

EXTRAÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM AMBIENTES URBANOS UTILIZANDO IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO E DADOS DO LASER SCANNER

Máximo Miqueles¹
Jorge Centeno¹

¹Departamento de Geomática, Universidade Federal de Paraná - UFPR.
C.P. 19001, CEP 81531-990, Curitiba, PR, Brasil.
max_miqueles@pop.com.br, centeno@ufpr.br

ABSTRACT:

The paper describes the result of recent experiments of a project that deals with the combined use of high resolution satellite images, Quickbird, and laser scanner data to analyse urban images. The aim of the project is to recognize buildings and point out the occurrence of new buildings or detect new compartments within old constructions, based on a more comprehensive description of the visible objects within the image. For this purpose, Quickbird images and laser scanner data of a region in south Brazil are analysed using an object oriented approach. The results of the experiments are used to describe the advantages of the approach compared to the traditional pixel-based classification.

Palavras Chave: Laser Scanner, Quickbird, Classificação.

1. INTRODUÇÃO

O uso do *Laser Scanner* como técnica de coleta de dados espaciais está crescendo nos últimos anos. Esta tecnologia encontrou vasto campo de aplicação no mapeamento da superfície da Terra, onde se destaca a aquisição de modelos numéricos do terreno. Alguns países, como a Holanda, já têm levantamentos a *Laser Scanner* que cobrem toda sua extensão (Wouters e Bollweg, 1998). Algumas aplicações atuais do *Laser* são o monitoramento de erosão nas regiões costeiras e o mapeamento urbano, pois as informações altimétricas detalhadas, por ele fornecidas, permitem detectar mudanças do relevo ou da ocupação do terreno. Visto que o *Laser Scanner* permite também estimar a elevação dos objetos acima da superfície, seu potencial uso no monitoramento da vegetação é promissor. Embora o *Laser Scanner* não permita uma detalhada descrição das características espectrais dos objetos, ele pode dar informações a respeito de sua altura e forma.

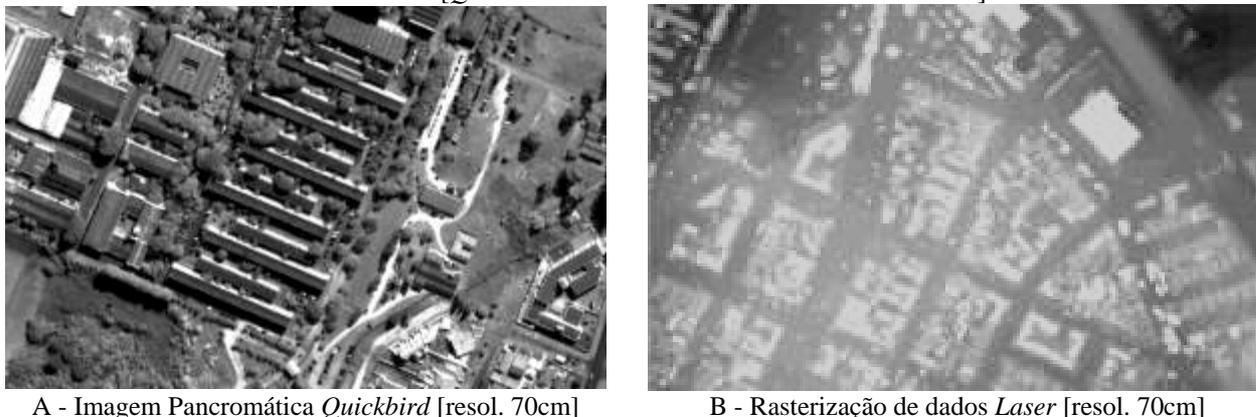
No presente artigo são apresentados os resultados de um projeto de pesquisa cujo objetivo é identificar construções utilizando, de maneira conjunta, dados de imagens de satélite de alta resolução e dados de um levantamento *Laser Scanner*. O objetivo é a criação de um mapa temático que diferencie áreas construídas das demais classes ou realidades encontradas na imagem.

2. MATERIAIS E ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é uma região próxima ao Campus Centro Politécnico da UFPR, mais precisamente no bairro Jardim das Américas. A empresa LACTEC (Laboratório PERLA) realizou um levantamento parcial com o sistema *Laser Scanner* e forneceu os dados para a realização deste trabalho. A empresa TESE (Tecnologia em Sistemas Espaciais) forneceu as imagens referentes ao sistema *Quickbird*, de acordo às especificações do sensor, ou seja, duas imagens com alta resolução espacial, sendo uma imagem pancromática com resolução de 70 cm e outra multiespectral com resolução de 2.8m; as imagens foram fornecidas com um

registro prévio, ou seja, já estavam geo-referenciadas. As imagens fornecidas estão com uma inclinação de aproximadamente 15°. As Figuras 1 A e B demonstram as imagens fornecidas.

FIGURA 1 – IMAGENS FORNECIDAS [QUICKBIRD E LASER SCANNER DA REGIÃO]



O desenvolvimento deste trabalho está baseado, principalmente, na utilização do *software eCognition* para a geração do mapa temático de área urbana, que possui como principal característica uma abordagem “orientada a objeto”. Também se faz o uso do *software ENVI* versão 3.6, que dispõe de ferramentas para a manipulação digital de imagens, pode-se destacar o uso deste para a realização da correção geométrica da imagem de alta resolução bem como sua fusão mediante a técnica da análise de Componentes Principais.

3. METODOLOGIA

Foram definidos recortes para a área de estudo. Como a imagem derivada do *Laser Scanner* é apresentada em um sistema ortogonal, e a imagem *Quickbird* numa projeção central, foi tomado o devido cuidado de escolher áreas onde não ocorressem construções muito elevadas que aparecem rebatidas na imagem multiespectral, devido à geometria de aquisição. Com isto se minimizou a ocorrência de divergência de informação.

3.1 FUSÃO DE IMAGENS

Para aproveitar os dados da imagem pancromática junto com a imagem multiespectral e assim aumentar o detalhe numa composição colorida, foi realizada a fusão entre estas imagens, de modo a unificar a informação espectral da imagem multiespectral juntamente com a informação espacial contida na imagem pancromática, através do método das componentes principais.

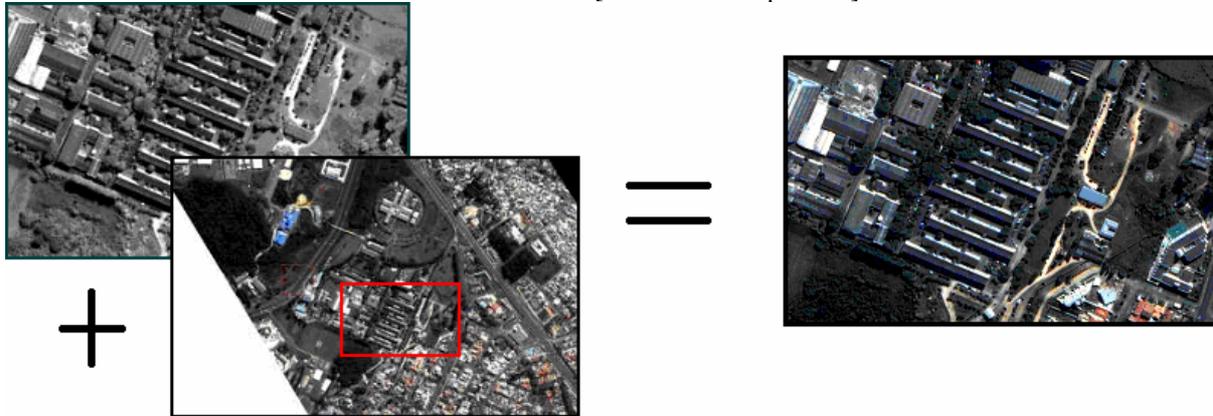
Para a realização deste procedimento, a imagem multiespectral deve ser reamostrada, de modo a que fique com a mesma resolução espacial que a imagem pancromática, para isto, foi utilizado o interpolador bilinear. A seguir, procede-se à fusão das imagens. A imagem resultante (chamada de híbrida) herda a informação espectral da imagem original, ou seja, se a imagem original possui 4 bandas, a imagem híbrida também possuirá as 4 bandas bem como a informação espacial fornecida pela banda pancromática. A seguir são demonstrados os passos para a realização da fusão por CP no *software ENVI*:

- Transformação direta da imagem multiespectral reamostrada no espaço RGB;
- Substituição da primeira componente, pela banda pancromática;
- Aplicação da transformação inversa de modo a retornar ao espaço de cores original, obtendo assim uma imagem híbrida.

Vale lembrar que as características espectrais desta nova imagem, não são exatamente iguais às da imagem original, visto que, a realização deste método se dá por um artifício

matemático e em uma de suas etapas, o método elimina informação espectral para poder inserir a informação espacial. A Figura 2 exemplifica o método de fusão de imagens.

FIGURA 2 – EXEMPLO DE FUSÃO DE IMAGENS [PAN + Multiespectrais]



3.2 CORREÇÃO GEOMÉTRICA

A seguir, a imagem híbrida foi submetida ao processo de correção geométrica. Para esta etapa não foi necessária a coleta de pontos de controle em campo, pois as coordenadas dos pontos de apoio foram obtidas dos dados do levantamento *Laser Scanner*, ou seja, foram determinados pontos notáveis na imagem *Laser Scanner* de forma que os mesmos possam ser reconhecidos na imagem multiespectral. Vale ressaltar que os mesmos cuidados para a escolha de pontos de controle em campo devem ser tomados para a o registro imagem-imagem.

3.3 MANIPULAÇÃO DOS DADOS LASER

Uma vez “recortada” a área escolhida do arquivo de pontos do levantamento *Laser Scanner*, criou-se uma malha ou *grid* dos mesmos de forma a retratar a área levantada pelo sistema. A interpolação deste *grid* é feita pelo *software* SURFER. O interpolador escolhido para esta operação é o método do inverso de uma distância ao quadrado, que é bastante eficiente em termos de processamento computacional. O resultado obtido é uma grade com a altitude dos pontos, ou seja, um modelo digital da superfície.

Para o uso das imagens no *software eCognition*, existe a necessidade de transformar a grade de altimetria em uma imagem num formato compatível. Para isto utilizou-se o *software* ENVI que dispõe de uma função apropriada que transforma grades de elevação em imagens de 11 bits. O resultado de um recorte pode ser visto na Figura 1B.

3.4 SEGMENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

O processo de segmentação de imagens tem por objetivo dividir uma imagem, em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas como, por exemplo, a uniformidade espectral dos *pixels*, sua textura e contraste (WOODCOCK et al. 1994). O processo aqui utilizado considera duas características das regiões formadas: sua uniformidade espectral e a compacidade das regiões, de maneira a garantir que as regiões formadas sejam homogêneas em termos espectrais e espaciais.

A formação de regiões ou segmentação, é realizada no *software eCognition*, segundo o algoritmo FNEA (Baatz e Scchäpe, 1999). Neste algoritmo, a formação de regiões é controlada por um parâmetro, denominado parâmetro de escala (*scale parameter*), que é o resultado da combinação de dois fatores que descrevem a uniformidade em termos espaciais e espectrais das regiões formadas. A escolha deste parâmetro é função do operador, pois é este

quem define a melhor opção levando em consideração as características dos objetos na imagem. Para sua fixação, o usuário deve ponderar as características das regiões a serem identificadas, e especificar estas características predominantes (forma e cor) através de valores numéricos entre zero e um. Numa primeira fase, pondera-se a importância da informação espectral em relação à informação espacial, caso seja considerado que a informação espacial é relevante, existe a alternativa de determinar qual característica é mais importante para as regiões: a compacidade ou a suavidade de seus contornos. Esta escolha é subjetiva e varia de imagem para imagem. No caso deste trabalho, o parâmetro ideal para segmentar as imagens do *Laser Scanner* juntamente com a *Quickbird*, foi determinado experimentalmente.

No processo de formação de regiões. O algoritmo permite estabelecer diferentes níveis hierárquicos, ou seja, trabalhar com vários níveis de segmentação. A vantagem é que cada nível expressa uma certa quantidade de informação que pode ser herdada por o nível seguinte.

Na abordagem “orientada a objeto”, os elementos considerados não são mais os *pixels* isolados, mas grupos de *pixels*, regiões. A grande vantagem de considerar regiões em lugar de pixels isolados é que o número de variáveis consideradas na classificação aumenta, pois, além dos dados espectrais, é possível descrever cada região usando descritores de forma, textura e associação entre objetos. O resultado, porém, é altamente dependente da segmentação e os erros de segmentação influenciam na classificação.

Foram escolhidas regiões representativas de cada classe para obter uma descrição da variação dos parâmetros espectrais e de forma. A segmentação da imagem repercute fortemente na etapa de coleta de amostras, já que, se os segmentos não são bem definidos, as amostras poderão representar informações referentes a mais de uma classe, prejudicando a classificação e gerando confusão.

4. RESULTADOS

A Tabela 01 expressa os melhores resultados obtidos para a segmentação em uma série experimentos, aonde o conhecimento da região bem como o conhecimento ou noção de técnicas de processamento digital de imagens é fundamental. Vale ressaltar que a análise feita para a segmentação foi completamente visual, ou seja, não se utilizou nenhuma técnica estatística para avaliar o resultado, a análise visual bastou para este caso, visto que as imagens de alta resolução permitem isto e também pelo fato de que o analista tem grande conhecimento nesta região de estudo.

Optou-se por variar o parâmetro de escala segundo uma ordem decrescente e a medida que este era drasticamente diminuído, os critérios de forma e cor foram pouco alterados, permanecendo a mesma grandeza, como mostra a Tabela 01. Como a informação espectral (cor) é de suma importância neste trabalho, pode-se verificar que o peso dado a este descritor é maior se comparado com o de forma. Finalmente, na ponderação dos fatores espaciais, a suavidade dos contornos e a compacidade das regiões receberam pesos de acordo com o tipo de segmento que se deseja obter.

TABELA 01 - Parâmetros utilizados para os níveis de segmentação

NÍVEL 3	ESCALA	40			
	CRITÉRIO	COR	0.8		
		FORMA	0.2	SUAVIDADE	0.6
			COMPACIDADE	0.4	
NÍVEL 2	ESCALA	17			
	CRITÉRIO	COR	0.7		
		FORMA	0.3	SUAVIDADE	0.5
			COMPACIDADE	0.5	
NÍVEL 1	ESCALA	8			
	CRITÉRIO	COR	0.7		
		FORMA	0.3	SUAVIDADE	0.7
			COMPACIDADE	0.3	

A forma dos objetos presentes é bem definida na imagem *Laser*, porém, a informação espectral fornecida pela imagem *Quickbird* é de vital importância quando se deseja separar vegetação de ambientes urbanos, que é o caso deste trabalho. A Figura 03 ilustra o nível de segmentação mais grosseiro encontrado pelo analista do projeto, para fins de ilustração.

4.1 CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA

O processo de classificação adotado é hierárquico em relação aos níveis de segmentação. Assim sendo, uma estratégia de separação foi proposta com base nos resultados das segmentação. Inicialmente, foram separadas as áreas cobertas por vegetação. Esta separação é efetuada principalmente com base no índice de vegetação como, NDVI (Índice de Vegetação Normalizado), uma aritmética entre bandas multiespectrais que ressalta a vegetação das demais informações. Além deste índice outras razões entre as bandas disponíveis foram utilizadas, como, por exemplo, a banda do azul dividido pela do infravermelho, que proporciona uma melhor visualização das edificações. Escolheu-se, através de experiências, o conjunto de descritores espectrais e espaciais que melhor descrevem as classes em consideração: “Área Urbana”, “Tipos de Solo”, “Vegetação” e “Sombra”.

Como foi utilizada uma estratégia hierárquica de classificação, as classes puderam ser subdivididas em um nível inferior, para melhor a separação de objetos diferentes, com a vantagem de diminuir a confusão espectral entre as classes. Os descritores considerados relevantes para cada uma das classificações feitas, são mostrados na Tabela 02. Os campos

FIGURA 4 – Hierarquia de Classificação

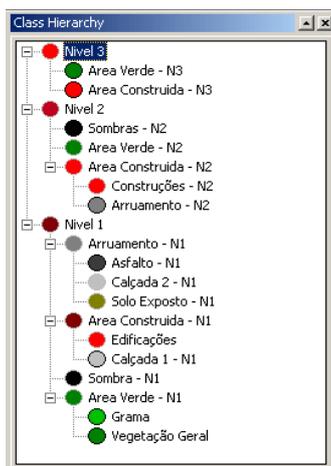
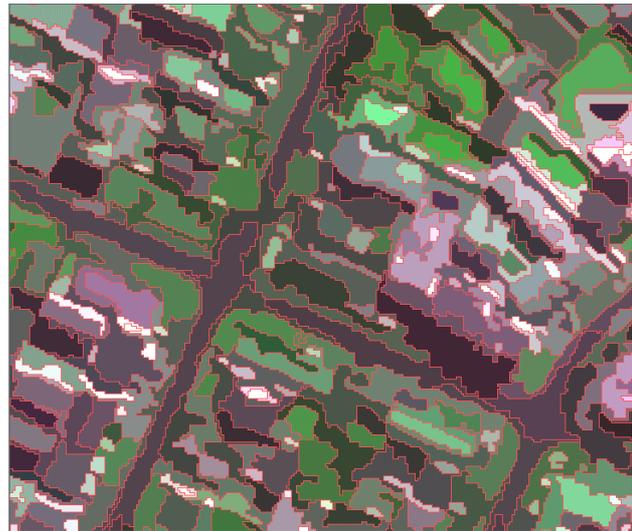


FIGURA 03 – Nível 3 de Segmentação [segmentos maiores]



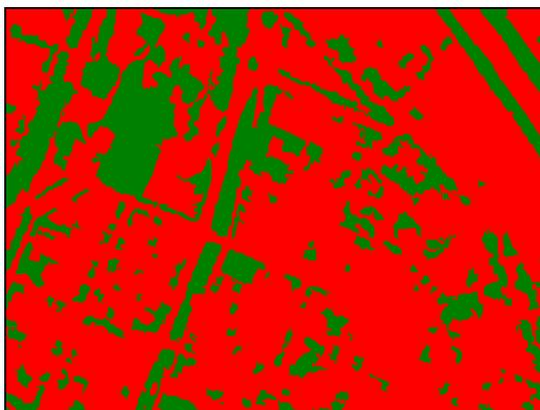
em verde escuro nesta tabela representam as classes primárias na classificação, estas classes serviram como agrupamento das subclasses (cor verde claro), aonde estas foram realmente os níveis representativos na imagem temática resultante. As classes primárias serviram para fazer a ligação entre os níveis de segmentação/classificação, ou seja, são estas classes as responsáveis em “conectar” as informações semelhantes em todos os níveis. A Tabela 02 demonstra a hierarquia entre os níveis de segmentação e classes amostrais. A Figura 4 ilustra a árvore hierárquica de classes e subclasses criada no *software* no momento da classificação. As Figuras 5 A e B mostram as classificações encontradas para o primeiro e o último nível.

TABELA 02 - Tipos de Classes/Subclasses e Descritores Considerados

NIVEL 03	
Área Verde - N3	Customizado - NDVI (Índice de Vegetação)
Área Construída - N3	Negação de Área Verde - N3
NIVEL 02	
Sombras - N2	Brilho da Imagem Laser Scanner
	Média da Banda 1 (Quickbird)
Área Verde - N2	Existência de Área Verde - N3
	Negação de Sombras - N2
	Existência de Área Construída - N3
Área Construída - N2	Negação de Sombras - N2
	Construções - N2 Negação Arruamento - N2
	Arruamento - N2 Média da Imagem Laser Scanner
NIVEL 01	
	Existência de Arruamento - N2
Arruamento - N1	Asfalto - N1 Customizado - IV / Vermelho
	Calçada II - N1 Negação de Asfalto - N1
	Solo Exposto - N1 Customizado - Azul / IV
	Negação de Asfalto - N1
	Existência de Área Construída - N2
Área Construída - N1	Negação de Sombras - N1
	Edificações - N1 Negação Calçada - N1
	Calçada I - N1 Média da Imagem Laser Scanner
Sombras - N1	Existência de Sombra - N2
	Existência de Área Verde - N2
Área Verde - N1	Negação de Sombras - N1
	Gramma Negação de Vegetação Geral
	Vegetação Geral Média da Imagem Laser Scanner

Existem casos em que os resultados encontrados apresentam erros de classificação, isto é comum quando a etapa de segmentação não foi bem definida ou quando os descritores não são suficientes para garantir a separação. A solução é aplicar uma classificação manual, na qual o interprete corrige as regiões classificadas erroneamente em sua devida classe. O *software* armazena esta informação, integrando para futuras etapas de classificação.

FIGURA 5: Resultados da Classificação Digital



A - Nível 3 – Segmentos Maiores



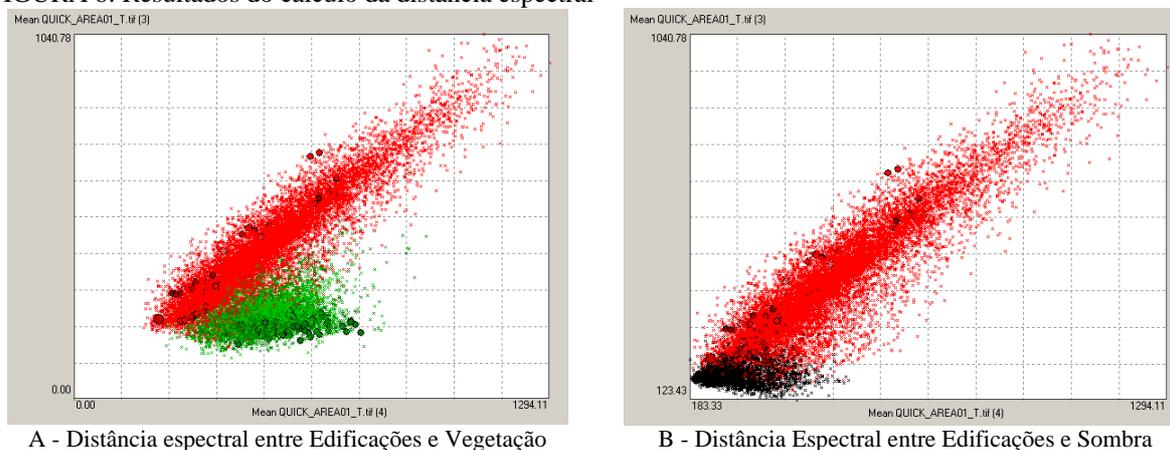
B - Nível 1 – Segmentos Menores

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Uma plotagem bidimensional das amostras fornecidas em relação à classificação feita por este, esta representação permite analisar visualmente a distância espectral entre as classes amostrais bem como se a amostra inserida foi classificada corretamente. As Figuras 6 A e B

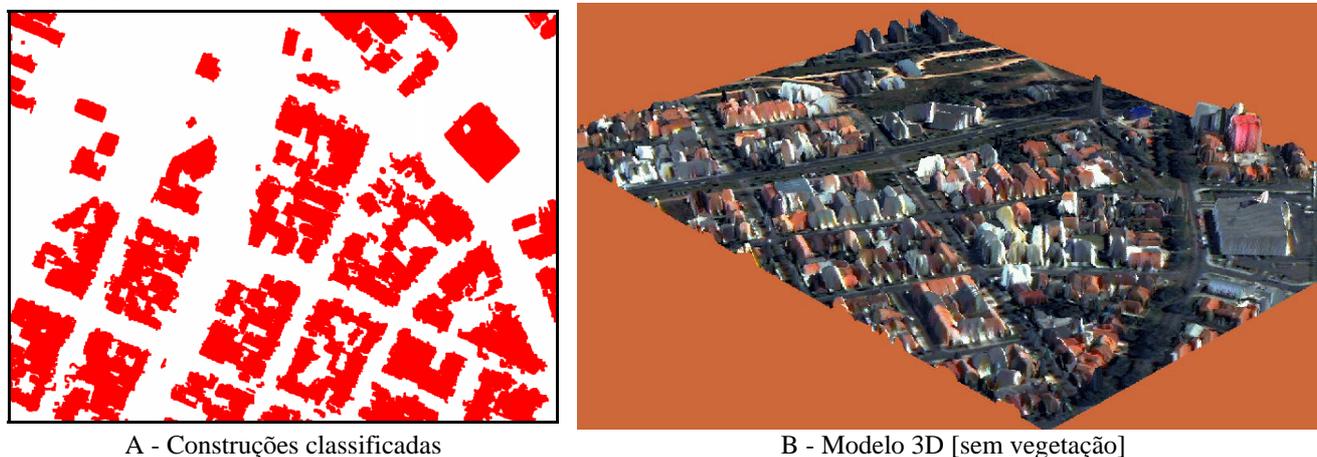
ilustram a distância espectral entre a classe edificações com aquelas que dificultaram muito na realização da classificação, sejam elas, Sombra e Vegetação. Como se pode ver, a classe correspondente a edificação esta bem separada em termos espectrais das demais classes, o que levou a uma boa classificação em todos os níveis de segmentação realizados.

FIGURA 6: Resultados do cálculo da distância espectral



Para visualizar a área urbana classificada, uma imagem binária contendo apenas as áreas atribuídas à classe “construções” foi separada do resultado (Figura 7A). Esta imagem binária foi utilizada para mascarar o modelo digital da superfície derivado do *Laser Scanner*, com a finalidade de obter um novo modelo, contendo apenas as construções acima do terreno. Na Figura 7B, apresenta-se o modelo 3D gerado a partir da classificação da imagem binária com a imagem *Quickbird* em composição visível como textura.

FIGURA 7: Resultados obtidos



5. CONCLUSÕES

O método de fusão por componentes principais foi bastante eficiente, porque este método conservou toda a informação espectral da imagem e com isto, foi de fundamental importância para a definição de parâmetros para a segmentação. Destaca-se também que a separabilidade espectral verificada, pode ser devida à fusão das imagens, aonde a banda Pancromática foi utilizada, o que leva a crer que esta informação auxiliou na separação espectral das classes. A etapa de fusão das imagens foi de fundamental importância para a etapa de classificação, visto que, sem a informação de cor, a busca de descritores seria impossível se ser realizada.

Para a realização deste trabalho, as etapas de correção de erros da imagem *Quickbird* e rasterização dos dados *Laser* além de serem de extrema importância para o desenvolvimento

deste trabalho, tiveram resultados satisfatórios para a metodologia proposta, uma vez que no procedimento de correção geométrica da imagem de alta resolução, o cálculo do RMS (Erro médio quadrático) foi menor que o de um *pixel*, ou seja, de baixo valor se comparado com a resolução espacial da imagem, isto se confirma uma vez que é sobreposta esta imagem com a obtida da rasterização dos dados *Laser*, verifica-se que as entidades presentes na área de estudo escolhida possuem uma correta sobreposição.

Para o sucesso da classificação dos dados, a segmentação das imagens é peça fundamental, visto que, são os segmentos os responsáveis pela determinação de descritores e quanto melhor a definição destes, mais fácil é a busca de parâmetros para a classificação.

Verificou-se a certa dificuldade para a obtenção de descritores sem que a imagem resultante do processo não estivesse com grande confusão de dados, mas para isto a boa definição de classes espectralmente bem definidas evitou que erros como este fosse cometido.

Vale destacar também que a possibilidade de trabalhar com níveis hierárquicos, permitiu ainda mais a busca por bons resultados, o que leva a crer que para a análise em imagens de alta resolução esta metodologia é indispensável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BAATZ, M. e SCHÄPE, A., 1999: *Object-Oriented and Multi-Scale Image Analysis in Semantic Networks*. In: *Proc. Of the 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing*. August 16th-20th, 1999. Enschede. ITC

BRITO, J.; COELHO, L.. **Fotogrametria Digital**, 1^a edição, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2002.

CENTENO, J.A.S.. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**, Departamento de Geomática, UFPR, Curitiba, 2003.

CENTENO, J.S.; STEINLE, E. ; VÖGTLE, T. (2000). **Análise de modelos numéricos de elevação derivados de Laser Scanner para o monitoramento urbano**. 4^o COBRAC, Florianópolis, Outubro de 2000.

CHAVEZ, P.S.J. & BOWEL, J.A. [1998], **Comparison of the spectral information content of Landsat thematic mapper and SPOT for three different sites in Phoenix**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(12):1699-1708.

GUTELIUS, B.: **Engineering Applications of Airborne Scanning Lasers: Report from the Field**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 64(4), p.246-253, 1998.