

Uma Estratégia para Extração Semi-Automática de Feições com Análise do M.N.E.

Prof. Dr. Antonio Maria Garcia Tommaselli ¹
Daniel R. dos Santos ²

Departamento de Cartografia
Universidade Estadual Paulista – UNESP
Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT
Rua Roberto Simonsen, 305
19060-900 Presidente Prudente SP

¹ ✉ tomaselli@prudente.unesp.br

² Eng. Cartógrafo - Aluno de Mestrado do PPGCC/UNESP

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Extração Semi-Automática de Feições
	3 Obtenção do Modelo Numérico de Elevações
	4 Uma Estratégia para Extração de Feições Usando o M.N.E
	4.1 Geração Automática de M.N.E. no Socet Set
	4.2 Estratégias Não-Adaptativas
	4.3 Geração do Modelo Normalizado e Extração de Feições
	5 Resultados e Discussão
	6 Conclusões
	7 Agradecimentos:
	8 Referências

Resumo: A extração semi-automática de feições tem sido apontada como a ferramenta que possibilita um substancial aumento na produção durante a restituição, particularmente de áreas urbanas. Enquanto a extração automática baseia-se puramente nos algoritmos e bases de conhecimentos implementados computacionalmente, a extração semi-automática requer a interação com o operador. Entretanto, a extração de feições usando apenas uma imagem em tons de cinza é pouco robusta, devido a similaridade na resposta espectral de vários objetos e à existências de sombras e oclusões. Uma alternativa é criar uma imagem adicional por meio de operações no Modelo Numérico de Elevações (M.N.E.) O objetivo deste trabalho é apresentar uma estratégia de extração de feições 3D utilizando o M.N.E. normalizado, que é combinado com as imagens de borda da imagem em tons de cinza, podendo-se filtrar e preservar somente as feições de interesse.

Palavras chave: Extração semi-automática de feições, Modelo Digital de Terreno.

Abstract: Assisted feature extraction has been considered a powerful tool to improve photogrammetric plotting, mainly in urban areas. Automatic feature extraction rely only on the knowledge databases and algorithms implemented in the computer software whilst assisted feature extraction requires interaction with an operator. However, feature extraction using just grey level image is not robust, due to the similar spectral response of different objects, shadows and occlusions. An alternative is to derive an additional image using the Digital Elevation Model. The aim of this paper is to present an strategy for 3D feature extraction using a normalized D.E.M., which is combined with the edge image from the grey level image, being feasible filtering to preserve just the interest features.

Keywords: Assisted Feature Extraction, DTM.

1 Introdução

O advento da Fotogrametria Digital prometia várias vantagens em relação à Fotogrametria Analógica e à Fotogrametria Analítica, sendo a mais atrativa a automação de processos. Argumentava-se que a disponibilidade de dados em forma totalmente digital, permitiria a geração automática de mapas (vetores) a partir das imagens e de algoritmos inteligentes. Passados quase 20 anos de uso da Fotogrametria Digital em ambientes de produção, somente algumas tarefas estão automatizadas, como a orientação interior, a geração de modelos numéricos de elevações e a fototriangulação. Mesmo estas tarefas mencionadas, entretanto, ainda requerem supervisão e edição.

Paradoxalmente, o processo de maior dispêndio de tempo e recursos, a restituição (extração de feições), é justamente aquele que apresenta o maior grau de dificuldade para a automação completa com confiabilidade. Por esta razão, há vários anos vem sendo estudados métodos para a extração assistida de feições (Gruen e Li, 1997), partindo de uma visão mais realista do problema. Na área de Cartografia, a necessidade de automação não é tão drástica quanto em Visão de Máquina que, normalmente, está voltada à solução de problemas na indústria, o que requer respostas em tempo real (inspeção, montagem, controle de qualidade, etc...).

Atualmente a maioria dos sistemas fotogramétricos digitais comercialmente disponíveis procura adaptar-se ao conhecimento existente e poucos aventuram-se a implementar soluções mais inovadoras. Usam-se somente os modelos matemáticos concebidos para a Fotogrametria analítica clássica, que permitia somente a medição de coordenadas cartesianas bidimensionais. Não se aproveita o potencial de feições mais significativas, como linhas retas e estruturas espaciais. Isto tem provocado certa incerteza quanto aos benefícios reais da implantação da Fotogrametria Digital, especialmente para aquelas organizações que se dedicam à restituição em escalas grandes. Nestes casos, a relação custo/benefício da mudança de plataformas analógicas/analíticas para digitais pode ser desfavorável., a ponto de, em algumas situações, o instrumental analógico ter sido ainda recomendado (Gibbs, 1998).

A razão do pequeno avanço prático da implementação de métodos de extração de feições em plataformas comerciais é a falta de confiabilidade nos resultados e o elevado número de feições a serem editadas, a tal ponto que é compensador restituir manualmente. Uma alternativa que vem sendo investigada é a extração semi-automática ou assistida. Parte-se do princípio de que o operador conduz o processo de extração de feições selecionando ferramentas, introduzindo heurísticas, valores iniciais e delimitando a área de abrangência do procedimento.

2 Extração Semi-Automática de Feições

É importante ressaltar, portanto, que ainda não existem sistemas capazes de realizar o reconhecimento automático de imagens aéreas complexas. Neste sentido, a utilização de técnicas de reconhecimento desenvolvidas nas áreas de Visão de Máquina permitiriam a automação de algumas fases de alto nível da produção cartográfica. Estas fases referem-se à interpretação do significado de algumas feições na imagem, e apresentam um grau de dificuldade mais elevado em imagens aéreas do que em ambientes de curta distância.

Estudando o problema de extração automática de feições lineares em imagens digitais para aplicações cartográficas verificou-se que é inviável a extração e identificação inteiramente automática de feições. Verificou-se experimentalmente que a diferença de conteúdo nas cenas aéreas, em relação às cenas à curta distância, exige um algoritmo de extração de feições muito mais "inteligente", no sentido de que deve-se agregar "conhecimento" ao processo de busca (Tommaselli, 1999).

Um dos problemas que inviabiliza a extração automática de feições é a grande variedade de tipos de feições existentes, sendo pertinente a agregação de informações semânticas para restringir o processo de busca do algoritmo para a extração automática de feições. Problemas como baixa iluminação e resolução, manchas provenientes de uma má "digitalização" de fotografias, excesso de sombras projetadas pelas árvores e outros, dificultam bastante o trabalho dos algoritmos de extração automática de feições

Neste sentido, um sistema semi-automático de extração de feições pode ser implementado, com a localização de algumas entidades de maneira grosseira pelo operador, deixando para o processamento automatizado a tarefa de calcular e ajustar com precisão as feições lineares (Gruen e Li, 1997). Essas feições lineares extraídas da imagem podem ser usadas tanto como elementos finais de um mapa digital quanto como controle para permitir o cálculo de elementos de orientação da foto ou modelo. Podem ser usadas, ainda, como primitivas na construção de uma estrutura mais complexa, que possa ser posteriormente analisada e comparada com um modelo pré-armazenado (Dal Poz e Tommaselli, 1998).

Alguns poucos sistemas comercialmente disponíveis implementam algoritmos de extração de feições. Um exemplo é o SOCET SET (Dan et al (1996) que possui ferramentas semi-automáticas para a medição de telhados, linhas retas e outras feições, evitando o trabalho tedioso do operador em algumas operações.:

Existem duas operações principais para extração semi-automática de feições: (1) identificação da feição envolvendo a interpretação de seu significado; e (2) classificação de imagens e vetorização da feição, extraindo suas bordas.

De acordo com Tommaselli (1999), o operador ainda é a peça indispensável para a utilização de ferramentas para extração de feições. Assim, algumas de suas principais funções são:

- interpretar a imagem;
- definir o tipo de feição que será extraída; e
- definir e marcar pontos sementes em uma dada região na imagem para o algoritmo rastrear as feições de interesse (linhas ou regiões);

É possível utilizar feições lineares, e especificamente as retas, ao adotar a premissa de que as arestas de objetos provocarão um efeito de descontinuidade na imagem. Normalmente, esta descontinuidade ocorre no nível de cinza, embora outras características, como por exemplo a textura e a paralaxe possam ser usadas para detectar tais descontinuidades. Com efeito, a identificação apenas bidimensional de certas feições é um problema de difícil solução. Várias abordagens recentes utilizam D.E.M. gerados tanto por correlação quanto por interferometria a laser, para obter métodos mais robustos de identificação de certas feições, particularmente edificações. Faz sentido, neste caso, segmentar não somente imagens de cinza, mas também imagens de profundidade, como uma heurística adicional na extração de feições

De acordo com Gulch (1996), tem sido implementadas algumas ferramentas que utilizam o M.D.T., gerados por correlação ou interferometria a laser, para obter métodos mais robustos de identificação de feições, mas não fornecem resultados satisfatórios quando são aplicados em áreas urbanas com estruturas de feições complexas.

3 Obtenção do Modelo Numérico de Elevações

O Modelo Numérico de Elevações é uma representação numérica discreta da forma das elevações de uma superfície. Há uma certa discrepância de nomenclaturas o que inclui a utilização inadequada do termo Modelo Digital de Terreno a todas as situações em que se possui um modelo numérico. Haala (1999) considera como Modelo Digital de Superfície aquele que inclui construções e outros objetos, como árvores, etc., ao passo que o Modelo Digital do Terreno armazenaria apenas as altitudes dos pontos na superfície do terreno. Nevatia et al (1999) consideram o Modelo Digital de Elevações como aquele que contém todas as informações das elevações contidas em uma cena, incluindo, portanto, construções e vegetação.

Para Andrade (1998), entretanto, o Modelo Digital de Elevações contém altimetria apenas, ao passo que o Modelo Digital de Terreno envolve outras feições, além da altimetria.

Os Modelos Digitais do Terreno (DTM) são, portanto, similares aos DEMs, mas incorporam as elevações de feições topográficas significativas e breaklines, que são irregularmente espaçadas para melhor caracterizar a forma do terreno. As breaklines são feições lineares que descrevem uma mudança abrupta na suavidade ou continuidade da superfície.

No contexto deste trabalho, entende-se o Modelo Numérico de Elevações como aquele que contém todas as altitudes do terreno e de objetos sobre ele acrescentados, como construções e vegetação. O modelo normalizado será aquele que elimina estas informações, contendo apenas as altitudes do terreno natural.

De acordo com o USCGS (US Coast and Geodetic Survey) existem vários níveis de Modelos de Terreno:

- nível 1: obtido por correlação automática ou perfilagem;

- nível 2: obtido a partir das curvas de nível digitalizadas;
- nível 3: obtido das curvas e de elementos hipsográficos, hidrográficos, breaklines, etc...

Os Modelos Digitais de Terreno podem ser gerados de várias formas:

- Por aerofotogrametria;
- perfilagem manual;
- correlação automática;
- Levantamentos de campo;
- Curvas de nível das cartas topográficas;
- Por perfilagem a laser;
- Por correlação usando o radar interferométrico.

Uma das modernas opções para geração de Modelos Numéricos do Terreno é a varredura a laser, que permite uma exatidão da ordem de 0,15m com espaçamento entre pontos de até 1m. A figura 1 ilustra o funcionamento deste tipo de dispositivo de coleta de dados.

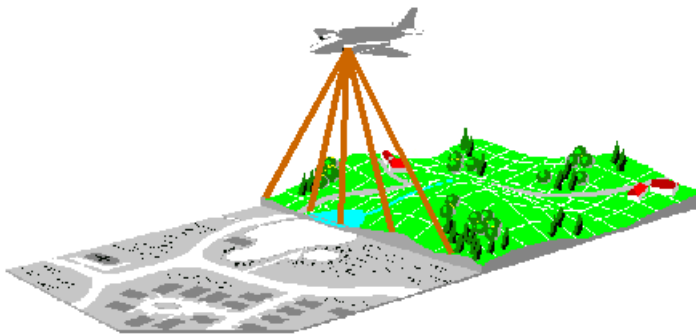


Figura 1 : Geração de Modelo Digital de Terreno por varredura a laser.
fonte: TopoSys

Uma das maneiras de representar os dados em um Modelo Digital de Terreno é através de Redes Irregulares de Triângulos (TIN), que é um conjunto de triângulos adjacentes e não superpostos, calculados a partir de pontos xyz irregularmente espaçados. Os modelos TIN normalmente exigem menos pontos que os DEM; são melhores para o modelamento de superfícies. Uma superfície TIN pode ser criada a partir das seguintes fontes:

- pontos, linhas e polígonos;
- curvas de nível;
- dados de restituição;
- breaklines;
- malhas regulares de DEM;

Uma técnica confiável e muito empregada é a geração dos Modelos Digitais de Terreno por correlação de imagens. Nesta abordagem parte-se de estereomodelo cujos elementos de orientação tenham sido previamente obtidos e procura-se a obtenção de pontos homólogos em ambas as imagens usando funções de correlação. Esta correlação é estabelecida entre uma pequena janela (janela de referência) em uma das imagens e uma janela pouco maior (janela de busca) na outra imagem. A correlação propicia uma identificação dos pontos homólogos com precisão de um pixel, sendo necessário refinar esta solução usando a correlação (ou *matching*) por mínimos quadrados. Após a identificação automática do par de pontos homólogos, as coordenadas 3D do ponto são calculadas por intersecção, a partir dos parâmetros de orientação de ambas as imagens do estereo-par.

Esta solução é empregada neste trabalho, utilizando uma plataforma comercial para a geração e refinamento do Modelo Numérico de Elevações. O sistema utilizado é o Socet Set, da LH-Systems que, além de gerar o M.N.E. possibilita uma série de filtros para eliminação de construções e árvores.

4 Uma Estratégia para Extração de Feições Usando o M.N.E

O Modelo Numérico de Elevações pode ser usado como uma heurística para a extração de feições. Na realidade será necessário aplicar algumas operações com a finalidade de extrair apenas as informações de alta frequência do terreno, quais sejam, construções e árvores que serão utilizadas como um canal adicional de informação para a segmentação.

Haala (1999) utilizou Modelos Digitais de Superfície, coletados por varredura a laser aerotransportado, como um canal adicional, usando o conceito de classificação hierárquica. Para usar a informação altimétrica o conceito de Modelo de Superfície normalizado foi introduzido. Este modelo é gerado pela diferença entre o Modelo Digital de Superfície e o Modelo Digital de Terreno, aqui entendido como aquele que armazena a superfície do terreno. As diferenças serão as construções e árvores. O Modelo Digital de Terreno pode ser obtido do Modelo de Superfície aplicando-se operações morfológicas, como erosão e dilatação.

Nevatia et al (1999) apresentam um estudo sobre a extração de feições em áreas urbanas, com uma discussão sobre o uso de

modelos altimétricos normalizados como uma das fontes de informação, além das imagens convencionais. Neste trabalho foram usados modelos de elevações gerados pelo sistema Socet Set para obter heurísticas no processo de segmentação e reduzir o número de hipóteses, considerando somente feições lineares que estão próximas a regiões de alta frequência no modelo de elevações normalizado.

Neste trabalho adota-se uma estratégia semelhante à descrita por Nevatia et al (1999). Parte-se de imagens em tons de cinza, formando um estereopar, podendo-se extrair Modelos de Elevações de pequenas áreas. Sobre estas janelas serão aplicados operadores, tanto nas imagens do Modelo de Elevações normalizados, quanto nas imagens em tons de cinza. Estas operações são, na seqüência (Tommaselli, 1999; Artero, 1999):

- detecção de bordas usando operadores de Nevatia e Babu, ou Sobel, gerando imagens de gradientes e de direções;
- limiarização automática;
- afinamento por supressão não-máxima;
- conexão por varredura e rotulação;
- ajustamento dos vetores por mínimos quadrados e definição final dos vértices.

A geração de Modelos de Elevação foi feita no sistema Socet Set. Estes modelos podem ser filtrados para eliminação de construções e árvores, usando várias estratégias (filtros) que serão descritos na seção 4.1. A subtração do Modelo de Elevações bruto do modelo refinado gera um modelo normalizado que contém somente os elementos de alta frequência, tipicamente as construções e vegetação.

4.1 Geração Automática de M.N.E. no Socet Set

As elevações são determinadas pela paralaxe em x nas imagens retificadas. O algoritmo de Extração Automática de Terreno começa com as imagens no menor nível da pirâmide e com uma malha pouco densa, aumentando sucessivamente a densidade da malha para cada nível da pirâmide, até atingir o nível 1:1.

No Socet Set existem dois métodos de geração de Modelos de Elevações: O método adaptativo usa uma máquina de inferência para gerar estratégias de correlação adaptativamente, com base no tipo de terreno, enquanto que o método não-adaptativo requer uma estratégia definida pelo usuário.

4.2 Estratégias Não-Adaptativas

As estratégias adaptativas utilizam um algoritmo de correlação para calcular as elevações a partir do estereo-par. Estas estratégias dependem de uma série de parâmetros que são ajustados pelo operador para aumentar a qualidade do modelo de elevações, dependendo da topografia e das imagens que estão sendo processadas.

A tabela 1 mostra as doze estratégias mais comuns e descreve regras para a situação mais adequada de uso de cada uma.

Estratégia flat: Estratégia usada em terrenos planos ou modelos com pequena paralaxe em x. O critério para a maior declividade é baixo (20 graus) permitindo a filtragem de pequenas árvores e casas, pois nada muito inclinado é modelado. Nesta estratégia utiliza-se uma janela de correlação maior e o processamento é mais rápido que as estratégias *rolling* e *rough*.

Tabela 1: Descrição das estratégias contidas no EAT.

Declividade máxima no terreno	Alta velocidade na extração	Alta acurácia na extração	Alta acurácia e filtragem de edificações ou árvores	Alta acurácia e velocidade para MDT com grid muito denso
20°	Flat	Flat_1	Flat_plus	Flat_dense
30°	Rolling	Rolling_1	Rolling_plus	Rolling_dense
50°	Steep	Steep_1	Steep_plus	Steep_dense

Estratégia rolling : Esta é estratégia de maior custo computacional permitindo declividades de até 50 graus.

Estas estratégias trabalham com o segundo nível da pirâmide de imagens, isto é, trabalham com imagens reamostradas. As mesmas estratégias podem ser utilizadas no nível de resolução original (1:1) e produzirão resultados mais precisos, mas a um custo computacional maior.

As estratégias *flat_plus* e *rolling_plus* são similares às anteriores, exceto que há uma filtragem adicional para remover árvores e construções, além de realizar uma suavização adicional em pontos críticos do DTM.

Vários parâmetros são definidos nos arquivos de estratégia. Apenas os mais importantes serão apresentados nesta seção:

MIN_ELEV_CHANGE: Limiar de variação de elevação. Após cada passo do cálculo das elevações a maior variação de elevação é comparada com este valor, terminando o processo se for menor que o limiar.

CORR_AREA_2D: Dimensão da janela de correlação, que pode ser automaticamente aumentada se a potência do sinal for baixa.

MAX_CORR_AREA_2D: Maior dimensão da janela de correlação que pode ser utilizada.

U_SRCH_DIST: Distância de busca na direção epepolar, a partir do centro da correlação .

WINDOW: Indica qual imagem é fixa durante a correlação.

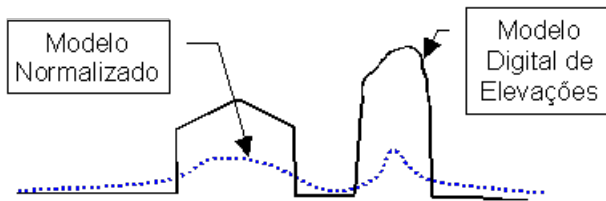


Figura 2 : Modelos de Superfície antes e após a filtragem.

Os filtros existentes no aplicativo Socet Set eliminam os objetos no grid do MDT (Modelo Digital do Terreno), tais como: árvores, edificações etc. Quando a ferramenta é selecionada, é necessário fornecer a altura e largura dos objetos que o operador deseja eliminar. O operador deve entrar com a altura do menor objeto que deseja-se eliminar e a largura do maior objeto. Pode-se fornecer uma altura um pouco menor que o objeto atual devido à rampa lateral de um objeto.

4.3 Geração do Modelo Normalizado e Extração de Feições

Após a geração do Modelo de Elevações da Filtragem de construções e árvores, é possível realizar a subtração destes e obter um modelo normalizado, que contém apenas os elementos de alta frequência, ou seja, mudanças abruptas de gradiente.

A abordagem que está sendo implementada procura integrar a extração semiautomática em imagens em tons de cinza com a informação proveniente do modelo normalizado. O modelo normalizado é convertido em uma imagem em tons de cinza, através de uma operação de mudança de escala e processado para a segmentação. Os segmentos obtidos podem ser usados para eliminar ou agrupar vetores extraídos na imagem em tons de cinza.

Dois abordagens estão sendo estudadas: a primeira consiste em realizar o crescimento de regiões a partir de um ponto semente, definido pelo operador (Gato, 2000). Verificou-se que esta estratégia não é suficientemente robusta ao ser aplicada somente em imagens em tons de cinza sendo necessária uma segunda fonte de informação, que seria o modelo de elevações normalizado. Desta forma, o algoritmo classificaria os pixels de acordo com a similaridade nos tons de cinza e nas elevações. A segunda abordagem consiste em extrair os vetores de bordas (Artero, 1999) nas imagens em tons de cinza e, posteriormente, aplicar a mesma operação na imagem do modelo normalizado; com base nestes dois conjuntos os vetores são agrupados e interpretados, podendo-se classificar as feições.

Apenas resultados parciais destas abordagens estão disponíveis, pois o projeto ainda está em andamento.

5 Resultados e Discussão

Nesta seção serão apresentados os resultados parciais da obtenção do modelo de elevações normalizado, para que se possa entender a sua importância no processo de extração semi-automática de feições. Serão mostradas algumas imagens e os vetores extraídos.

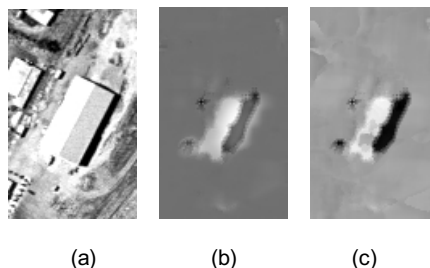


Figura 3 : Imagens em tons de cinza representando a imagem visível de uma construção (a) e os modelos de elevações normalizados (b) e (c).

Na figura 3 (a) apresenta-se a imagem em tons de cinza de uma construção, podendo-se perceber, claramente, a dificuldade em extrair vetores automaticamente devido à presença de sombras e outras feições que não são de interesse. Na figura 3(b) mostra-se a imagem do Modelo Normalizado, obtido pela subtração do modelo de superfície e a superfície filtrada usando a estratégia adaptativa, enquanto que na figura 3(c) mostra-se o modelo normalizado obtido usando a estratégia não adaptativa.

Na figura 4 mostram-se uma vista isométrica dos modelos gerados sem filtragem (a) e com filtragem (b). O método usado foi o adaptativo, considerando-se uma variação mínima de altura de 0.5m e de largura máxima de 30 m. Pode-se verificar claramente em (a) a elevação que corresponde à construção, enquanto que em (b) a construção foi praticamente eliminada. Entretanto, em (b) pode-se notar uma falsa depressão, causada, provavelmente, pelo erro no algoritmo de correlação na região de sombra na imagem em tons de cinza. A subtração destes dois modelos gerará o modelo normalizado, cuja imagem foi mostrada na figura 3(b). A região em tons mais escuros corresponde a uma falsa depressão, como já discutido.

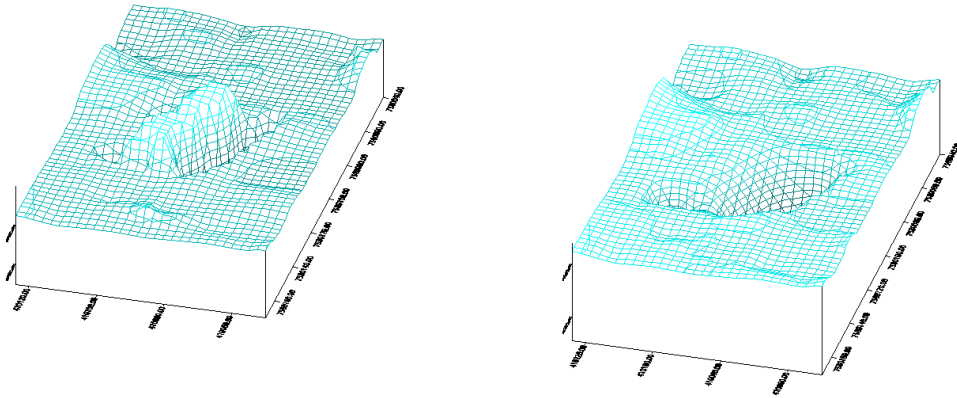


Figura 4 : Modelos de elevações sem filtragem (a) e usando suavização com a estratégia adaptativa.

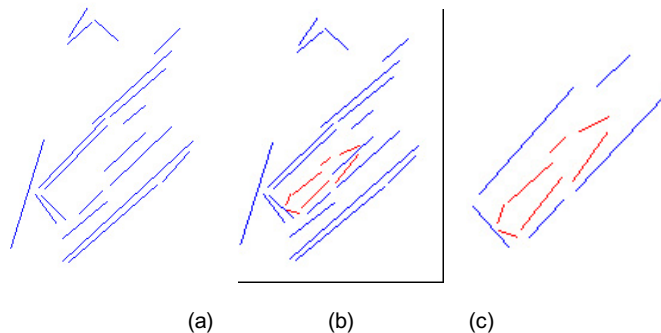


Figura 5 : (a) Vetores extraídos automaticamente da imagem em tons de cinza;(b)Vetores extraídos do modelo normalizado inseridos (em vermelho) nos vetores originais;(c)Vetores finais filtrados; são mantidos somente os vetores externos mais próximos ao polígono definido pelo modelo normalizado.

Os resultados em termos de processamento para a extração de feições podem ser vistos na figura 5. Em 5(a) mostra-se os vetores extraídos da imagem em tons de cinza e em (b) aqueles extraídos da imagem do modelo normalizado superimpostos aos vetores da imagem (a). Pode-se filtrar os vetores extraídos da imagem em tons de cinza para preservar somente aqueles próximos à edificação, tendo como resultado a imagem mostrada em (c). Basta aplicar procedimento de fechamento para melhorar os resultados.

Na prática esta composição de imagens do espectro visível e das variações de altitude não admitem um único processamento, podendo-se desenvolver várias heurísticas e algoritmos. Os resultados obtidos permitem afirmar que esta estratégia garante a separação de feições em classes mais robustas do que aquelas obtidas somente com imagens do espectro visível.

6 Conclusões

Este trabalho apresentou uma proposta para a integração de informações provenientes do Modelo Digital de Elevações para a extração semi-automática de feições. Esta proposta é baseada na experiência obtida na implementação de métodos de extração de feições, métodos estes que mostraram-se pouco robustos se aplicados somente às imagens em tons de cinza.

A obtenção de uma imagem normalizada que representa apenas os componentes de alta frequência e que, via de regra, representa as construções, permite a introdução de uma heurística na eliminação das feições extraídas na imagem em tons de cinza.

Embora os resultados apresentados sejam preliminares, pode-se perceber o potencial de utilização deste procedimento, que reduziria sensivelmente o tempo de restituição em áreas urbanas. Esta abordagem está sendo implementada no ambiente de desenvolvimento do sistema comercial Socet-Set da LH-Systems, através de projeto financiado pela Fapesp.

7 Agradecimentos:

Os autores desejam expressar seus agradecimentos à **Fapesp** (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro à esta pesquisa através dos auxílios n. 97-10749-4. (Infra III) e n. 00/00539-7 (Bolsa de Mestrado).

8 Referências

Andrade, J. B. *Fotogrametria*. Curitiba: SBEE, 1998. 258 p.

Artero, A.O. *Técnicas para a extração automática de feições retas em imagens digitais*. Dissertação de Mestrado, Ciências Cartográficas, Unesp, Presidente Prudente, 1999.

Dal Poz, A.P.; Tommaselli, A.M.G., 1998. *Strategy to detect ground control in digital images*. In: Proceedings of the SPIE conference on control in Digital Images, Orlando, FL, EUA, 1998

Dan, A.; Walker, A.S., 1996 *Recent Developments in Digital Photogrammetric Systems from Leica-Helava*. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, commission II, Viena, Austria, pp. 66-71.

Gato, H. *Uma abordagem semi-automática para extração de feições por crescimento de regiões em imagens digitais*. Dissertação de Mestrado, Ciências Cartográficas, Unesp, Presidente Prudente, 2000.

Gibbs, P.M. 1998 *Analogue Plotting Still Competitive*. Photogrammetric Record. 16/91, pp. 93-96.

Gruen, A. W.; Li, H. 1997. *Semi-Automatic Linear Feature Extraction by Dynamic Programming and LSB-Snakes*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 63, No. 8, pp. 985-995.

GULCH, E. Extraction of 3D Objects from Aerial Photographs. In: Proceedings of the Workshop 'Information Systems and Processes for Urban civil engineering applications', Roma, 1996.

Haala, Norbert *Combining Multiple Data Source for Urban Data Acquisition*. Proceedings of the 18 Photogrammetric Week, Stuttgart, 1999.

Nevatia, R., Huertas, A., Kim, Z. The MURI Project for Rapid Feature Extraction in Urban Areas. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Munich, 1999, pp. 3-14.

Tommaselli, A.M.G. 1999 *Extração automática de feições lineares para aplicações cartográficas*. Relatório Final: CNPQ.