

**POTENCIALIDADES DE UM SENSOR AEROTRANSPORTÁVEL EM
RELAÇÃO A OUTROS SENSORES MAIS CONHECIDOS
VISANDO O PLANEJAMENTO MUNICIPAL**

**PROFº. DR. CARLOS LOCH¹
PROFº. DR. FLÁVIO FELIPE KIRCHNER²
PROFª M.Sc. RUTH E. N. LOCH¹**

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Campus Universitário - Trindade
88040-900, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

²AERODATA S/A ENGENHARIA DE AEROLEVANTAMENTOS
Rua Alfredo Pinto, 3305
83065-150, São José dos Pinhais, PR, Brasil

Abstract: This paper showed initially a theoretic and scientific fundamentation regarding the aspects of airborne scanner photogrammetric surveys, satellite imaging and municipal planning.

Being a work that intends to show the first practical results with the CASI, the country of CRICIÚMA-SC, was used as a study area and in the sequence showing also the methodology employed.

Finally, a brief analysis of the first results obtained toward the potentialities of the airborne scanner - CASI in relation to the air photos and satellite images for municipal planning was presented.

Resumo: O trabalho apresentou inicialmente uma fundamentação teórica e científica quanto aos temas scanner aerotransportável, vôos fotogramétricos, imageamentos por satélites e planejamento municipal.

Tratando-se de um trabalho que pretende mostrar os primeiros resultados práticos de CASI, tomou-se o município de CRICIÚMA-SC como área de estudos, apresentando-se na seqüência inclusive uma síntese da metodologia adotada na pesquisa.

Na parte final mostrou-se uma breve análise dos primeiros resultados obtidos quanto às potencialidades do scanner aerotransportável em relação às fotografias aéreas e as imagens orbitais visando o planejamento municipal.

Introdução

A evolução tecnológica em termos de Sensoriamento Remoto foi muito rápida nestes últimos vinte anos, desde que surgiram os primeiros satélites de imageamento da terra, onde apenas se falava em visão panorâmica, imagens com resolução espacial de 80 metros: na seqüência surgiram os satélites com resolução espacial de 30, 20, 10 e até 5 metros.

É interessante lembrar que o satélite americano LANDSAT 5, imageia em 12 bandas espectrais, 5 do MSS que tem resolução espacial de 79 metros, 6 bandas do Thematic Mapper com resolução de 30 metros e 1 banda termal com resolução de 120 metros.

O satélite francês SPOT imageia em duas formas diferentes, ou seja, pancromático, com uma banda apresentando resolução de 10 metros e ainda na forma multiespectral, com resolução de 20 metros, onde apresenta mais três bandas espectrais.

Enquanto os satélites americanos e o francês imageiam a terra sistematicamente, obtendo imagens a cada 16 e 26 dias respectivamente, o satélite russo SOYUZ imageia através de missões orbitais conforme o volume de demanda dos usuários. O sistema do satélite russo SOYUZ é diferente dos satélites americano e francês pois imageia através de câmeras fotográficas, com filme. Este sistema torna-se limitado uma vez que dificulta a análise automática destas imagens.

Nestes últimos anos muito se discutiu quanto à concorrência que as imagens de satélite vinham apresentando às fotografias aéreas, considerando o aumento muito rápido em termos de sensores orbitais. Muitos pesquisadores e/ou usuários começaram a apregoar que as fotografias aéreas estariam se tornando obsoletas, fato que na nossa análise, ainda demorará a acontecer.

Agora, no final da década de oitenta, surgiu o scanner aerotransportável, portando um sensor acoplado a uma aeronave bimotora, e imageando a terra diretamente em fitas eletrônicas, com resolução espacial variando de 1,0 metro a $\pm 7,0$ metros, dependendo da altitude da aeronave.

Isto mostra que a fotogrametria e o sensoriamento ainda são ferramentas que não se podem dissociar quando se pretende obter mapeamento em grande escala, o que é a grande problemática no Sul do Brasil, onde a demanda pela terra é cada vez maior.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Mostrar os resultados iniciais de um projeto de transferência de tecnologia do Canadá para o Brasil, procurando viabilizar a questão da atualização cadastral.

2.2 Objetivos Específicos

1. Mostrar o que vem a ser o sensor scanner aerotransportável CASI;
2. Mostrar as potencialidades de um sensor eletrônico com resolução de até 1,0 metro;
3. Mostrar as potencialidades do sensor em termos de análise ambiental na região carbonífera;
4. Trazer à comunidade científica brasileira mais uma ferramenta para atualização de mapeamentos de grande e média escala.
5. Mostrar a flexibilidade que o sensor apresenta quanto à escolha de canais a serem imageados.

3. Revisão de Literatura

3.1 Scanner Aerotransportável

De acordo com HICK (1991) o scanner aerotransportável foi projetado para possibilitar a atualização de mapeamentos em grande ou média escala, ou seja, é a ferramenta ideal para o monitoramento em termos de alterações do uso da terra em áreas agrícolas ou mesmo em áreas urbanas.

HICK (1991) analisa o sensor Geoscan Airborne Multispectral Scanner, projetado na Austrália, o qual imageia na faixa do visível e do infravermelho. O primeiro modelo MK I apresentava 13 canais espectrais, enquanto o MK II passou a ter 46 canais espectrais diferentes podendo-se selecionar 24 destes canais para um determinado imageamento.

Conforme ANGER; BABEY e ADAMSON (1990), os canadenses lançaram um sensor aerotransportável com 288 canais diferentes onde normalmente se imageia através do método seletivo com apenas 8 canais, atendendo às exigências do usuário ou então da problemática a ser atendida.

Conforme BABEY e ANGER (1990), o sensor aerotransportável canadense conhecido como CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) lançado no mercado pela ITRES Research Ltd., teve como principal finalidade apresentar no mercado uma ferramenta que permita a execução de um inventário detalhado dos recursos naturais, viabilizando o monitoramento físico-espacial e geração dos mais

variados mapas temáticos, possibilitando a análise ambiental dentro de um planejamento global dos recursos naturais, de um município ou mesmo de uma propriedade.

Ainda, conforme os mesmos autores, o fato do sensor imagear através de fitas eletrônicas permite a otimização dos trabalhos de análise ambiental, onde é possível cruzar os dados de mapas temáticos com a imagem e executar a classificação automática de forma muito mais detalhada, do que se fosse feito a partir de imagens orbitais. Tal fato é devido ao aumento da resolução espacial deste sensor e ainda porque o CASI imageia num grande número de canais espectrais diferentes, conforme as exigências ou vantagens para cada tema.

De acordo com NAKASHINA (s./d) et al. as vantagens do sensor scanner aerotransportável (CASI), em relação às fotografias aéreas convencionais, está na rapidez com que se pode obter grande volume de resultados. Enquanto no vôo fotogramétrico é necessário haver todo o processo fotográfico e as devidas interpretações, no CASI é possível imediatamente introduzir a fita no computador e obter a imagem no vídeo e sua saída em papel. Além de que o sensor pode imagear em condições atmosféricas bem mais desfavoráveis do que se poderia com a câmera fotogramétrica. Os dados podem ser analisados de forma digital, associados diretamente aos sistemas geográficos de informações.

3.2 Vôos Fotogramétricos

De acordo com LOCH (1982), os vôos fotogramétricos devem ser previamente planejados de acordo com as finalidades cartográficas a que se destinam. Existem fotografias aéreas no Brasil, desde a escala 1:4.000 até 1:160.000, o que mostra que temos imagens que servem para uma grande gama de utilidades, desde análises detalhadas que chegam a identificação intra-lotes, até àquelas análises panorâmicas, onde somente é possível analisar as macro-estruturas.

De acordo com LOCH (1991), a grande vantagem das fotografias aéreas convencionais em relação aos outros sensores é a facilidade que este sensor apresenta para a análise estereoscópica, o que permite uma análise tridimensional rigorosa a nível sistemático de uma área. É importante lembrar que os sensores disponíveis de forma eletrônica, permitem a visão tridimensional, através de softwares tipo "modelo digital do terreno", técnicas que exigem a correlação com mapas e outros levantamentos.

O mesmo autor afirma ainda, que está cada vez mais clara a necessidade de correlacionar ou integrar

os resultados obtidos de cada tipo de sensor, para que se obtenha resultados globais finais de forma mais econômica e eficiente. Os sensores orbitais e as fotografias aéreas não são concorrentes e sim complementares.

De acordo com REMOTE SENSING PRODUCTS AND SERVICES FOR WORLD MARKETS (1987) os vôos fotogramétricos tornam-se cada vez mais precisos considerando a sofisticação e acessórios que estão surgindo para controlar e local a posição da câmera no espaço. Tais acessórios são: o GPS (Global Positioning System) que fornece as coordenadas da câmera no instante da tomada da foto, o APR (Airborn Profile Recorder) que fornece a altitude da câmera, o giroscópio que fornece o azimute da linha de vôo, além dos acessórios tradicionais de nivelamento, etc... da câmera, durante o vôo.

3.3 Imageamentos por Satélite

De acordo com SIMONETT (1983), os imageamentos por satélite, por serem obtidos de forma eletrônica favoreceram uma grande integração da pesquisa em Cartografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto com a computação eletrônica, possibilitando a otimização dos trabalhos.

O mesmo autor mostra a grande evolução dos sensores orbitais desde o ERTS 1, depois LANDSAT 1, até o LANDSAT 5 e o surgimento da concorrência do SPOT com o LANDSAT, e as vantagens que estas pesquisas trazem para a pesquisa ambiental e cartográfica a nível mundial.

De acordo com BÄHR (1991), a grande vantagem dos imageamentos através de fitas eletrônicas, em relação aos imageamentos através de filmes, é a possibilidade de se usar softwares que permitem a filtragem das imagens, melhorando substancialmente sua qualidade radiométrica, o que permite que o intérprete possa extrair maior volume de informações desta imagem filtrada, contra a imagem original.

O mesmo autor afirma que a otimização dos trabalhos para a geração de um produto cartográfico vem crescendo com o avanço da Informática associada à Fotogrametria e ao Sensoriamento Remoto, o que tem permitido a redução de pontos de controle, garantindo a mesma precisão cartográfica até a implementação dos softwares que garantem maior volume de correlações, para se chegar a uma resposta quanto à classificação num determinado mapa temático.

LOCH (1992) demonstra uma grande preocupação quanto à conscientização de que Sensoriamento

Remoto é uma ferramenta para a Cartografia e desta forma não se pode confundir interpretação temática com Cartografia Temática. É imprescindível que a interpretação temática de uma imagem seja associada a uma base cartográfica compatível em precisão, com a escala de trabalho, para que se obtenha a cartografia temática.

O mesmo autor afirma que o aumento da resolução do SPOT em relação ao LANDSAT não significa um ganho cartográfico diretamente, pois, para que isto seja possível, o intérprete precisa analisar a qualidade geométrica do produto, onde alguns trabalhos desenvolvidos pelo mesmo, têm mostrado que o satélite americano apresenta imagens com maior consistência cartográfica.

LOCH (1989) afirma que existem escassas informações quanto ao satélite russo SOYUZ, o que dificulta uma análise comparativa deste sensor em relação ao LANDSAT e ao SPOT. As imagens SOYUZ são obtidas por missões orbitais que ocorrem de acordo com a demanda ou solicitação destes produtos, o que torna-o de difícil acesso. Muitas vezes um projeto exige a disponibilidade quase imediata do sensor, que no caso das imagens SOYUZ pode demorar até um ano para se obter, apesar do mesmo apresentar-se bastante eficiente em termos de resolução espacial.

3.4 Planejamento Municipal

De acordo com KUNH (1991) as imagens aéreas a cada dia que passa, tornam-se mais evidentes nos projetos de planejamento, isto, desde a sua facilidade de mostrar uma visão panorâmica da área até à possibilidade de se analisar os elementos que compõem a paisagem até ao nível de detalhe.

O fato das técnicas de Sensoriamento Remoto permitirem imageamentos nas mais variadas escalas e cores, tons de cinza, diferentes faixas espectrais, formas de imageamento, tornam esta ferramenta cada vez mais premente nos projetos modernos de planejamento europeu.

De acordo com BAER (1991), analisando a questão do planejamento alemão, mostra antes de tudo, que a Alemanha é um país que tem uma ótima base cartográfica, com mapeamentos cadastrais multitemáticos de todo o país e que, portanto, a preocupação deles é a atualização cadastral visando o planejamento mais detalhado, visando a otimização do espaço, considerando a grande demanda e a escassez de espaço disponível.

Para a solução do problema alemão o autor recomenda o controle da precisão dos mapeamentos e a

necessidade de sensores com alta resolução espacial permitindo o monitoramento físico-espacial o mais detalhado possível.

4. Área de Estudos

A área de estudos localiza-se no município de Criciúma, sul do Estado de Santa Catarina, também conhecido como a Capital Brasileira do Carvão.

O município vem apresentando gravíssimos problemas com a degradação provocada pela exploração do carvão, o que levou o convênio UFSC/AERODATA a locar uma área piloto do imageamento com o scanner aerotransportável CASI, nesta região.

O município de Criciúma apresenta vastas áreas com paisagem de características verdadeiramente lunáticas, com grandes crateras e sem vegetação, somente rejeito carbonífero, fato que tem poluído drasticamente os mananciais, dificultando a expansão urbana normal, reduzindo a área agrícola e prejudicando a qualidade das terras para o cultivo, seja de florestas, pastagens ou culturas anuais.

O município encontra-se a jusante da bacia do Rio Sangão onde vários municípios a montante vêm explorando o carvão há muitos anos, espalhando a poluição diretamente nos rios, e conseqüentemente a todos os municípios desta bacia hidrográfica.

Como Criciúma é o maior pólo econômico do sul do Estado de Santa Catarina, apresentando toda esta problemática de uma exploração carbonífera que agora se encontra em fase de decadência deixando sérias conseqüências ambientais locais e regionais, foi que nos levou a fazer a pesquisa nesta área.

O município de Criciúma insere-se também na área do Projeto Pró-Vida que vem recebendo atenção especial do governo federal para a recuperação ambiental da região carbonífera.

5. Material e Metodologia

Para o trabalho se dispunha das fotografias aéreas: escala nominal 1:25.000 dos vôos de 1957 e 1978, escala nominal 1:45.000 do vôo infravermelho colorido de 1978, escala 1:8.000 da área urbana da cidade de 1980, escala nominal 1:18.000 de 1992.

Como material cartográfico se dispunha:

1. das cartas do IBGE, escala 1:50.000
2. todas as cartas do mapeamento costeiro de S.C. escala 1:100.000

3. mapas do DNPM quanto à locação e situação das minas de carvão .

Quanto à imagens orbitais dispunha-se das imagens LANDSAT, canal 3, escala 1:50.000 e as fitas eletrônicas.

Quanto à imagem do scanner aerotransportável CASI, dispunha-se das fitas imageadas nas bandas:

1	475,3	-	499,9 nm	
2	547,4	-	556,3 nm	
3	597,1	-	606,0 nm	
4	677,3	-	682,7 nm	
5	709,5	-	714,9 nm	
6	734,6	-	740,0 nm	
7	745,4	-	750,8 nm	
8	784,9	-	788,5 nm,	além de

composições coloridas em papel.

6. Metodologia

O trabalho partiu da análise dos resultados obtidos na dissertação de mestrado da Eng^a. Ruth Emília Nogueira Loch, intitulada "Influências da Exploração Carbonífera nas Atividades Agrícolas e no Desenvolvimento Global de Criciúma - SC".

A dissertação mostrou a interpretação visual das fotografias aéreas escala nominal 1:25.000 dos vôos de 1957 e 1978, bem como das imagens do LANDSAT 5/TM canal 3, escala 1:50.000 e a análise automática da fita do mesmo sensor, nos canais 3, 4 e 5.

Com a análise destes produtos obteve-se toda uma informação das características regionais da paisagem e sua evolução, no período analisado.

Nesta etapa acrescentou-se a interpretação visual das fotografias aéreas convencionais escala 1:18.000 e das composições coloridas do CASI. Além da interpretação visual das imagens do CASI ainda se fez a análise automática das fitas deste sensor, utilizando-se o sistema ARIES 380 para classificação automática das imagens, e o software SPANS como sistema geográfico de a informações, para as correlações dos resultados obtidos dos diferentes sensores, ou mesmo nos diferentes mapas temáticos.

7. Resultados Obtidos

Como trata-se de um projeto de grande monta onde pretende-se avaliar o sensor para os mais variados fins, julga-se mais importante, neste primeiro artigo,

mostrar as suas potencialidades através de um texto, considerando que as saídas gráficas nos limitariam ainda mais o espaço.

7.1 Comparação dos Produtos do Scanner com as Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas como são bastante conhecidas, evidentemente numa primeira etapa mostraram-se mais familiares, de fácil manuseio, identificação e compreensão dos elementos que compõem a paisagem de Criciúma.

As imagens do scanner apresentaram inicialmente algumas dificuldades para se obter as saídas em papel, o que exigiu maiores trabalhos de interpretação diretamente no vídeo, associado aos mapas. As imagens obtidas finalmente em papel mostraram-se bastante eficientes, principalmente na detecção dos problemas ambientais derivados da exploração carbonífera, considerando que são composições coloridas de canais planejados para esta finalidade.

Evidentemente a grande vantagem do scanner é a facilidade de analisá-lo automaticamente, tanto na classificação automática do uso e ocupação de solo, como na correlação destes resultados na organização de sistemas geográficos de informações,

7.2 Comparação do Scanner Aerotransportável com as Imagens Orbitais

A resolução espacial do scanner e o software que o acompanha para a correção geométrica, torna-o bastante competitivo ou mesmo superior, aos resultados obtidos a partir de imagens orbitais.

Torna-se fácil compreender a superioridade do CASI em relação às imagens orbitais, uma vez que o primeiro apresenta uma resolução espacial de até 1,0 metro, com a possibilidade de imageamento nos mais variados canais espectrais, que podem ser definidos conforme as necessidades de cada projeto; contra uma resolução espacial máxima de 10,0 metros no caso do SPOT pancromático; 20,0 metros no SPOT multiespectral com no máximo 3 canais; e com 30,0 metros no caso do LANDSAT 5 com no máximo 6 canais espectrais.

Percebe-se do exposto, que a resolução de até 1,0 metro do CASI, permite que se amplie estas imagens através de um zoom até às escalas do mapeamento urbano, possibilitando a correlação de mapas de grande escala com a respectiva imagem fotográfica, estabelecendo desta foram a atualização dos mapas temáticos do cadastro técnico urbano.

Dispondo-se de mapas planialtimétricos em grande escala, 1:5.000 ou 1:2.000, através do software DTM (Modelo Digital do Terreno) é possível fazer-se, por exemplo, a análise de vossorocas etc, superpondo-se as imagens do CASI à respectiva análise, o que vem facilitar a compreensão de problemas ambientais por parte dos técnicos responsáveis.

A grande flexibilidade em termos de canais espectrais permite que se obtenha uma gama de resultados mais sólidos que aqueles obtidos com imagens de satélite, como se pode constatar nesta pesquisa.

Como o CASI dispõe de 288 canais espectrais, o usuário pode escolher aqueles que mais lhe convierem, segundo os objetivos de cada projeto.

7.3 Aplicações do Scanner Aerotransportável no Planeamento Municipal

No espaço rural pode-se afirmar que as imagens de satélite permitem a análise quanto à atualização do uso e ocupação da terra ao nível de propriedade rural.

As imagens de satélite realmente não permitem o mapeamento rural efetivo a nível de propriedade, necessitando a execução de mapas cadastrais, a priori.

Quanto ao espaço urbano, as imagens de satélite com a resolução espacial de 30,0, 20,0 ou mesmo 10,0 metros não permitem a atualização do cadastro urbano, uma vez que as unidades imobiliárias apresentam dimensões de 10,0 a 20,0 metros de largura, com poucos contrastes entre os limites de um imóvel para outro.

As imagens do scanner aerotransportável, com resolução de até 1,0 metro, permitem o mapeamento efetivo ao nível de cadastro técnico rural, dependendo se, a estrutura fundiária não for predominantemente de minifúndios, prestando-se com eficiência à atualização do cadastro técnico rural com muito mais eficiência do que as imagens orbitais.

As imagens scanner apresentando resolução de até 1,0 metro, mostram-se como a maior inovação dos últimos anos para a atualização do cadastro técnico urbano, uma vez que neste trabalho é necessário identificar alterações quanto à ocupação do solo da ordem de alguns metros.

8. Conclusões

As imagens do scanner mostraram-se como uma grande inovação tecnológica e prometem alterar alguns

dos conceitos em termos das formas de avaliação das características físicas de uma paisagem.

A melhoria de resolução do scanner aerotransportável em relação às imagens SPOT com resolução espacial de 10,0 metros, pode parecer pouco, mas somado ao número de canais espectrais do CASI, o potencial do sensor passou a resolver grande parte dos problemas da atualização do cadastro técnico urbano.

A grande resolução espectral do CASI permite que se faça avaliações detalhadas e globais em termos de análise ambiental.

As aplicações do scanner aerotransportável devem ser maiores quanto maior for a densidade ocupacional da terra, ou então quanto maior for a demanda pela terra.

9. Recomendações

Que se faça aplicações do sensor mostrando resultados quantitativos e qualitativos em relação aos sensores mais conhecidos.

Que se continue a pesquisa das aplicações do sensor quanto à atualização do cadastro urbano.

Que se mostre novas aplicações e os resultados quanto à eficiência do sensor na análise ambiental, seja em termos de degradação da paisagem, qualidade d'água, SGI etc.

10. Referências Bibliográficas

1. ANGER, C. D. & BABEY, S. K. & ADAMSON, A. New approach to imaging spectroscopy. Orlando, 1990. 15 p.
2. BABEY, S. K. & ANGER, C. D. A compact airborne spectrographic imager (CASI). In: Canadian Symposium on Remote Sensing, 12, 1989, Vancouver. Anais. Vancouver: (s.n), 1989.
3. BAER, K. La profession liberal en el servicio cadastral de la República Federal de Alemania. In: Seminário Internacional sobre Cadastro Rústico e Urbano Multifuncional, 1991, Portugal. Anais. Lisboa: SICRUM, 1991. p. 119-144.
4. BÄHR, H. P. Procesamento Digital de Imagens: aplicaciones en Fotogrametria y Teledeteccion. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ. Eschborn, 1991. 428 p.

5. HICK, P. T. Practical applications of airborne multispectral scanner data for forest, agriculture and environmental monitoring. In: 24th International Symposium on Remote Sensing of Environment. Rio de Janeiro, 1991. Anais. p. 425-432.
6. KUHN, H. Imágenes Tridimensionales como apoyo al planeamiento. Procesamiento digital de imágenes. GTZ/Eschborn. 1991. p. 155-193.
7. LOCH, C. Pesquisa de diversos sensores (Landsat, Radar e Fotos Aéreas), bem como estudo de suas potencialidades aplicadas à interpretação geológica. Curitiba, 1982. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em ciências Geodésicas.
8. LOCH, C. A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações profissionais. Florianópolis. Editora da UFSC, 2ª edição, 1989, 120 p.
9. LOCH, C. Integração entre informações obtidas de fotografias aéreas convencionais e imagens orbitais, visando a implantação e manutenção do cadastro técnico. In: Seminário Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal, 2. Serra Negra, 1991. Anais. INPE, 1991 p. 003-011.
10. LOCH, C. Monitoramento global e integrado de propriedades rurais, a nível municipal, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. In: Seminário Nacional de Cadastro Técnico Rural. 3. Curitiba, 1992, Anais. GTZ, 1992. 10p
11. NAKASHINA, B. S. et al. Early results from a digital imaging spectrometer. In: Canadian Symposium on Remote Sensing, 12. Vancouver, 1989. Anais. p. 2044-2046.
12. Remote Sensing Products and Services for world markets. Itres Research Ltd. Canadian Consulate General. 1987. 47 p.
13. SIMONETT, D. S. et al. Manual of Remote Sensing, Virginia, American Society of Photogrammetry. 2nd Ed., 1983, V. 2