

Perspectivas futuras para o projeto SOFIA (Sistema de Obtenção de Fotos e Imagens com Aeromodelo)

Eduardo Casale Piovesan ¹
Gustavo Cruz da Silveira ²
José Celso Corrêa Gonçalves Junior ³

¹ USP/SC - Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Transportes,
Av. Trabalhador São-carlense, 400
13566-590 São Carlos SP - Caixa Postal 359
¹ edupiovesan@pop.com.br

^{2,3} UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Cartografia
Rua Roberto Simonsen, 305
19060-900 Presidente Prudente SP
² cruzdasilveira@pop.com.br, ³ jcelso@ubbi.com.br,

Resumo: A obtenção de fotografias e imagens através de vôo fotogramétrico e sensores espaciais, possui um custo inviável, quando se deseja realizar uma análise temática de uma pequena área isolada. Uma alternativa para esta aplicação, é o vôo com uma aeronave radiocontrolada, equipada com uma câmara convencional, acionada por um dispositivo de disparo a distância. A partir da construção de uma aeronave desse tipo, e do vôo realizado em uma área teste, obteve-se imagens que foram submetidas a uma avaliação quanto à qualidade, para depois serem digitalizadas e fotointerpretadas, extraindo-se o maior número de informações possíveis do terreno, possibilitando assim, uma avaliação mais abrangente no que se refere à viabilidade da técnica empregada, nas mais diversas áreas de conhecimento.

Palavras chaves: Aeronaves Rádio-controladas; Fotografias convencionais, Fotointerpretação.

Abstract: The attainment of photographs and space images through conventional flight and sensors, possess an impracticable cost when it is desired to carry through a thematic analysis of a small isolated area. An alternative for this attainment is flight with one radio-controlled aircraft, equipped with a photographic camera controlled with longdistance radio system. From the construction of an aircraft of this type and flights on the area has tested, getting images that after an evaluation how much to the quality, they had been submitted the scanning and photo analyses, extracting of the images the biggest number of possible information of the land, thus making possible a more including evaluation how much to the viability of the technique used in diverse areas of knowledge.

Keywords: Radio-controlled aircraft, Conventional Photography, Photointerpretation.

1 Introdução

A aerofotogrametria convencional é uma técnica vastamente difundida e bastante utilizada em mapeamentos. Sua qualidade é indiscutível e seus métodos vêm evoluindo constantemente. Essa qualidade deve-se muito ao fato da alta precisão das câmaras utilizadas e dos sofisticados recursos eletrônicos e computacionais, que trabalham em conjunto com um minucioso sistema de lentes. Esses equipamentos são dotados, de marcas fiduciais (que permitem a orientação dos modelos), distância focal constante e negativo, geralmente medindo 23cm x 23cm, que possibilitam uma melhor relação de

aproveitamento, entre a área coberta e a escala de voo. Essas câmaras, geralmente são instaladas em aeronaves convencionais ou helicópteros, e a obtenção de imagens de uma área depende de uma série de fatores que devem ser considerados na etapa de planejamento, antecedente ao voo. Todos esses procedimentos, mais as etapas posteriores ao voo, tornam o levantamento aerofotogramétrico uma técnica de alto custo, limitando sua utilização a projetos, que abrangem grandes áreas. Esse tipo de voo depende também de fatores climáticos e autorizações do Departamento de Aviação Civil - DAC.

Quando há interesse em analisar características de uma pequena área isolada, uma alternativa, é a utilização de imagens obtidas em um voo anteriormente realizado e arquivadas. No entanto, dependendo da região, essas imagens se encontram desatualizadas e nem sempre atendem à necessidade do usuário.

Uma outra opção, é o uso de imagens obtidas por sensores orbitais, e fornecidas em meio digital. Tais imagens vêm sendo cada vez mais difundidas, e sua aplicação, que na última década estava limitada à interpretação de grandes áreas da superfície terrestre devido à pequena resolução espacial, vem se especializando com o desenvolvimento de satélites com sensores capazes de fornecer uma alta resolução espacial. Imagens IKONOS e QUICKBIRD podem fornecer informações detalhadas sobre os alvos na superfície da Terra, com resoluções espaciais próximas de 1m e em períodos de tempos curtos, o que permite constante atualização. Essa alta resolução permite que sejam feitas as mais diversas análises de uma área, como por exemplo: planejamento rural, agricultura de precisão, e monitoramento agrícola. A desvantagem deve-se ao fato de que essas imagens possuem um alto custo, em torno de R\$ 65,00 Km² (Silva, 2002) e necessitam de modernas técnicas e equipamentos para o seu processamento.

Pesquisas desenvolvidas desde a década de 70, mostram que para analisar características de áreas na superfície a fotointerpretação de imagens adquiridas por câmaras fotográficas convencionais de pequeno formato, oferece ótimos resultados dispensando grande parte do complexo instrumental utilizado na aerofotogrametria, uma vez que o resultado não busca o detalhamento topográfico, tornando o processo atraente financeiramente.

Existem câmaras de pequeno formato específicas para aerolevanteamento, através dessas pode-se realizar mapeamentos. Para isto é necessário que se compense as grandes distorções existentes nesse sistema. Seu uso foi viabilizado a partir do desenvolvimento de modelos computacionais e métodos analíticos pesquisado nas décadas de 70 e 80. Karara (1980), mostra um modelo chamado DLT (Direct Linear Transformation), uma solução analítica que relaciona diretamente as coordenadas de comparador às coordenadas do espaço-objeto dispensando as marcas fiduciais. Essa transformação realiza a autocalibração da câmara e dispensa muitos recursos instrumentais, financeiros e humanos. O desenvolvimento de produtos digitais restringiu essas pesquisas, sem que tal técnica fosse profundamente estudada e utilizada.

Logo, o uso das fotografias de pequeno formato ficou restrito a uma visão sinóptica de uma área a ser analisada, o que, mesmo assim, auxilia muito a tarefa de mapeamento, diminuindo consideravelmente o custo e o tempo de elaboração do mapa desejado, eliminando diversas análises de campo. Isso permite o uso de câmaras de pequeno formato comuns, menores e mais leves do que as específicas para aerolevanteamento, dispensando, assim, o uso de uma aeronave convencional.

Uma forma prática, barata e rápida de obter fotografias aéreas de uma pequena área com câmaras comuns, consiste em acoplar câmaras em aeronaves rádio-controladas (aeromodelos), e determinar uma altura do voo, velocidade do aeromodelo, tempo de obtenção das fotos e tipo de filme utilizado, de acordo com a área de interesse, para que o produto final possa ser utilizado da melhor maneira possível. Se corretamente obtidas estas fotos terão qualidade suficiente para permitir uma fotointerpretação adequada, de onde pode-se extrair as informações de interesse.

Buscando-se obter qualidade compatível com a obtida nos aerolevanteamentos comuns, está sendo realizado um estudo sobre as tecnologias que podem ser empregadas em aeromodelos, tendo em vista não só a fotointerpretação, mas o máximo de aplicações possíveis, inclusive a possibilidade de utilização para mapeamento.

2 Descrição do Sistema Atual

O SOFIA é uma pequena aeronave rádio-controlada (2,2m de envergadura) com capacidade para levar em seu interior uma câmara de vídeo compacta e que possibilita realizar um voo estável, em baixa velocidade,

e com bom controle de altitude, o que permite a obtenção de fotografias nítidas e uniformes. O modelo possui um tanque de 250ml de combustível que lhe dá uma autonomia para 25 minutos.

Para a escolha do dispositivo de tomada de fotos, optou-se por uma câmara convencional, devido ao seu baixo custo; entretanto, outros equipamentos podem ser utilizados (câmara digital, profissional, filmadora compacta). A instalação da câmara se deu de forma fácil, em razão do amplo espaço interno da aeronave.



Figura 1: Aeromodelo utilizado

Em relação, ao mecanismo de acionamento da câmara, embora pesquisas na área da eletrônica, apresentem sistemas eletrônicos, utilizou-se um servo-motor acoplado ao rádio da aeronave para fazê-lo de forma mecânica, ficando os disparos das fotos a cargo do operador da aeronave.

Essa simplicidade com que foi montado o sistema, de custo relativamente baixo (em torno de US\$ 500), apresentou resultados extremamente animadores, demonstrando a potencialidade do formato atual e revelando que investimentos poderão trazer resultados ainda melhores.

A imagem a seguir representa um fotoíndice de um vôo teste. Podem ser identificados desde detalhes da infra-estrutura das construções e da pista de vôo até os carros ao lado das construções e pessoas que se encontram no local. Árvores plantadas ao redor da pista e as variações das coberturas vegetais sobre o solo na parte oposta às construções, sobre a pista são outra mostra de interpretação obtida com a utilização do SOFIA.

Pode-se, com o auxílio de levantamento topográfico, determinar as coordenadas espaciais da região ou até mesmo, utilizar as imagens para agilizar as visitas à campo para fins de mapeamento.



Figura 2: Fotoíndice da pista de vôo

Pretende-se utilizar câmaras digitais para os levantamentos futuros, com a finalidade de se eliminar as etapas de revelação e digitalização das fotos.

Um receptor GPS instalado no aeromodelo permitiria a identificação das posições de tomada das fotos, bem como a altitude do aeromodelo e a sua velocidade, permitindo um controle na construção do mosaico e mensurações para fins topográficos com o SOFIA.

A agricultura poderia também se beneficiar do sistema que futuramente poderia obter dados, que amostrados, permitiriam uma análise das regiões cuja produção não se encontra otimizada.

Visando essa aplicabilidade para diversos fins, está sendo feito um estudo das tecnologias que podem contribuir para o desenvolvimento do sistema.

3 Novas Tecnologias

3.1 Plataformas Não-Tripuladas

Os aeromodelos se inserem no conceito de UAV (*Unmanned Air Vehicle* - Veículos Aéreos Não-Tripulados), tecnologia muito utilizada para fins militares (sendo sua principal fonte de desenvolvimento). Os primeiros UAVs datam da década de sessenta, quando apareceram em conflitos armados com a missão de fazer reconhecimento sobre áreas inimigas fortemente defendidas, em que aeronaves convencionais eram abatidas com alto custo de vidas e material.

A operação consiste basicamente em decolar (ou lançar) o UAV, voar seguindo uma rota e altitude pré-determinadas, chegar a um ponto e permanecer voando em altitudes e tempo pré-programados, transmitir as informações de sinais e imagens captadas, voltar e pousar em segurança.

As operações de decolagem e de recuperação são as mais delicadas, principalmente a de recuperação do UAV. Há alternativas tanto para a decolagem quanto para o pouso. Pode-se utilizar um caminhão de lançamento com catapulta pneumática. Também pode ser utilizado um lançamento assistido por foguetes podendo, nesse caso, ser lançado a partir de qualquer local. O recolhimento do UAV pode ser pousando em pistas ou estradas, ser recolhido por rede (em navios ou espaços limitados), utilizando esquis para grama ou neve ou por pára-quadras.

A utilidade dos UAV é muito grande e variada, podendo ser usados em missões militares, civis e paramilitares.

Os UAVs estão em constante evolução, não sendo difícil dizer que algum dia eles suplementarão as aeronaves convencionais pilotadas em diversas aplicações. Recentemente UAVs norte-americanos foram utilizados para designação de alvos em Kosovo. Isso não só demonstra o avanço tecnológico em que se encontra hoje, mas nos faz pensar em mais possibilidade de utilização dessas aeronaves não-tripuladas em um futuro próximo.

Estudos internacionais criaram UAVs com estações de controle que consistem em um sistema computacional que planeja os pontos da missão (waypoints), e controla o voo. O programa de controle da missão gera um banco de dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o computador exibe a localização atual do veículo em um mapa digital juntamente com a rota programada, waypoints, dados da missão e vídeo em tempo-real.

3.2 Câmaras de Vídeo Digitais

O sistema também pode se beneficiar dos avanços ocorridos na área de eletrônica, no que concerne ao desenvolvimento de novos sistemas de câmaras digitais.

A Sony, por exemplo, desenvolveu uma câmara capaz de gravar filmes com resolução de até 520 linhas na horizontal e pesa pouco mais de 400 gramas (pouco maior que uma bola de tênis). A filmadora, apresentada em janeiro passado no Japão pela empresa, tem um CCD (Charged Couple Device) de 1,07 megapixel e lentes Carl Zeiss. Ela tem um visor LCD de 2,5 polegadas, zoom óptico de 10x, digital de 120x e também tira fotos.

Por outro lado, a JVC desenvolveu uma câmara com formato digital Mini DV, além de filmadora possui uma câmera fotográfica digital integrada, que possibilita a captura de imagens estáticas com até 2 modos de resolução de imagem XGA (1024 x 768) e VGA (640 x 480). Ao contrário da maioria das câmaras, que capta as imagens em 2 fases, a GR-DVM90 utiliza o CCD de varredura progressiva de 680.000 pontos de resolução, para captar, de uma única vez, o quadro inteiro. Com esta tecnologia, a JVC eliminou a possibilidade de distorção, causado pelo entrelaçamento de campos de imagem, e garantiu um substancial aumento da resolução vertical e da qualidade das imagens estáticas do vídeo.

Essas são duas opções que dispõem de atributos que podem contribuir extremamente o desenvolvimento do sistema.

Foi feito um voo utilizando-se uma câmara digital, a DC210 da Kodak. A qualidade das imagens obtidas pode ser verificada nas imagens a seguir:

3.3 Vôo apoiado com GPS

Segundo Galo(2003), o uso do GPS pode auxiliar a execução do vôo fotogramétrico para a navegação e para a determinação do CP (Centro Perspectivo). Com a possibilidade de posicionamento em tempo real e determinação do CP em vôo pelo GPS, pode-se observar os seguintes reflexos em:



Figura 4: Imagem Digital do Câmpus da UNESP – Presidente Prudente



Figura 3: Imagem Digital do Câmpus da UNESP – Presidente Prudente

- Melhoria de precisão dos blocos fotogramétricos;
- Diminuição do número de pontos de apoio;
- Diminuição do efeito da correlação no processo de calibração.

Para tanto, deve-se utilizar um receptor compacto e robusto que utilize dupla frequência (para correção da refração ionosférica), coletando dados a cada segundo, que permita o registro de uma marca de tempo no sistema de tempo GPS e que mantenha o sinal durante o vôo. A antena do receptor deve ser leve e robusta e que suporte medidas rápidas e operar em condições adversas (temperatura, umidade e pressão), com centro de fase estável (até 1 cm) e deve ser instalada na fuselagem (o mais próximo possível do eixo ótico), com pode ser visto na figura a seguir:

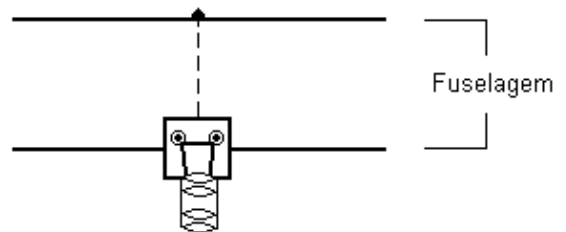


Figura 5: Instalação da antena na fuselagem do avião (Adaptada de Galo, 2003)

Uma boa alternativa de configuração constitui-se na utilização de 4 antenas, dispostas como na figura a seguir:

Deste modo a orientação do avião pode ser determinada, e ainda, se a orientação da câmara em relação ao avião for conhecida, a orientação da câmara em relação ao sistema GPS pode ser determinada.

Utilizando-se dessa tecnologia, pesquisadores do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da USP de São Carlos acabam de testar com sucesso um módulo de Sistema de Controle que, juntamente com um Sistema de Navegação, irá compor um piloto automático para aeronaves não tripuladas. O mecanismo deverá ser implantado em pequenos aviões.



Figura 6: Posições das antenas GPS (Adaptada de Galo, 2003)

As operações do piloto automático podem ser divididas nas funções de orientação e controle, sendo que a primeira (orientação), determina o curso e a velocidade da aeronave. A segunda (controle), desenvolve e aplica forças para restaurar o equilíbrio da aeronave após um distúrbio. O sistema de orientação, juntamente com o sistema de posicionamento global (GPS) compõe o Sistema de Navegação, que foi projetado de forma a maximizar sua independência do Sistema de Controle e dos parâmetros que caracterizam cada tipo de avião. A interface entre os sistemas é realizada por comandos simples. Assim, o Sistema de Controle em resposta aos Comandos do Sistema de Navegação aciona as superfícies de controle do avião, posicionando-as de forma desejada.

3.4 Sistemas Fotogramétricos Digitais

Segundo Dowman (1991), um sistema fotogramétrico digital pode ser definido como um conjunto de hardware e aplicativos destinados à obtenção de produtos fotogramétricos a partir de imagens digitais usando técnicas manuais e automáticas. A figura a seguir apresenta um diagrama de um ambiente desta natureza:

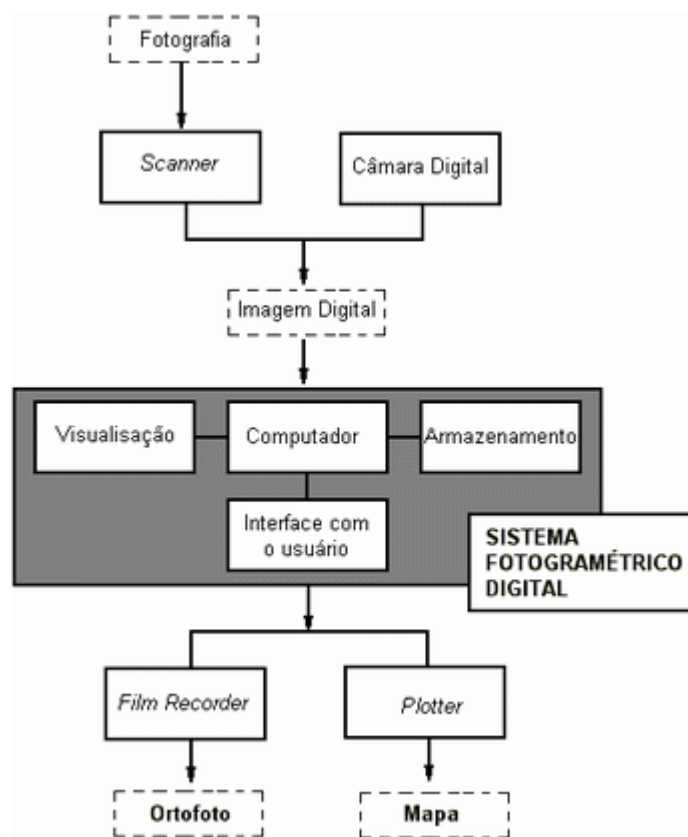


Figura 7: Sistema Fotogramétrico Digital (Adaptado de Schenk, 1999)

A problemática envolvida se deve ao fato de que esses sistemas necessitam de parâmetros que no caso das câmaras não-métricas, são desconhecidos. Tendo em vista que essas câmaras não possuem marcas fiduciais e os parâmetros de Orientação Interior são parcial ou totalmente desconhecidos, além de serem extremamente instáveis. No entanto, diversos modelos matemáticos são desenvolvidos para superar essa dificuldade, principalmente no que concerne às câmaras digitais.

Estudos realizados utilizando-se o sistema *Socet SET* comprovam que dispor de imagens de uma câmara digital não calibrada pode-se realizar a restituição fotogramétrica para a planimetria, com precisão adequada. No entanto, para a altimetria as discrepâncias são elevadas devido à deformação do feixe em Z, fazendo com que a restituição altimétrica não seja confiável. Caso tivesse sido possível pré-calibrar a câmara e garantir a estabilidade dos parâmetros de orientação interior, então a altimetria estaria com erros na ordem de 1,8 m.

4 Conclusão

Em seu sistema atual, o SOFIA se mostrou eficiente e versátil para a obtenção de fotografia aérea, podendo ser utilizado para a fotointerpretação como foi descrito no trabalho e, com algumas adaptações, futuramente poderá realizar outros tipos de levantamento, aumentando as opções de produtos cartográficos ou dados para fins de mapeamento.

O baixo custo do projeto em relação à aerofotogrametria convencional se mostra como o principal atrativo do SOFIA. A pequena quantidade de recursos humanos, permite que uma ou duas pessoas executem o levantamento, possibilitando uma economia também em mão de obra e não só nos custos do equipamento.

5 Referências Bibliográficas

- Amorim, A.:** *Utilização de câmaras de Pequeno Formato no Cadastro Técnico Urbano*. Florianópolis-SC. Mestrado, dissertação, 105p. .Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 1993.
- Colomina, I.:** *Combined Adjustment of Photogrammetric and GPS Data*. Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona.
- Disperati, A. A.:** *Obtenção e Uso de Fotografias Aéreas de Pequeno Formato*. Curitiba-PR. UFPR. 290p. 1991.
- Dowman, I.:** *Digital Photogrammetric Workstations (Eds H. Ebner, I. Fritsch, C. Helpke)*, Wichmann, Karlsruhe. 1991.
- Falkner, E.:** *Aerial mapping: methods and applications*. St.Louis. 320p. 2000.
- Galo, M.:** *Notas de aula de Fotogrametria III*. Departamento de Cartografia. Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista. 2003.
- Gonçalves Junior, J. C. C.; Piovesan, E. C.; Silveira, G. C.:** *APIAS - Airborne Photos and Images Attainment System*. In: GEOINFORMATICS 2004, Gävle, Sweden, 12th International Conference on Geoinformatics. 2004.
- Gonçalves Junior, J. C. C.; Piovesan, E. C.; Silveira, G. C.:** *SOFIA - Sistema de Obtenção de Fotos e Imagens com Aeromodelo*. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 2003, Belo Horizonte - MG. XXI Congresso Brasileiro de Cartografia/CD-ROM.2003.
- Karara, H. M.:** *Non-Topographic Photogrammetry*. In: Manual of Photogrammetry. American Society Photogrammetry. New York, Falls Church. Pg785-882. 1980.
- Schenk, T.:** *Digital Photogrammetry*, Volume I, TerraScience, Ohio, 428p. 1999.
- Silva, J. F. C.:** *Noção de Mapeamento Aerofotogramétrico*. Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista. 44p. 2001.
- Silva, E. A.:** *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista. 77p. 2002.