classificação. Já caso deseje maior exatidão na classificação, é necessário que se disponha de tempo suficiente para realizar tais etapas, havendo, portanto, interferência do operador. A utilização do método das funções de associação ou do vizinho mais próximo depende do conhecimento do usuário sobre as classes, as quais, no primeiro caso, serão inicialmente caracterizadas por critérios previamente definidos.

Verificou-se que as principais causas de erros nas classificações realizadas neste trabalho foram de mapeamento (Congalton/Green, 1999), devido a impossibilidades da rotina construída em identificar os diferentes elementos do terreno. Tal impossibilidade pode-se dever tanto às limitações das características técnicas da imagem utilizada quanto às inevitáveis imperfeições na construção da rotina pelo operador.

6 Referencias Bibliográficas

- Alves, R. A. L.:** *Identificação de Alvos Urbanos em Imagens Ikonos, Aplicando Classificação Orientada a Segmentos*. 2005. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia, 2005.
- Anderson, P. S.:** *Fundamentos para Fotointerpretação*. Sociedade Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro. 1982. 139 p. CDD 526.9823.
- Andrade, A. F.; Botelho, M. F.; Centeno, J. A. S.:** *Classificação de Imagens de Alta Resolução Integrando Variáveis Espectrais de Forma Utilizando Redes Neurais Artificiais*. Anais XI SBSR. INPE. Belo Horizonte. 2003. p. 265-272
- Antunes, A. F. B.:** *Classificação de Ambiente Ciliar Baseada em Orientação a Objeto em Imagens de Alta Resolução Espacial*. 2003. 147 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, 2003.
- Averbeck, C. E.:** *O Cadastro Técnico Multifinalitário, a Planta de Valores Genéricos e a Participação do Cidadão*. Anais Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. 2004. Disponível: <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia-online/index.htm/> [capturado em 02 mai 2005]
- Baatz, M.; Schäpe, A.:** *Object oriented and multiscale image analysis semantic network*. 2nd International Symposium on Operational Remote Sensing. ITC. Netherlands. 1999. <http://www.definiens-imaging.com/documents/reference1999.htm> [capturado em 11 jan 2005]
- Baatz, M.; Schäpe, A.:** *Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation*. 2000. Disponível: <http://www.definiens-imaging.com/documents/reference2000.htm> [capturado em 11 jan 2005]
- Benz, U. C.; Hofmann, P.; Willhauck, G.; Lingerfelder, I.; Heynen, M.:** *Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information*. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol 58, pág 239-258. 2004. Disponível: <http://www.elsevier.com/locate/isprsjprs> [capturado em 10 jul 2005]
- Blaschke, T.; Strobl, J.:** *What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS.* 2001. GeoBIT/GIS 6: 12-17. Disponível: <http://www.definiens-imaging.com/documents/reference2001.htm> [capturado em 11 jan 2005]
- Câmara, G.:** *Introdução a Ciência da Geoinformação*. INPE, 2000 Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html> [capturado em 16 nov 2004]
- Castro Filho, C. A. P.; Vergara, O. R.:** *Comparação de Segmentação Multiresolutiva em Imagens de Diferentes Resoluções Radiométricas*. Anais XXII CBC. Macaé - RJ. 2005.

Congalton, R. G.; Grenn, K.: *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Lewis Publishers. Denver. EUA. 1999. 180 p. ISBN 0873719867.

Costa, A. M.; Loch, C.; Schenini, P. C.; Souza, D. A.: *Contribuição do Cadastro Técnico Multifinalitário para a Gestão Municipal: uma ferramenta de apoio ao planejamento municipal*. Anais Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. 2004a. Disponível: <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia-online/index.htm/> [capturado em 02 mai 2005]

Costa, A. L. B. A.; Castro, C. M. S.; Sampaio, F. L.; Pinto, M. M. R.: *Cadastro Técnico Georreferenciado – Base única de Endereçamento em Municípios Baianos*. Anais Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. 2004b. Disponível: <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia-online/index.htm/> [capturado em 02 mai 2005]

Definiens Imaging: *eCognition User Guide 3*. 2000. Disponível em: <http://www.definiens-imaging.com/documents/index.htm> [capturado em 05 mai 2003]

Gaboardi, C.: *Utilização de Imagem de Coerência SAR para Classificação do Uso da Terra: Floresta Nacional do Tapajós*. 2003. 137 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.

Gonçalves, L.; Caetano, M.: *Classificação das Imagens do Satélite IKONOS Utilizando uma Abordagem Orientada por Objetos*. 2004. Disponível: <http://www.definiens-imaging.com/documents/> [capturado em 10 jul 2005].

Hofmann, P.: *Detecting urban features from IKONOS data using an object-oriented approach*. 2001. Disponível: <http://www.definiens-imaging.com/documents/> [capturado em 02 abr 2005]

Jacoski, C. A.; Fritche, L. Y.: *Atualização Cadastral Dirigida – Um Estudo no Município de Chapecó (SC)*. Anais Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. 2004. Disponível: <http://www.geodesia.ufsc.br/geodesia-online/index.htm/> [capturado em 02 mai 2005]

Nishida, W.: *Uma Rede Neural Artificial Para Classificação de Imagens Multiespectrais de Sensoriamento Remoto*. 1998. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1998.

Pinho, C. M. D.; Feitosa, F. F.; Kux, H. J. H.: *Classificação Automática de Cobertura do Solo Urbano em Imagens IKONOS: Comparação Entre a Abordagem Pixel-a-Pixel e a Orientada a Objetos*. Anais XII SBSR. INPE. Goiânia. 2005. p. 4217-4224.

Silva, A. J. F. M.; Silva, M. V. D.; Santini, D.: *Mapeamento Topográfico Usando Imagens Ikonos*. Anais XI SBSR. INPE. Belo Horizonte. 2003. p. 297-302.

Silva, W. B.: *Avaliação da Geometria de Imagens Ikonos Ortoretificadas Através das Transformações Polinomiais Racionais*. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia, 2005.

Toutin, T.; Cheng, P.: *Desmystification of IKONOS*. 2003. Disponível: http://www.engesat.com.br/news/desmystification_ikonos.htm [capturado 16 fev 2005]

Willhauck, G; Benz, U; Siegert, F.: *Semiautomatic classification procedures for fire monitoring using multitemporal SAR images and NOAA-AVHRR hotspot data*. 2002. Disponível: <http://www.definiens.com> [capturado em 11 jan 2005]

Xiaoxia, S.; Jixian, Z.; Zhengjun, L.: *An Object-Oriented Classification Method on High Resolution Satellite Data*. 25th ACRS. Chiang Mai, Thailand. 2004. pág. 347 – 350. <http://www.definiens-imaging.com/documents/reference2004.htm> [capturado em 11 jan 2005]