



Sensores Aerotransportados Passado, Presente e Futuro.

Valther Xavier Aguiar
Eng. Cartógrafo
ESTEIO S.A.

Sensores Aerotransportados

Passado, Presente e Futuro.



A Empresa

Sensores Orbitais

Sensores Aerotransportados

- Sistema de Perfilamento a LASER
- Câmaras Aéreas Digitais

A Empresa

ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.



- ◆ **FUNDADA EM 1969:**
Escritório de Serviços Técnicos de Engenharia, Indústria e Obras. Associado ao nome Esteio = escora, amparo, apoio, arrimo..
Atuação: Consultoria em Engenharia
- ◆ **Em 1973 passa a atuar no setor de Aerolevantamentos**
- ◆ **Em 1976 - Vôos Aerofotogramétricos**
- ◆ **Em 1980 – Produção de Ortofotos**
- ◆ **Em 1985 – Restituição Numérica**
- ◆ **Em 1990 – GPS**
- ◆ **Em 1993 – Vôo Apoiado GPS**
- ◆ **Em 1993 – Ortofotocartas Digitais (Leica)**
- ◆ **Em 2001 – Perfilamento a LASER**



A Empresa

ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.



◆ INFORMAÇÕES GERAIS

- ◆ **FATURAMENTO 2002: R\$ 28.000.000,00**
- ◆ **EQUIPE (Maio/03): 550**
- ◆ **ENGENHEIROS: 52 (20 Cartógrafos)**
- ◆ **ÁREA DA SEDE: 2.600 m²**

PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS

- ◆ **AERONAVES: Navajo, Sêneca II e III**
- ◆ **CÂMARAS: ZEISS RMK-TOP RMK-A (FMC)**
- ◆ **ALS – Optech - ALTM 2025**
- ◆ **GeoRADAR**
- ◆ **Sistema LEICA Ortofoto/Restituição**
- ◆ **GPS: 15 Receptores**
- ◆ **PCM: 18 (Receptores/Transmissores)**
- ◆ **Veículos: 145**

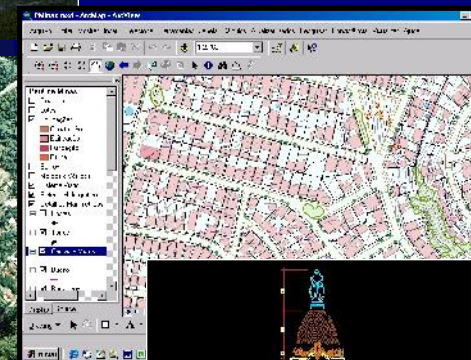
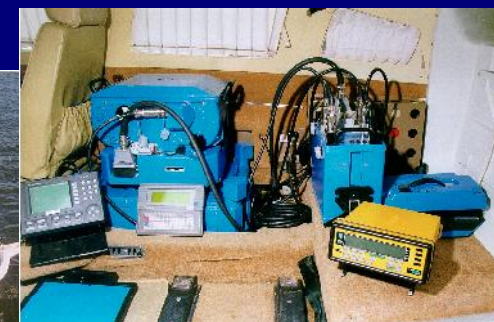
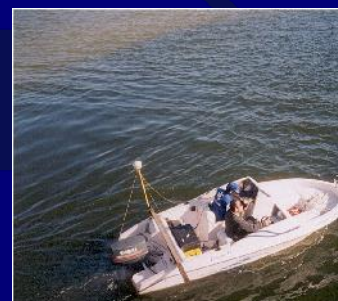


A Empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.



PRINCIPAIS SERVIÇOS OFERECIDOS

- ◆ **BATIMETRIA GPS;**
- ◆ **ESTUDOS DE TRAÇADOS E TRAVESSIAS DE DUTOS;**
- ◆ **ESTUDOS HIDROLÓGICOS;**
- ◆ **GPS E NAVEGAÇÃO AUTOMOTIVA;**
- ◆ **LEVANTAMENTOS CADASTRAIS;**
- ◆ **MAPEAMENTO NA WEB;**
- ◆ **MAPEAMENTO, LOCALIZAÇÃO E INSPEÇÃO DE DUTOS;**
- ◆ **MAPEAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO DIGITAL;**
- ◆ **PERFILAMENTO A LASER (ALS);**
- ◆ **PROJETOS AMBIENTAIS E DE SANEAMENTO;**
- ◆ **PROJETOS DE ENGENHARIA VIÁRIA;**
- ◆ **PROJETOS ESPECIAIS DE ENGENHARIA;**
- ◆ **SENSORIAMENTO REMOTO;**
- ◆ **SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS;**
- ◆ **SONDAGENS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS E GEORADAR;**
- ◆ **SUPERVISÃO E GERENCIAMENTO DE OBRAS.**



ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

O CLATEN



- ◆ Empresa inscrita em: 1973
- ◆ Licenças concedidas desde sua inscrição: 400
- ◆ Média anual de licenças: 13,8
- ◆ Licenças concedidas em 2002: 14
- ◆ Área voada: 1.150.000 km²
- ◆ Acervo: 1.341 Rolos de filmes aéreos (333.000 fotos)
 - ◆ 75% P&B, 24% Colorido, 1% Infra Vermelho
 - ◆ + filmes na Argentina, Bolívia e Paraguai

- ◆ Em 30 anos, A ESTEIO foi acionada uma vez pelo MD para fornecer dados sobre aerolevantamento realizado.

O Mercado de Aerolevantamento

- ◆ Aerofoto Cruzeiro, início das atividades em 1936
- ◆ O faturamento das empresas que explora o mercado de aerolevantamento em 2002:
R\$ 90.650.000,00 (Aprox. US\$ 30.000.000,00)
Esteio, Engefoto, Base, Maplan, Aerocarta, Multiespectral, Aerosul, Aeroimagem, Aeroconsult, Aerofoto, Aeromapa, Geoid, Geofoto, Aerosat, Agritec, Fiducial, Aerodata e Embraero.
- ◆ O Faturamento do setor já foi três vezes maior
- ◆ **Demanda Reprimida => CRISE**
- ◆ Mapeamento Sistemático em 2003:
 - ◆ Brasil: “1,01% (1:25.000), 13,9% (1:50.000) e 75,39% (1:100.000)”
 - ◆ China: 24% (1:25.000), 80% (1:50.000), 100% (1:100.000), 44%(1:10.000)

Últimos avanços tecnológicos que contribuíram para a evolução dos sensores



- ◆ GPS
- ◆ Computação e Informática
- ◆ Ótica (Sistemas de lentes)
- ◆ Sensores CCD (lineares e matriciais) e CMOS
- ◆ Tecnologia espacial

- ◆ Sistema de Posicionamento Inercial (IMU)
Georeferenciamento Direto
 - ◆ Mísseis
 - ◆ Câmaras Aéreas Baseadas em Filme e Digitais
 - ◆ Sensores Orbitais
 - ◆ Veículos espaciais
 - ◆ Sistema de RADAR e LASER Aerotransportados



(www.applanix.com)

Sensores Aerotransportados

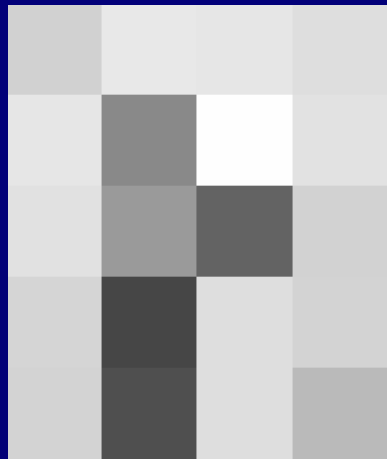


- ◆ Sensor instalado a bordo de Aeronave, VANT, Balão, Satélite, ou Outro veículo.
 - ◆ Imagem aérea, orbital ou outra
- ◆ Este Sensor “aerotransportado”
 - ◆ Muito utilizado pelo EUA na primeira grande guerra
 - ◆ Mais de 600 sensores como este foram utilizados

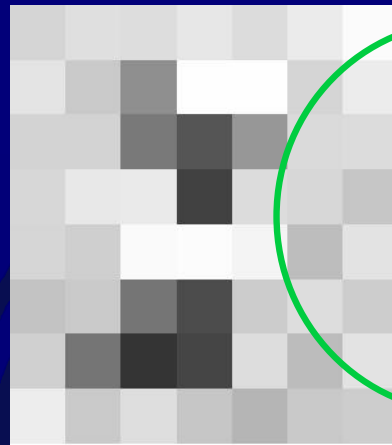


Resolução geométrica ou espacial

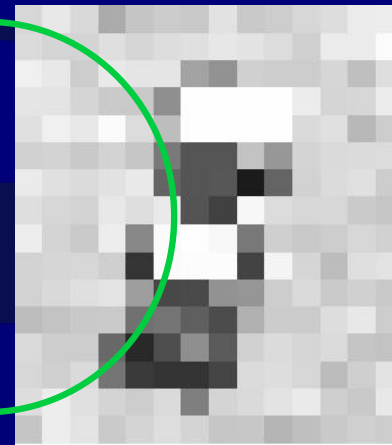
Pixel; GSD



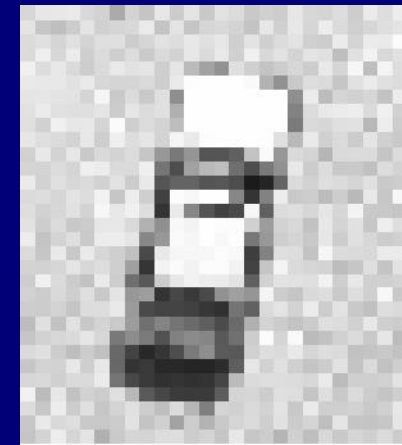
1.6m



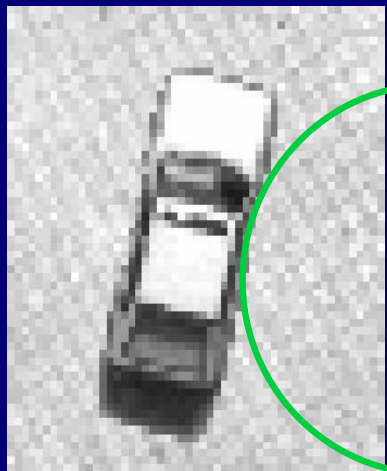
0.80m



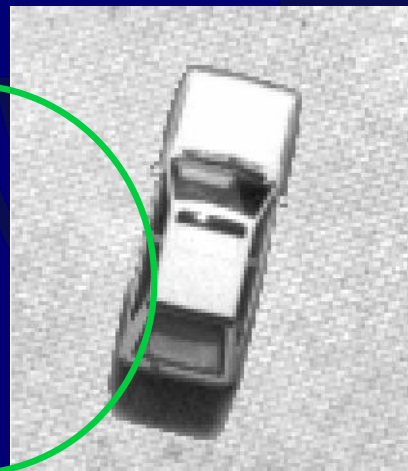
0.40m



0.20m



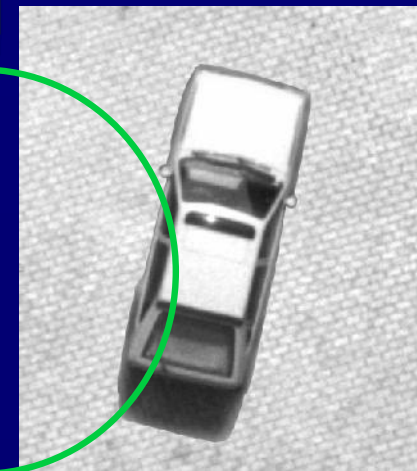
0.10m



0.05m



0.03m

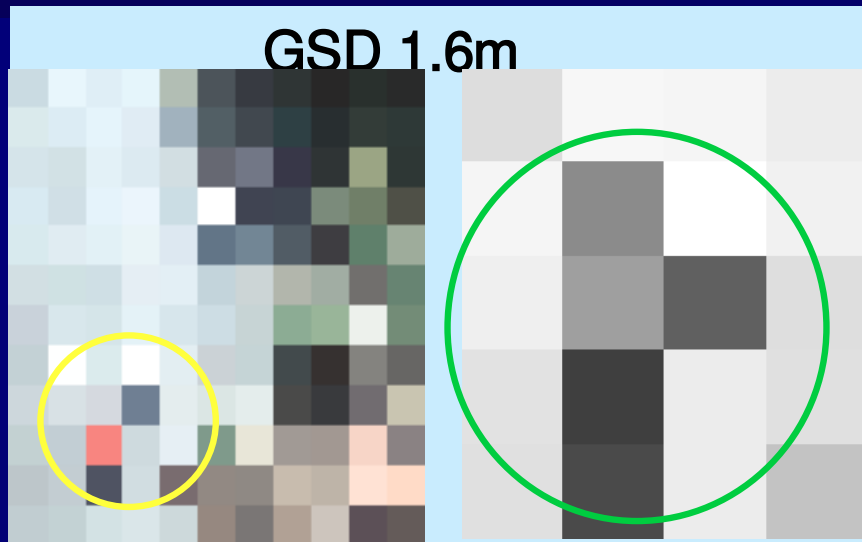


0.01m



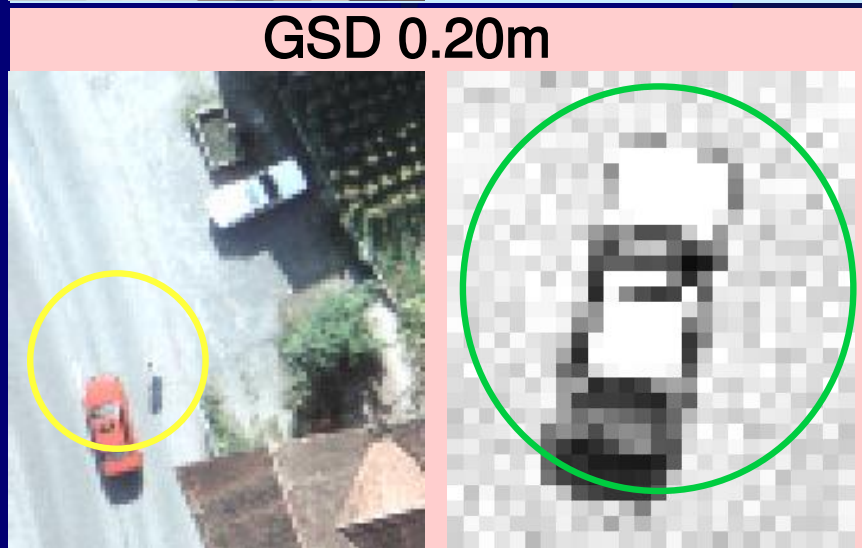
Resolução Geométrica

Detecção (3x), identificação (9x), interpretação (21x)



Tamanho de objeto detectável
GSD x 3

Tamanho de Veículo ~ 4.5m - 5m
 $\text{GSD } 1.6 \text{ m} \times 3 = 4.8 \text{ m}$

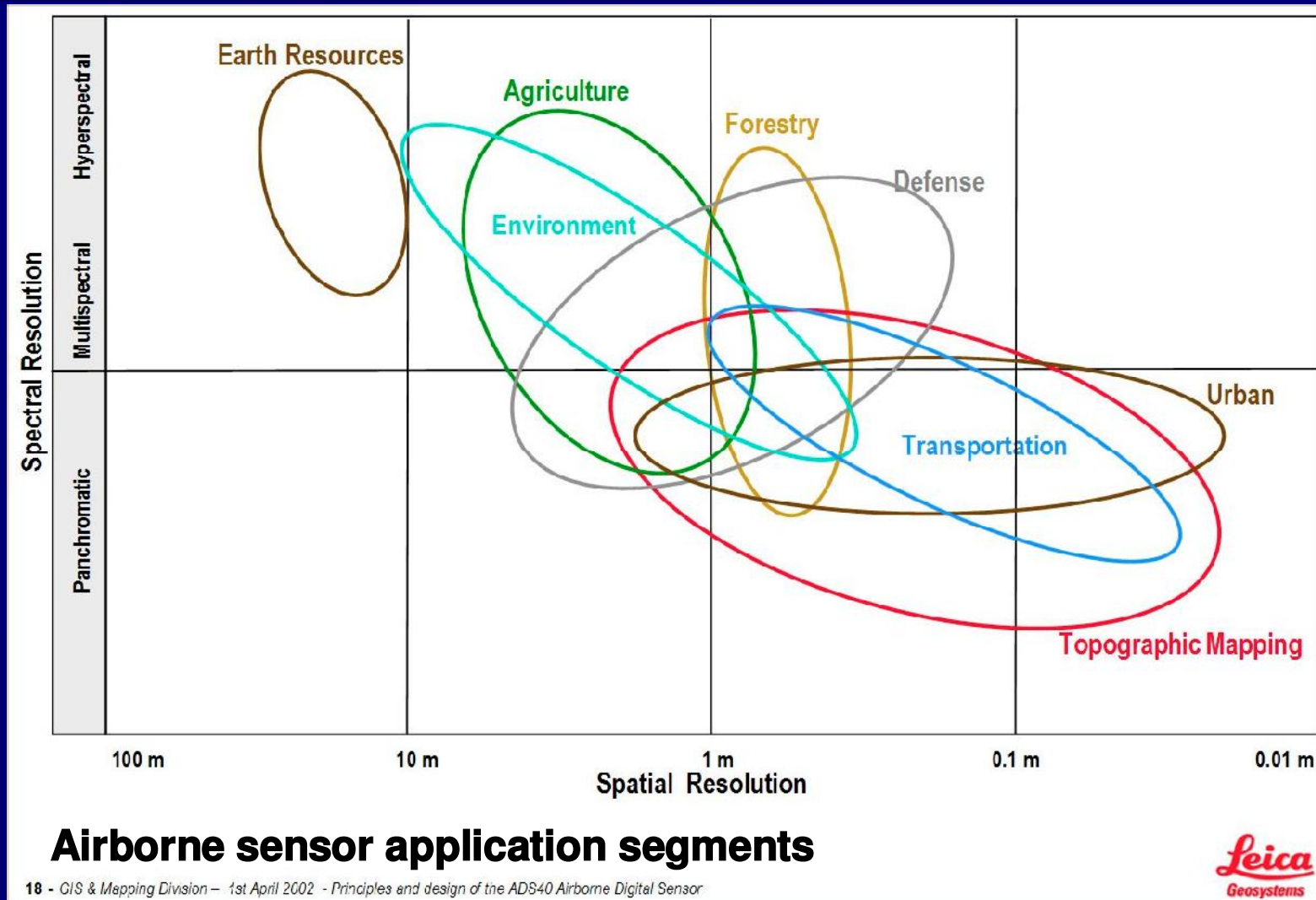


Tamanho de Objeto interpretável
GSD x 21

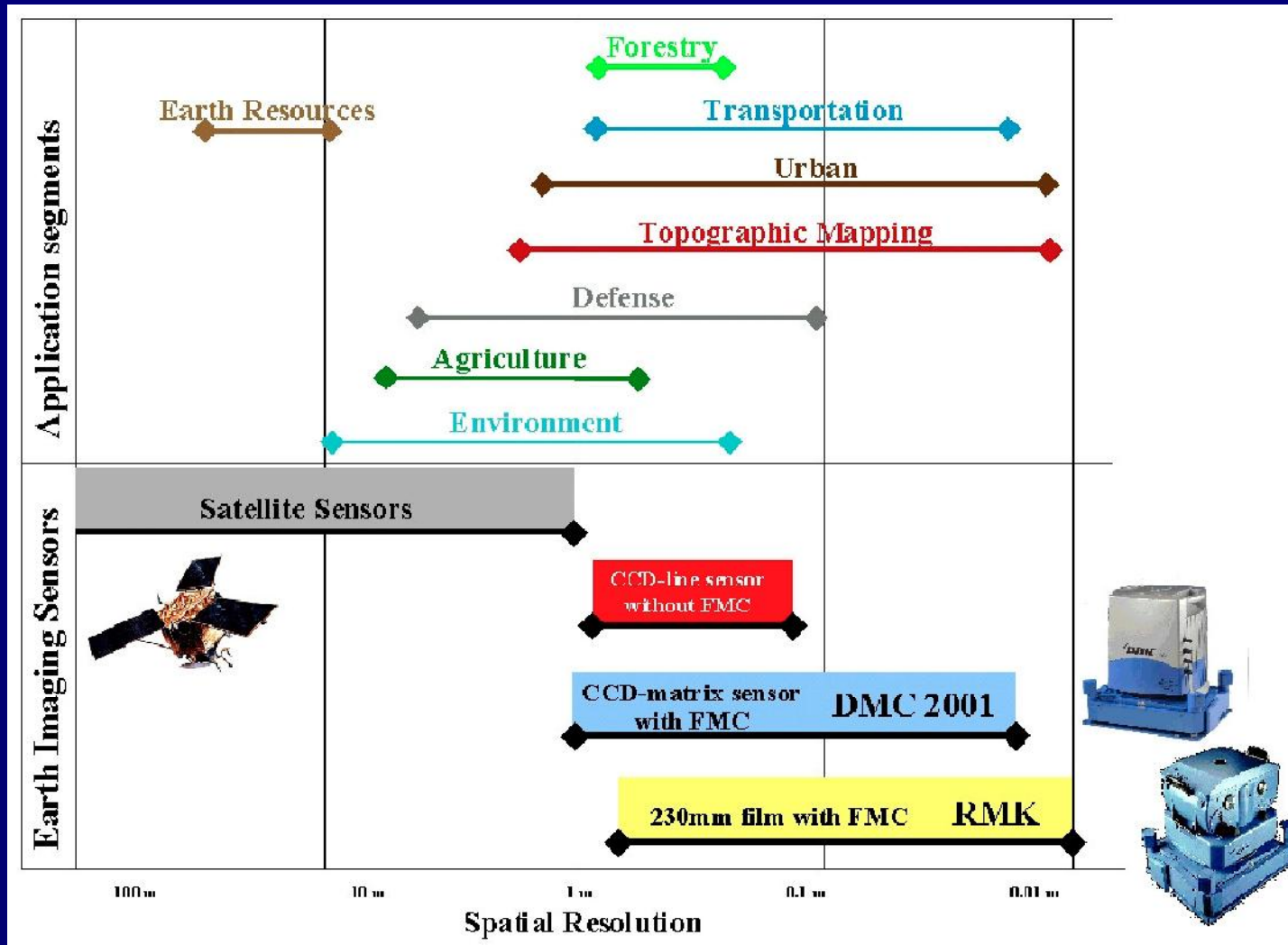
Tamanho de Veículo ~ 4.5 - 5m
 $\text{GSD } 0.2 \text{ m} \times 21 = 4.8 \text{ m}$



Segmentos de aplicação dos Sensores Aerotransportados



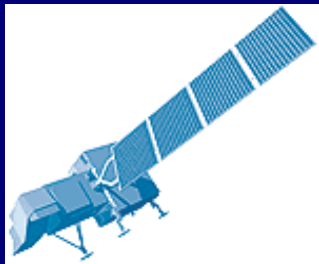
Segmentos de aplicação dos Sensores Aerotransportados



(Heier, 2001)

Sensores Orbitais

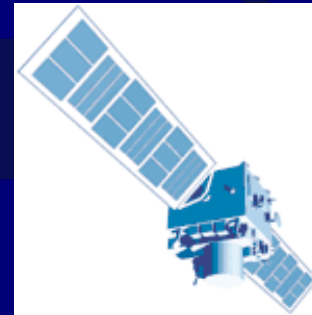
Sensores Orbitais vem sendo utilizados em satélites por mais de 30 anos



Landsat 1-7(1972)
15m PAN / 30m MS



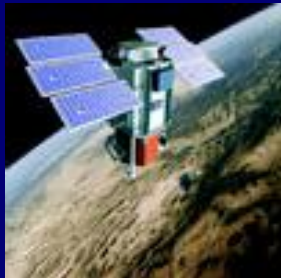
SPOT 1-5(1986-2002)
2,5 e 5m PAN / 10m MS



IRS-1 A (1988)
5,8m PAN / 70 e 188m MS



IKONOS (1999)
1m PAN / 4m MS



QuickBird (2001)
0,6m PAN / 2,4m MS



Orb View 3 (06/2003)
1m PAN, 4m MS



Sensores Orbitais

Sensores Orbitais de alta resolução em órbita e anunciados

Satélite	Empresa	Lançamento	Modo	Resolução	Órbita
IKONOS 2	Space Imaging	1999	PAN / 4MS	0,82 / 3,28m	680km
EROS A	ImageSat Int.	2000	PAN	1,8m	600km
QuickBird 2	DigitalGlobe	2001	PAN / 4MS	0,62 / 2,44m	450km
TES	ISRO, India	2001	PAN	1,0m	565km
SPOT 5	SPOT Image	2002	PAN / 4MS	5 (2,5) / 10m	830km
Orb View 3	OrbImage	2003	PAN / 4MS	1,0 / 4,0m	470km
Cartosat-1	ISRO, India	2003/4	PAN	2,5m	617km
ALOS	NASDA, Japão	2004	PAN	2,5m	691km
Cartosat-2	ISRO, India	2004/5	PAN	1,0m	630km
IKONOS 3,4	Space Imaging	2005	PAN / 4MS	melhor 0,5m	

(Jacobsen, 2003)

As imagens de alta resolução dos satélites **IKONOS** e **QuickBird** possuem resolução geométrica que permitem, desde que com uso de rigoroso modelo matemático e DTM preciso, a geração de **ortofotos** até as escalas 1:8.000 e 1:5.000, respectivamente. (Jacobsen, 2003)

Sensores Orbitais

Vantagens e Desvantagens



◆ Desvantagens

- ◆ Imagens com cobertura de nuvens (maior dependência de clima)
- ◆ Repetibilidade e resolução fixas
- ◆ Baixa resolução e precisão se comparado com imagens aéreas
- ◆ Órbita fixa
- ◆ Dificuldade de aquisição de imagens estéreo (*on demand*)
- ◆ Alto custo se comparado com imagens aéreas

Vantagens

- ◆ Grandes áreas com grande taxa de repetibilidade
- ◆ **Poucas barreiras físicas e administrativas**
- ◆ Órbita com sincronismo solar (Detecção de mudanças)
- ◆ Custo conhecido
- ◆ Imagens Multiespectrais

(Walter, 2001)

PERFILAMENTO A LASER

- ◆ SINÔNIMOS
 - ◆ *ALS - Airborne Laser Scanning*
 - ◆ *LASER Altimetry (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)*
 - ◆ *LIDAR Mapping (Light Detection And Ranging)*
 - ◆ *LASER Profiling*
 - ◆ *ALTM Airborne Laser Terrain Mapper (Optech)*

ALTM – *Airborne Laser Terrain Mapper*

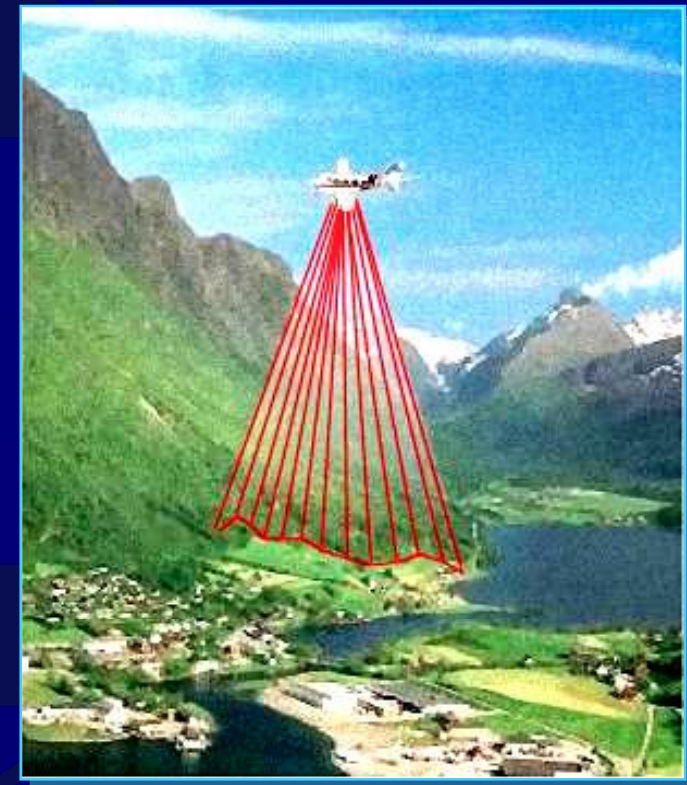
SISTEMA QUE ADQUIRE DADOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DO TERRENO COM PRECISÃO EQUIVALENTE AO GPS, MAS DE FORMA MUITO MAIS RÁPIDA E EFICAZ.

SURGIU PELA NECESSIDADE DOS USUÁRIOS DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO (*DEM - DIGITAL ELEVATION MODEL*) EM CASOS ONDE OS MÉTODOS TRADICIONAIS NÃO ERAM SUFICIENTEMENTE RÁPIDOS, HOMOGENEOS E PRECISOS...

“SONHO DOS FOTOGRAMETRISTAS”

SUBSTITUIR OS PROCESSOS DE CAPTAÇÃO FOTOGRAMÉTRICA POR UM PROCESSO

AUTOMATIZADO



(www.optech.on.ca)

Componentes do SISTEMA ALTM

- ◆ **SENSOR LASER (AERONAVE)**
- ◆ **ESTAÇÃO GPS (TERRA)**
- ◆ **ESTAÇÃO DE PROCESSAMENTO**



www.optech.on.ca

SENSOR LASER- ALTM

Equipamentos Aerotransportados



- ◆ Sensor LASER
- ◆ GPS - (0,5s = 30m)
- ◆ Sistema Inercial – (200Hz)
- ◆ Computador de bordo
- ◆ Unidades de armazenamento
- ◆ Câmera Digital CCD (opcional)
- ◆ Peso dos Sistema: 75kg

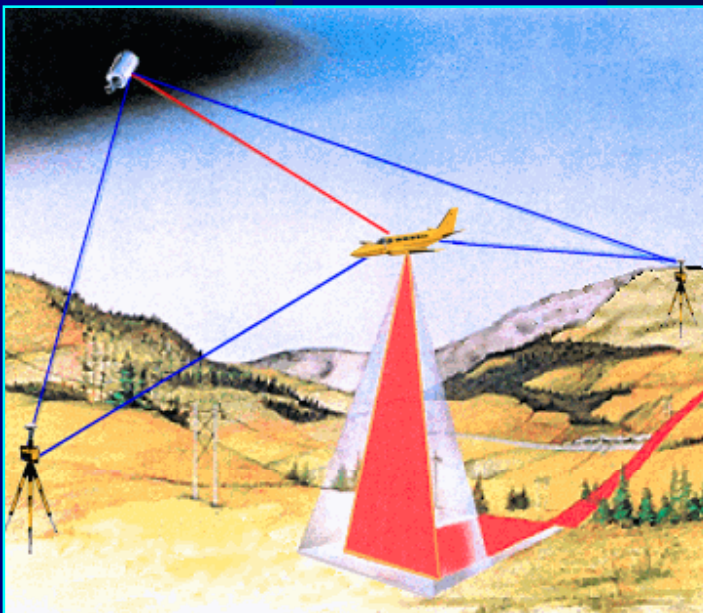


Sistema de Perfilamento a LASER

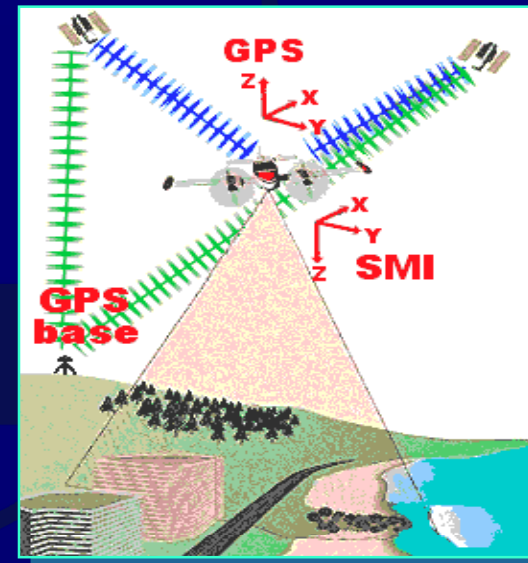
Princípio de Funcionamento



- ◆ **PULSO LASER DIRECIONADO PARA O SOLO;**
- ◆ **PULSOS EMITIDOS COM DETERMINADA FREQUÊNCIA (F_{OPER});**
- ◆ **VARREDURA DA SUPERFÍCIE COM REGISTRO DA DISTÂNCIA DO SENSOR ATÉ ESTA SUPERFÍCIE;**
- ◆ **REGISTRO DA POSIÇÃO INERCIAL DE CADA PULSO EMITIDO.**



www.optech.on.ca



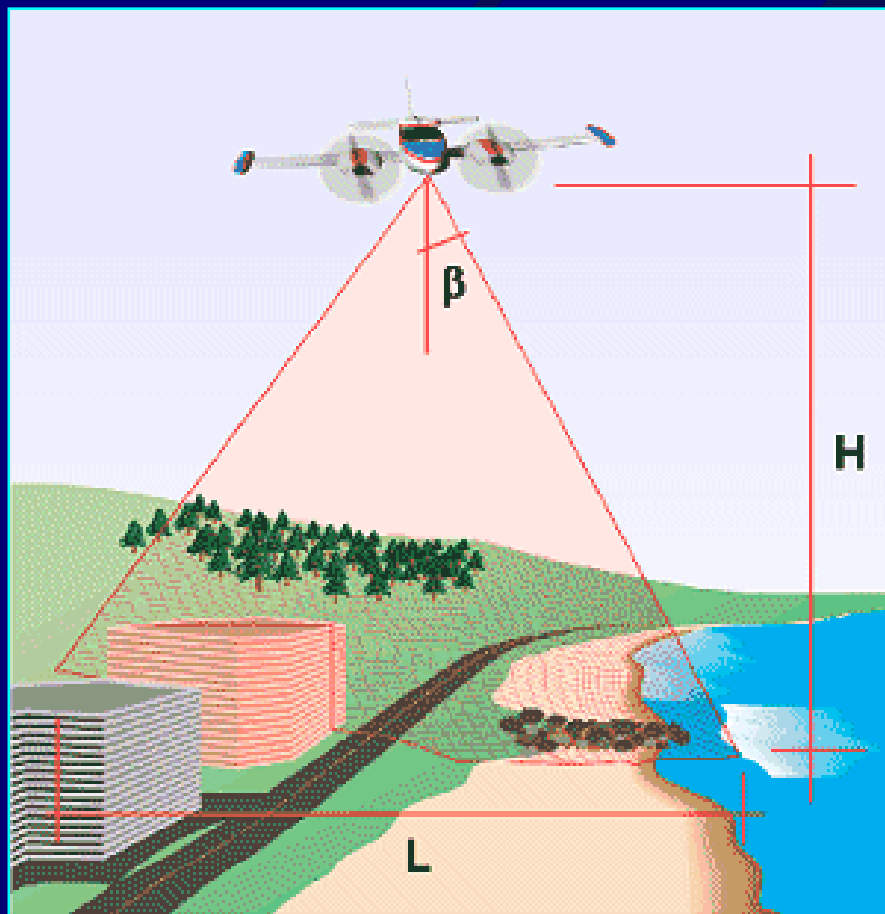
www.optech.on.ca

Sistema de Perfilamento a LASER

Largura da Faixa de Perfilamento



- ◆ Varredura no sentido transversal à linha de vôo
- ◆ Ângulo de abertura configurável (0° a 20°)



$$L = 2.H.\tan\beta$$

$$\text{Para } \beta = 20^\circ : 2\beta = 40^\circ$$
$$H = 1.200\text{m}$$

$$L = 873,50 \text{ m}$$

$$\text{Abertura} = 2\beta$$

Sistema de Perfilamento a LASER

Freqüência de Perfilamento (f_{perf})

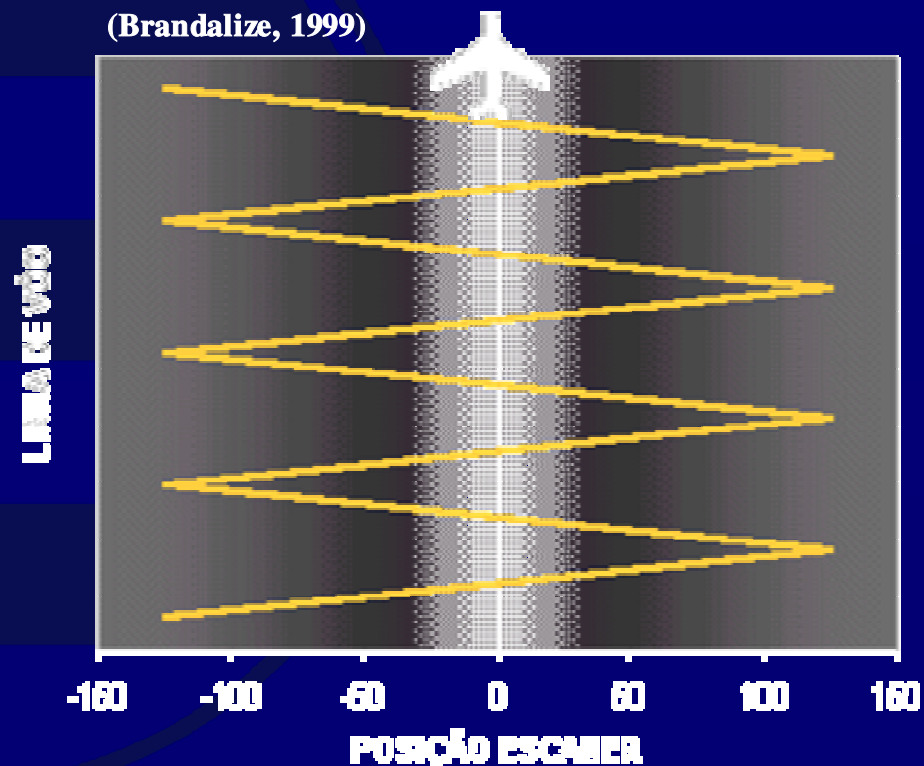


- ◆ OSCILAÇÃO DO CONJUNTO ÓTICO EM TORNO DO EIXO COMBINADO COM O MOVIMENTO DA AERONAVE FORMA UM **PADRÃO DE VARREDURA TIPO “DENTE DE SERRA”**

- ◆ **DENSIDADE DE PONTOS** OBTIDOS NA VARREDURA É FUNÇÃO DE :

- ◆ ângulo de abertura (b)
- ◆ freqüência de perfilamento (f_{perf})
- ◆ altura de vôo (h)
- ◆ velocidade da aeronave
- ◆ freqüência de operação (f_{oper})

(Brandalize, 1999)



Sistema de Perfilamento a LASER

Freqüência de Perfilamento (f_{perf})

$f_{oper} = 25 \text{ KHz} - L = 800 \text{ m}$

$H = 1.100 \text{ m} - f_{perf} = 30 \text{ Hz}$

$\beta = 20^\circ$

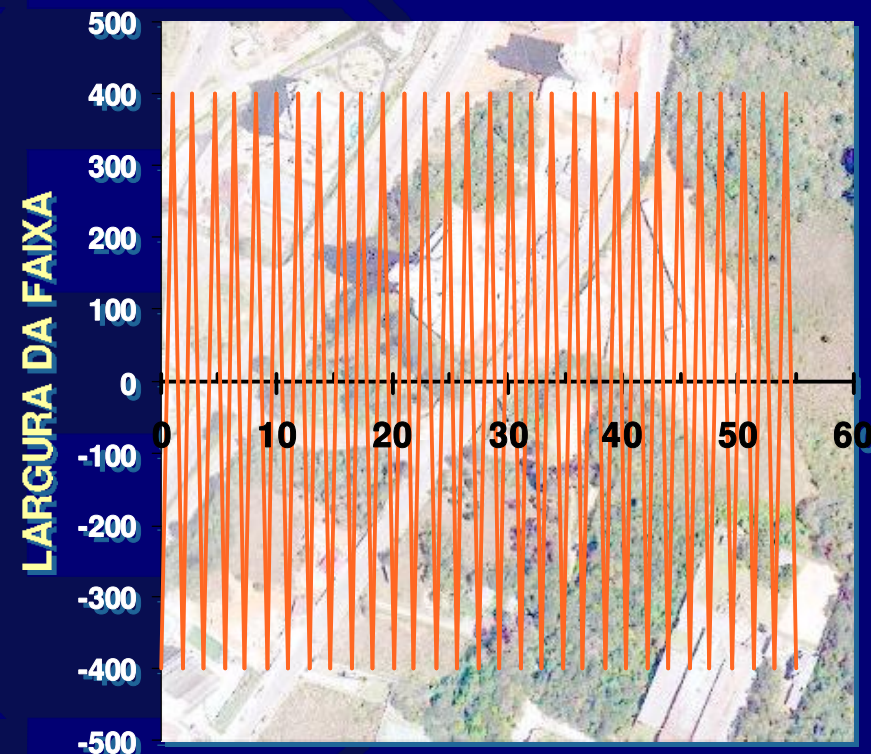
$v = 200 \text{ km/h} (55 \text{ m/s})$

$E_{perf} = 1,90 \text{ m}$

Diâmetro p/ divergência de
 $0,3 \text{ mrad} = 0,30 \text{ m}$

$$E_{perf} = \frac{2 \times f_{oper} \times L}{f_{perf}}$$

FREQÜÊNCIA DE PERFILAMENTO (30 Hz)



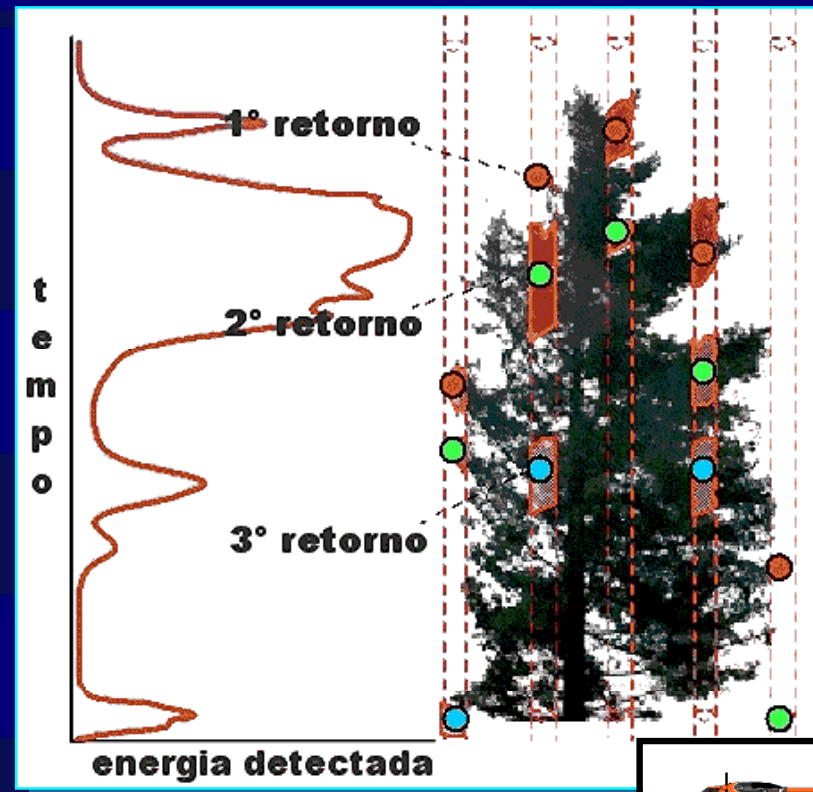
DISTÂNCIA PERCORRIDA EM 1 seg
(Brandalize, 1999)

Sistema de Perfilamento a LASER Primeiro e Último Retorno

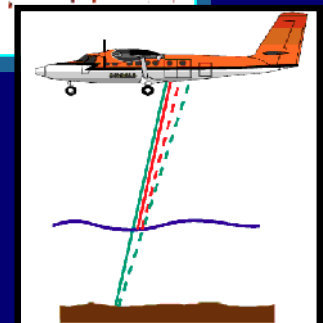


**CAPACIDADE DE DISTINGUIR AS
MÚLTIPLAS REFLEXÕES
PERMITE IDENTIFICAR OBJETOS
QUE ESTÃO ACIMA DA
SUPERFÍCIE - CABOS
SUSPENSOS, VEGETAÇÃO ...**

**A PARTIR DE ROTINAS E
FILTROS MUITO SOFISTICADOS
É POSSÍVEL DISTINGUIR E
CRIAR MODELOS DIGITAIS
DESTAS SUPERFÍCIES.**



(Brandalize, 1999)



Sistema de Perfilamento a LASER Intensidade de Reflexão



**REGISTRO DA INTENSIDADE DE
REFLEXÃO DE UM PULSO
LASER PODE SER
REPRESENTADO COMO UMA
IMAGEM EM TONS DE CINZA.**

**PRODUTO QUE SE APROXIMA
DOS ASPECTO VISUAL DA
FOTOGRAFIA AÉREA**



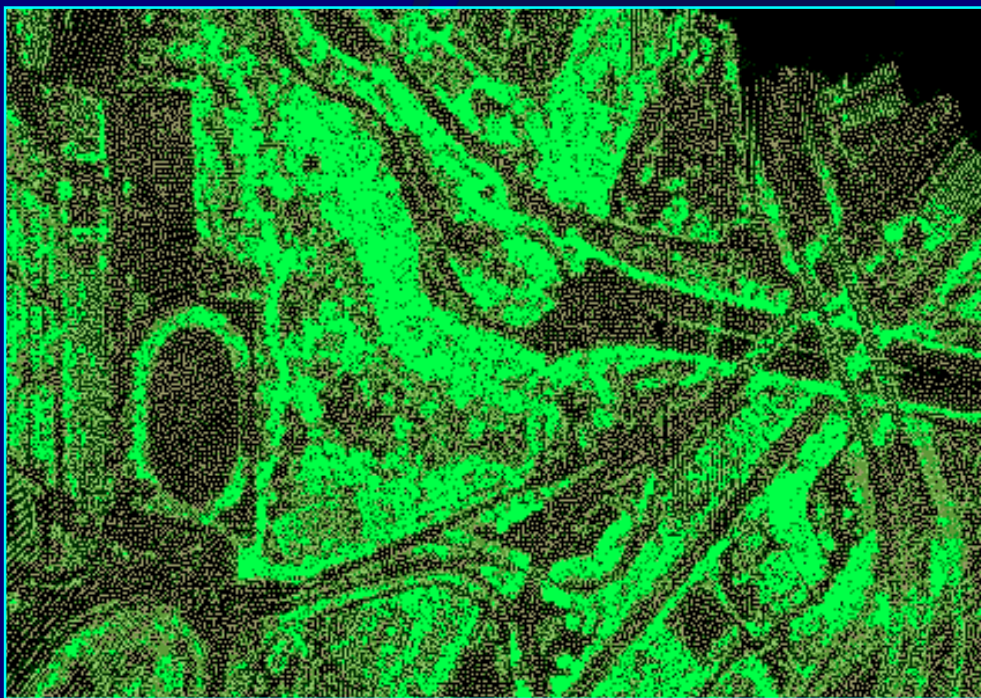
Sistema de Perfilamento a LASER

Volume de dados



VOLUME DE DADOS LASER É PROPORCIONAL AO TEMPO DE VÔO

- ◆ **DADOS BRUTOS = 1,9 GBYTES / HORA DE VÔO**
- ◆ **DADOS REFINADOS = 5 GBYTES / HORA DE VÔO**
- ◆ **DADOS GPS/INERCIAL = 5 A 10 MBYTES / HORA DE VÔO**



- ◆ **RESULTADO DO PROCESSAMENTO É UMA “NUVEM DE PONTOS” (X,Y,Z)**
- ◆ **COORDENADAS REFERENCIADAS AO DATUM WGS-84.**

Sistema de Perfilamento a LASER

Qualidade na Prática



◆ ESTEIO S.A. – VERTICAL

Área de Calibração

Dados	Pulso	Média (m)	Desvio Padrão (m)	EMQ (m)	Amostra (# de Pontos)	Altura de vôo (m)
Dia 31401	First	0,030	0,057	0,064	62	1175
	Last	0,007	0,073	0,073	66	
	First/Last	0,026	0,053	0,059	239	
Dia 31701	First	-0,022	0,068	0,072	41	1175
	Last	-0,019	0,045	0,049	42	
Dia 31401	Last 1 mrad	-0,043	0,054	0,070	46	1175

* A comparação foi feita com feições niveladas na área de calibração.

Sistema de Perfilamento a LASER

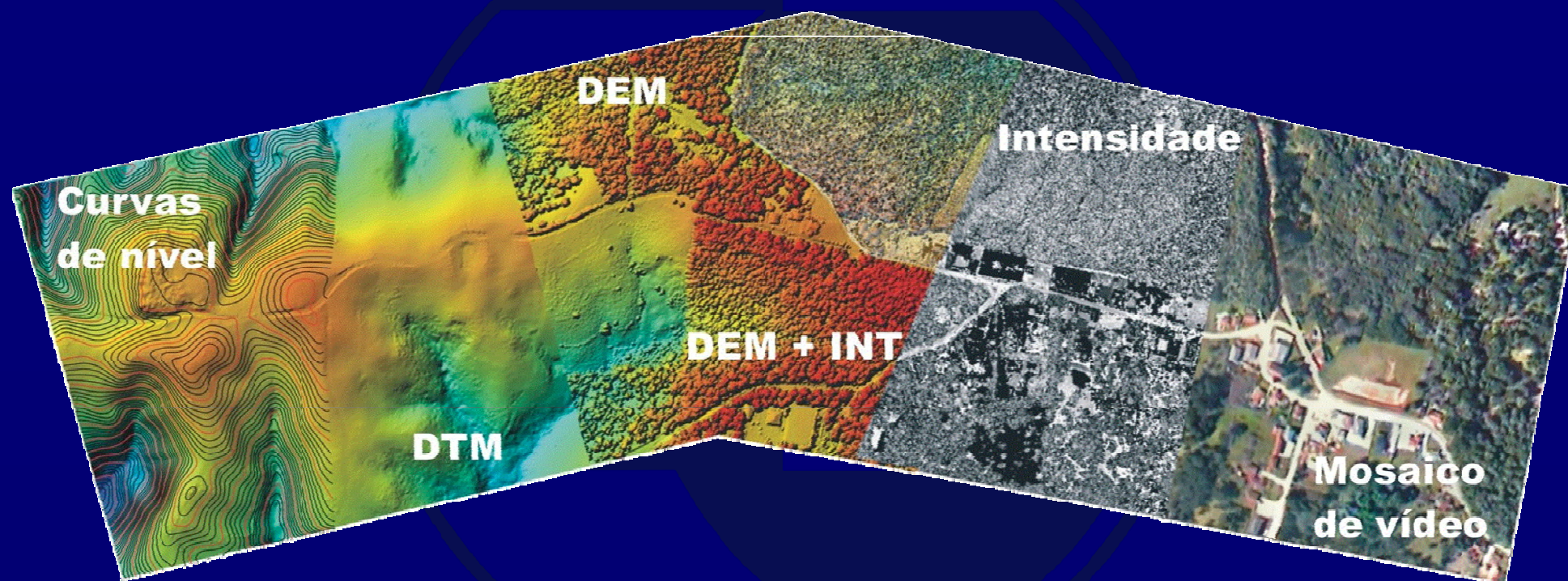
Vantagens da Metodologia

- ◆ **PRAZO DE EXECUÇÃO**
 - ◆ Mínima interferência humana
 - ◆ Condições meteorológicas e horários mais flexíveis
 - ◆ Processo Automatizado (Laboratório, Apoio, Aerotriangulação...)
- ◆ **REDUÇÃO DE CUSTO**
- ◆ **PRECISÃO E HOMOGENEIDADE**
- ◆ **PRODUTOS DISTINTOS**
 - ◆ DTM
 - ◆ DSM
 - ◆ Intensidade, Mosaico, Classificação, e Visualização 3D
- ◆ **TÉCNICA CONSOLIDADA (Quase 100 Sensores no Mundo)**
www.lidar.com.br

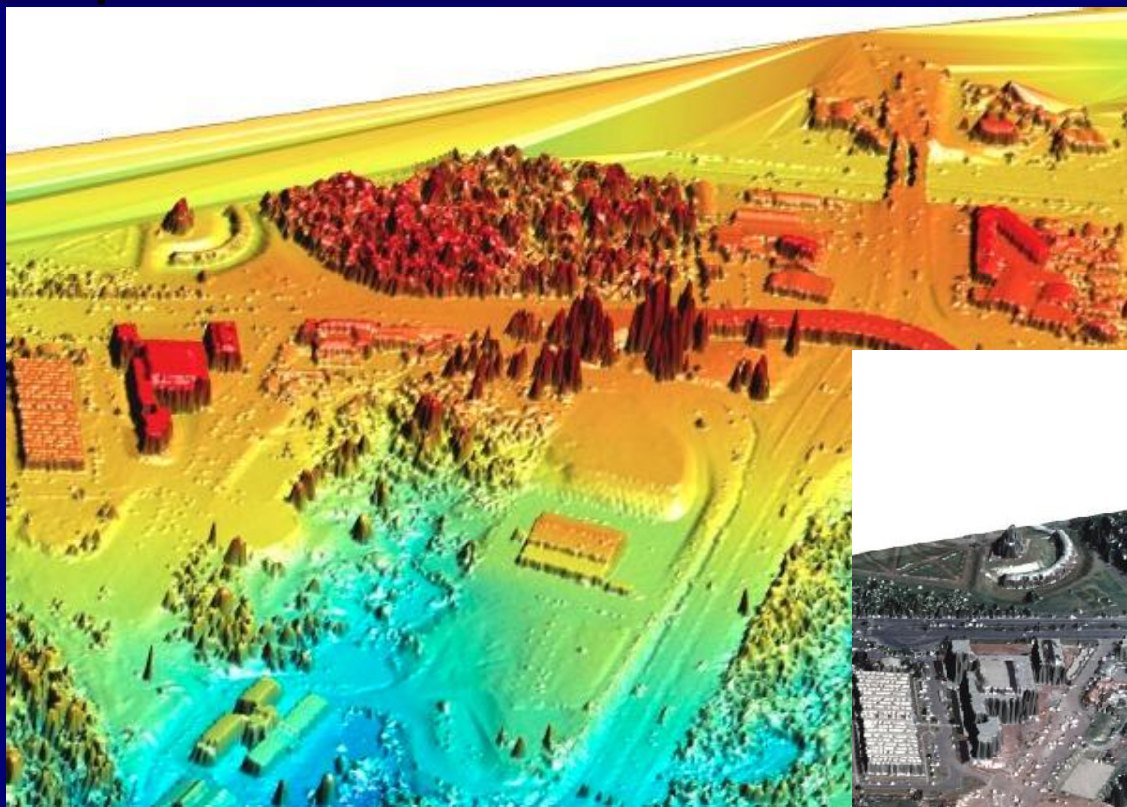


ESTEIO

Produtos do ALS

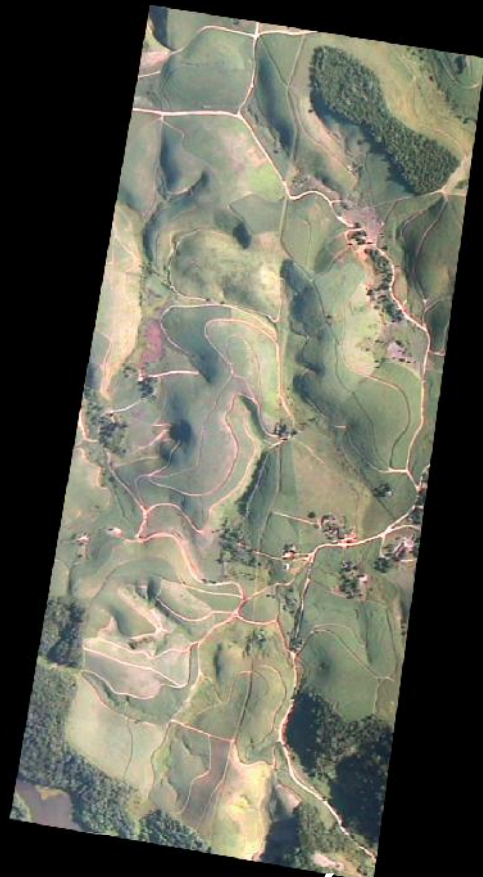


Experiência da ESTEIO em ALS

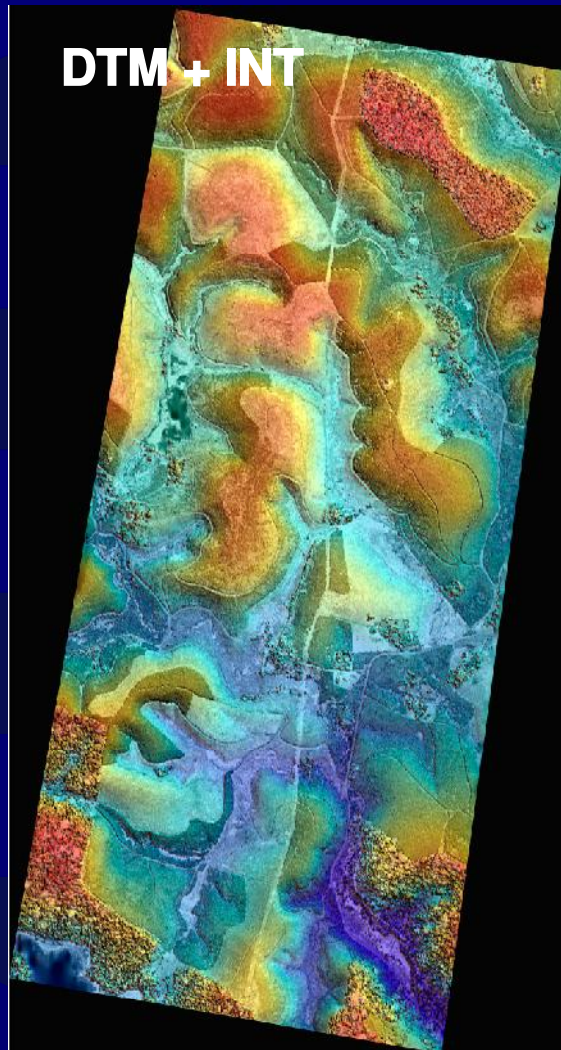


Mais de 11.500 km de faixas voadas com ALS.

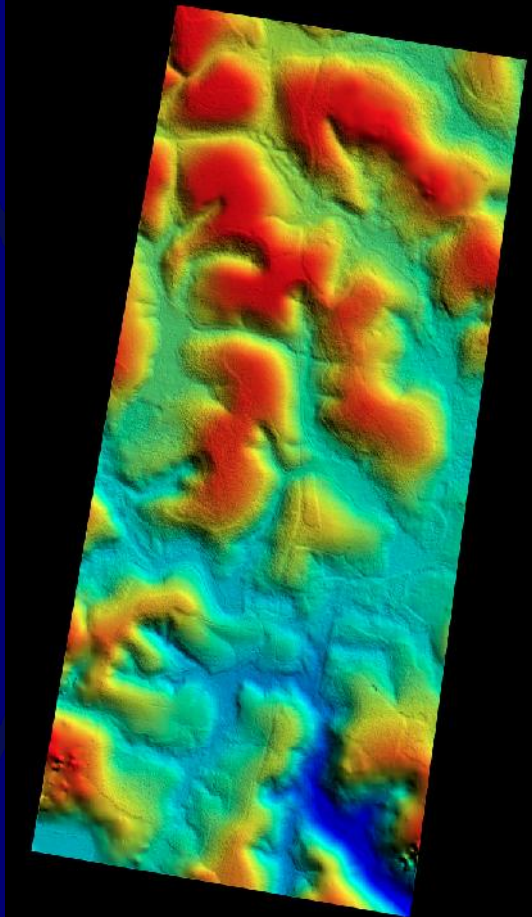
Produtos do ALS



MOSAICO - VÍDEO



DTM + INT



DTM

Experiência da ESTEIO em ALS

◆ DER SP

Região: SP-270 Assis - P. Bernardes

Extensão faixas: 165km

Altura de Vôo: 1.200m

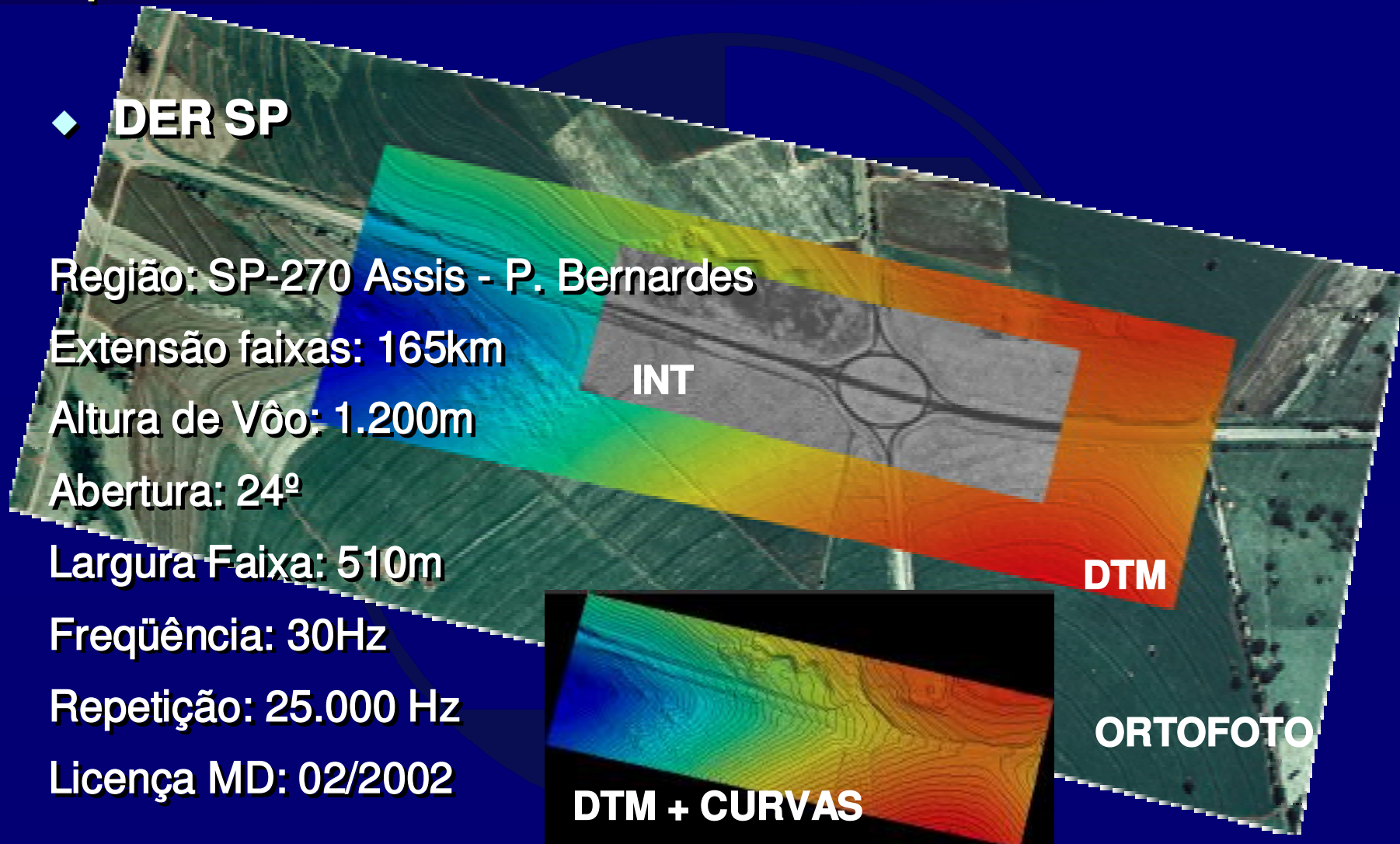
Abertura: 24°

Largura Faixa: 510m

Freqüência: 30Hz

Repetição: 25.000 Hz

Licença MD: 02/2002



Experiência da ESTEIO em ALS

◆ LEME ENGENHARIA

Região: PA - Rios Maicuru e Curuá

Extensão faixas: 1050km

Altura de Vôo: 1.500m

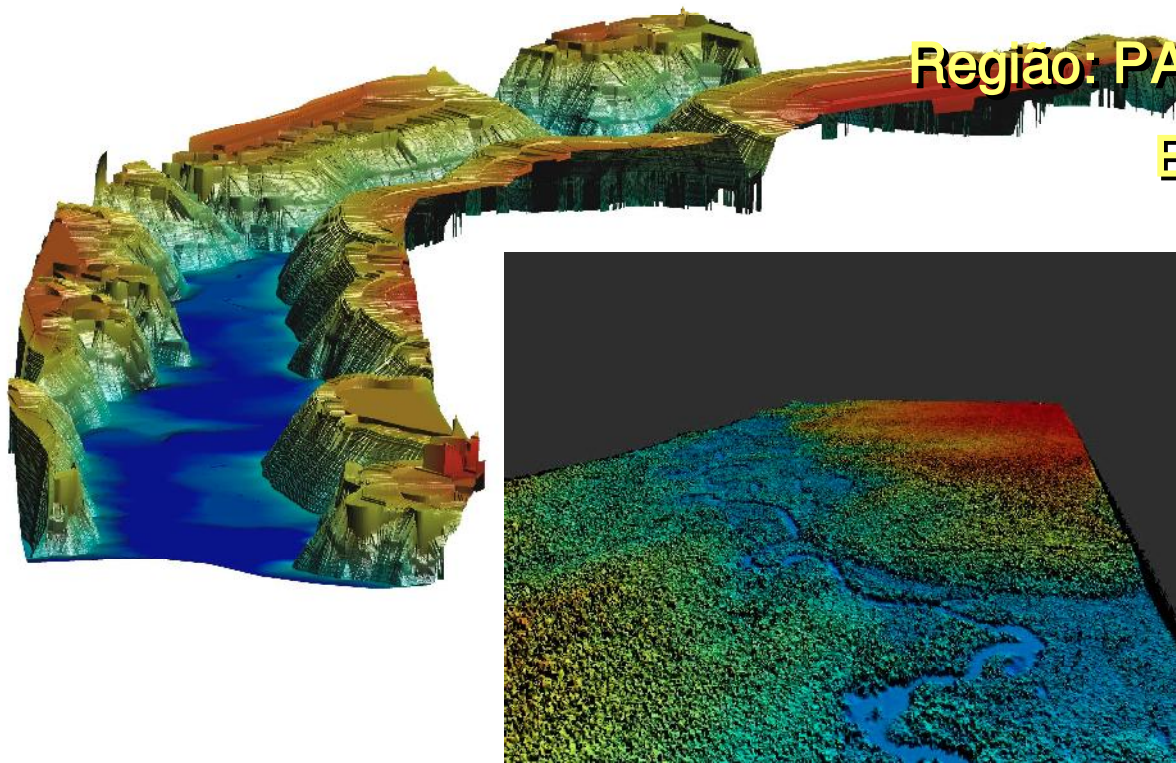
Abertura: 24º

Largura Faixa: 638m

Frequência: 28Hz

Repetição: 25.000 Hz

Licença MD: 05/2002



Experiência da ESTEIO em ALS

◆ PETROBRAS S.A.

Região: BA, SE e AL

Extensão de faixas: 615km

Altura de Vôo: 1.800m

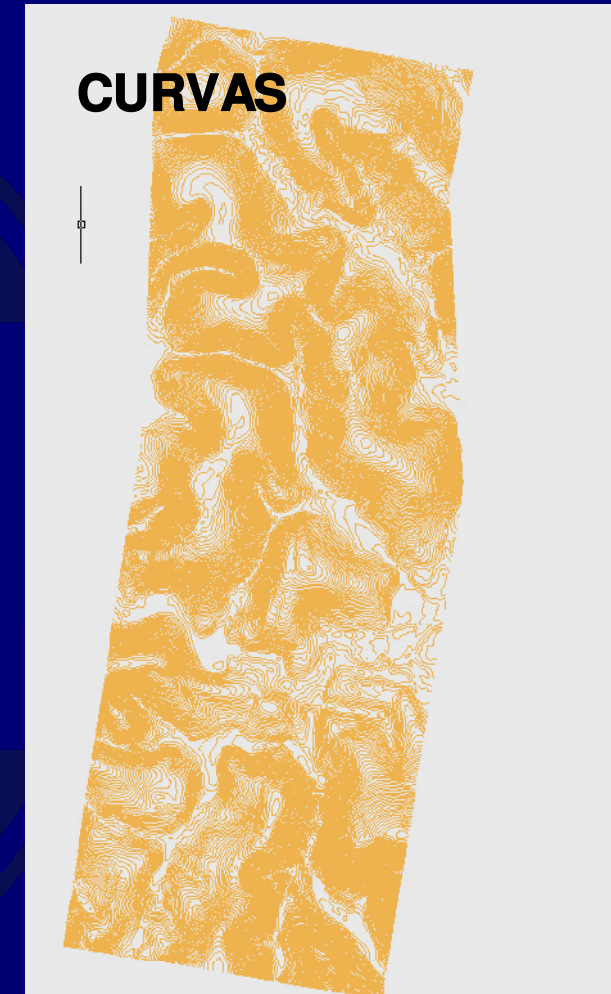
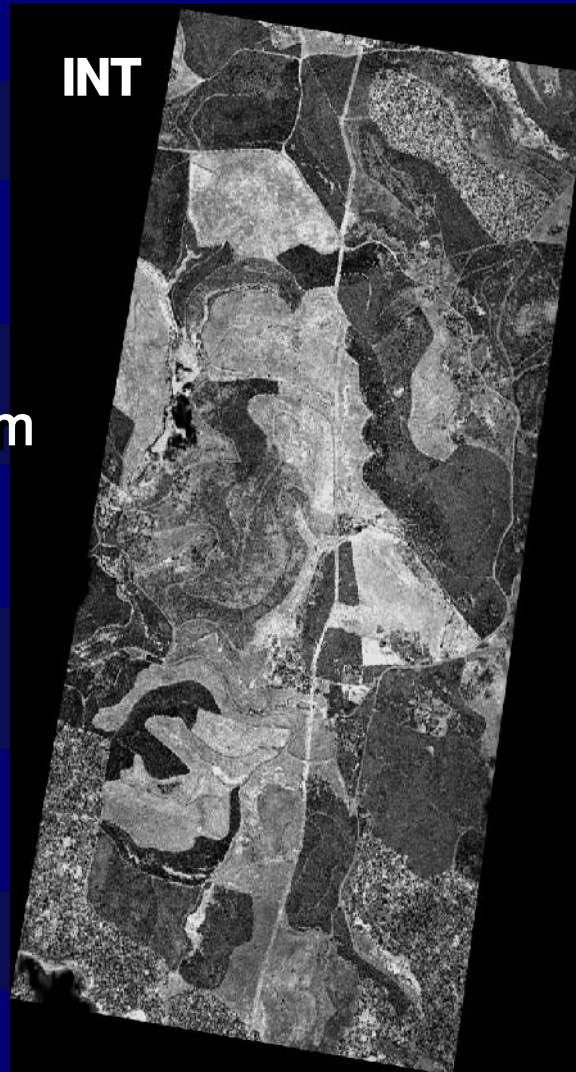
Abertura: 40°

Largura Faixa: 1.310m

Frequência: 20Hz

Repetição: 25.000 Hz

Licença MD: 08/2002



Experiência da ESTEIO em ALS

◆ FUSP LT

MOSAICO VÍDEO +DEM

Região: SP – São Paulo

Extensão de faixas: 98km

Altura de Vôo: 700m

Abertura: 18°

Largura Faixa: 222m

Freqüência: 42Hz

Repetição: 25.000 Hz

Licença MD: 10/2002

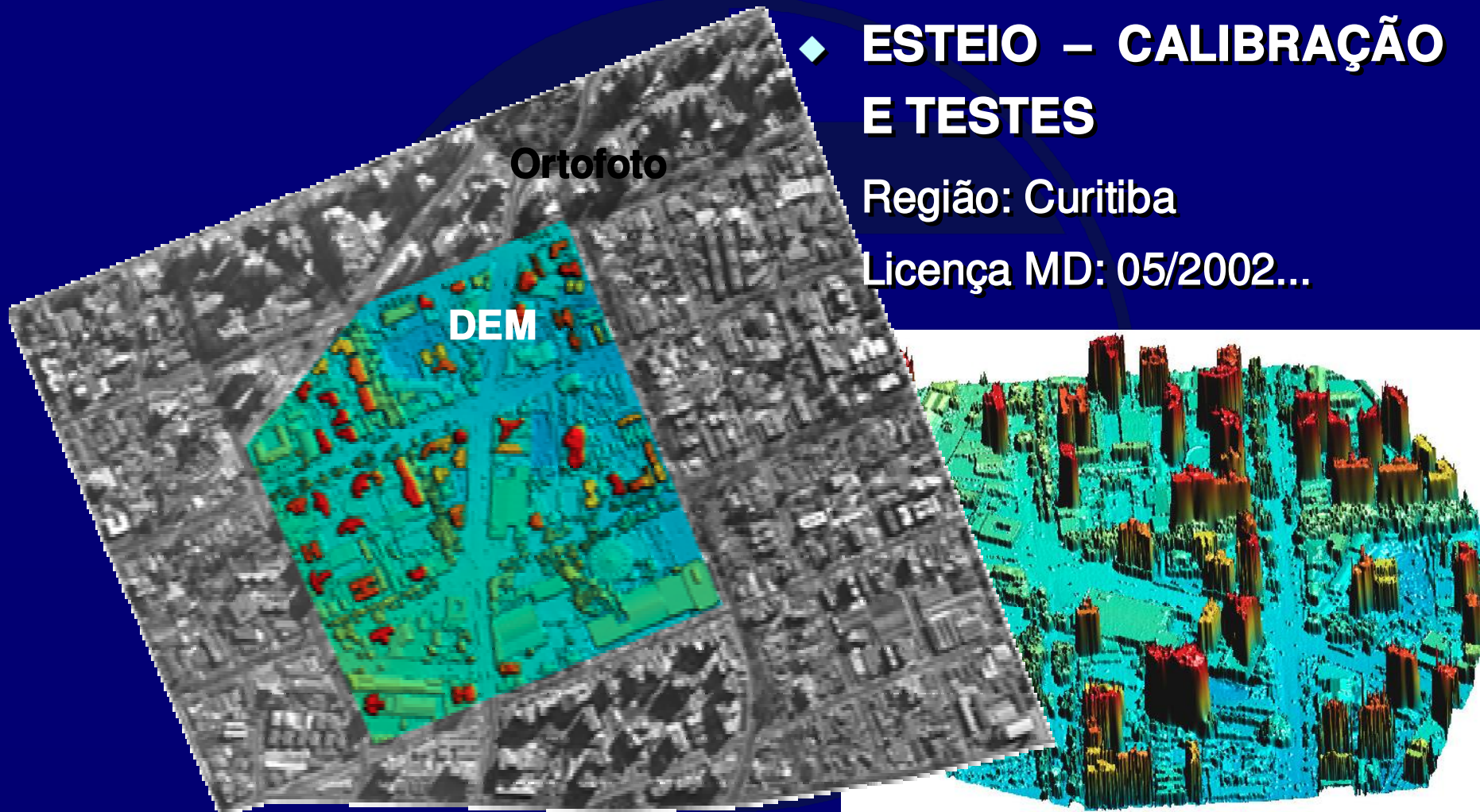


Experiência da ESTEIO em ALS

- ◆ **ESTEIO – CALIBRAÇÃO E TESTES**

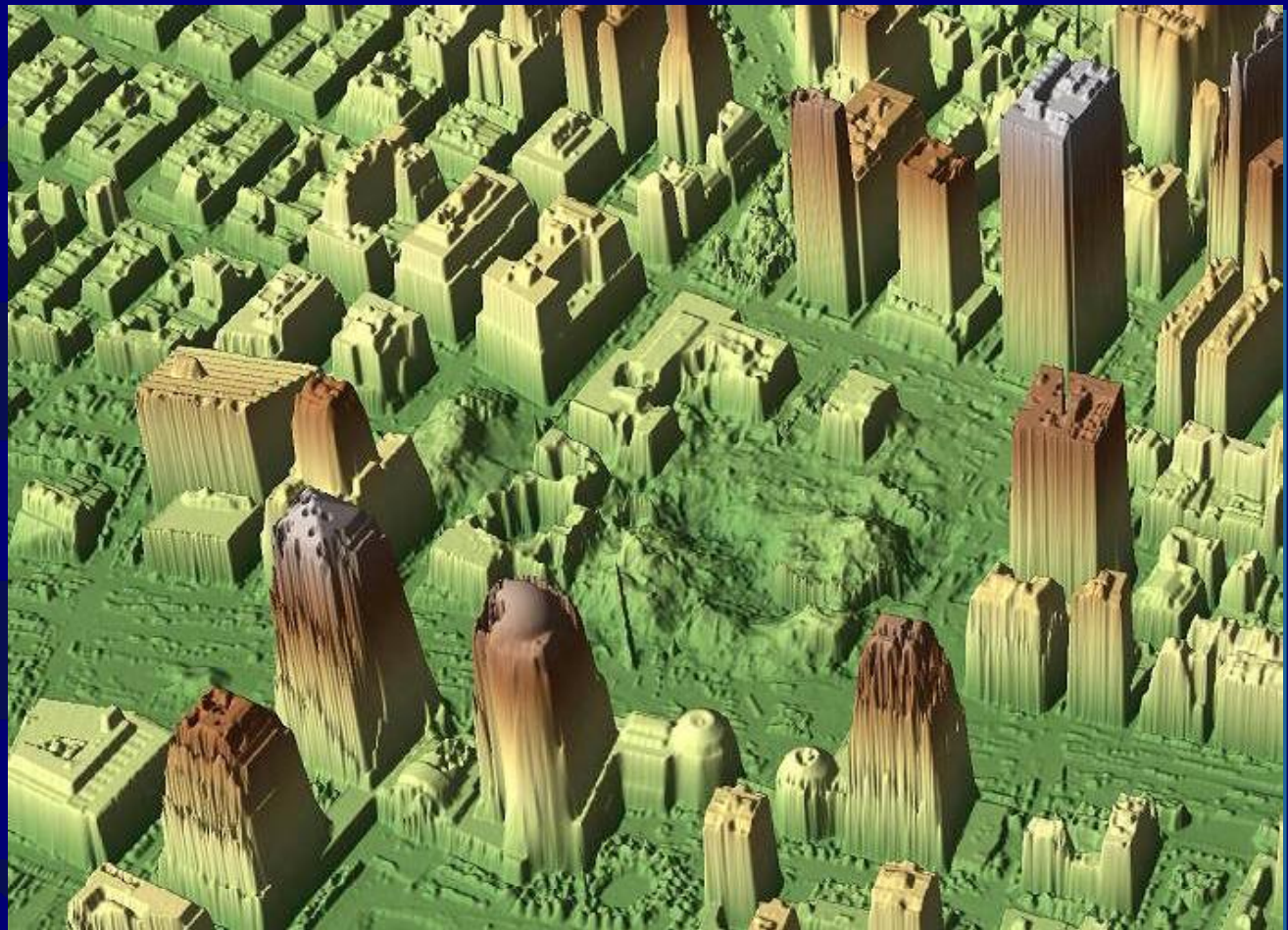
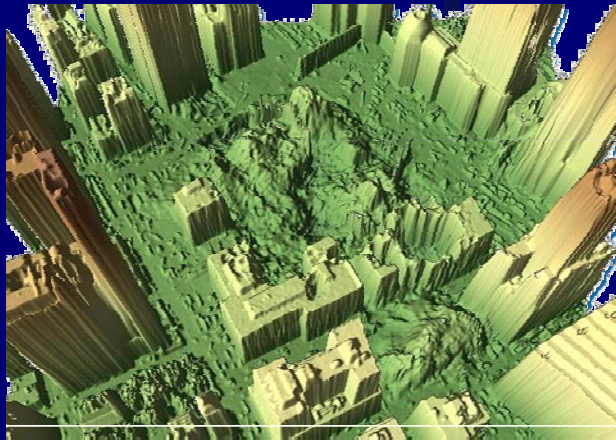
Região: Curitiba

Licença MD: 05/2002...



Produtos do ALS

WTC



CÂMARA AÉREA – Tecnologia Consolidada

Evolução tecnológica de quase 100 anos



1918 : handheld Camera



1922 : RMK C1



1956 : RMK



1989 : RMK TOP



2002 : DMC



(Heir, 2001)

Sensores Aerotransportados

Câmaras Aéreas Baseadas em Filme



LH Systems RC 30



Zeiss RMK Top



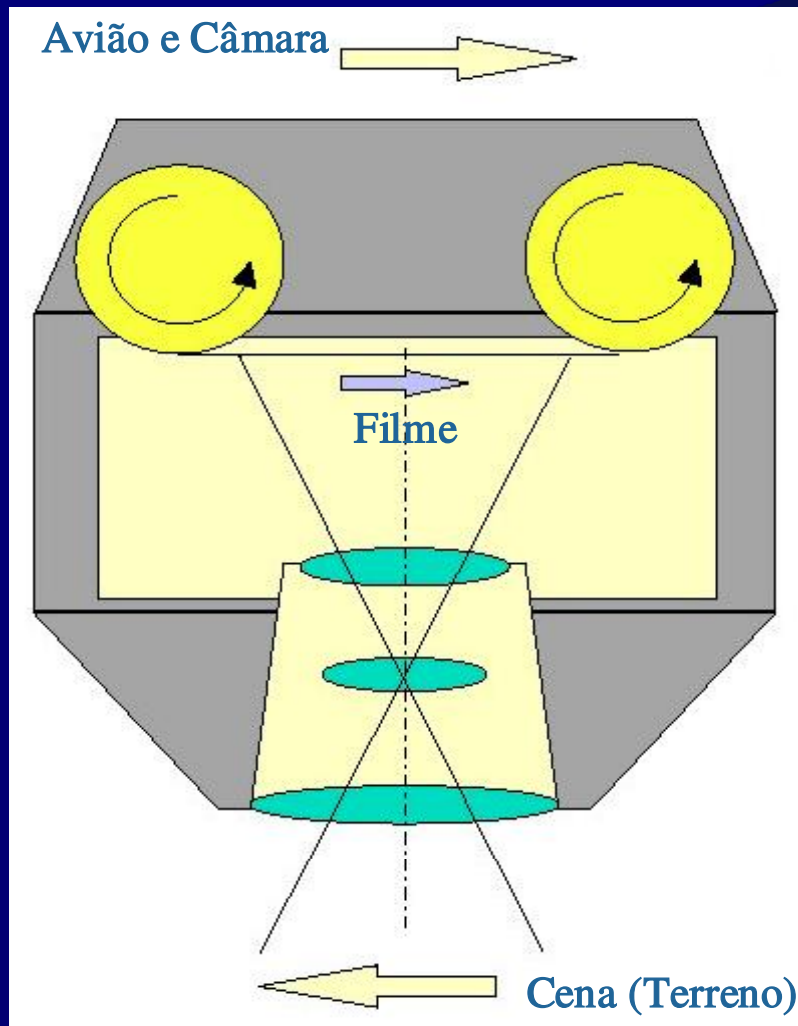
Zeiss LMK



(Fritsch, 2001)

Ponto de Partida: Câmara Aérea (Filme)

FMC - Plataforma - Lentes - Software

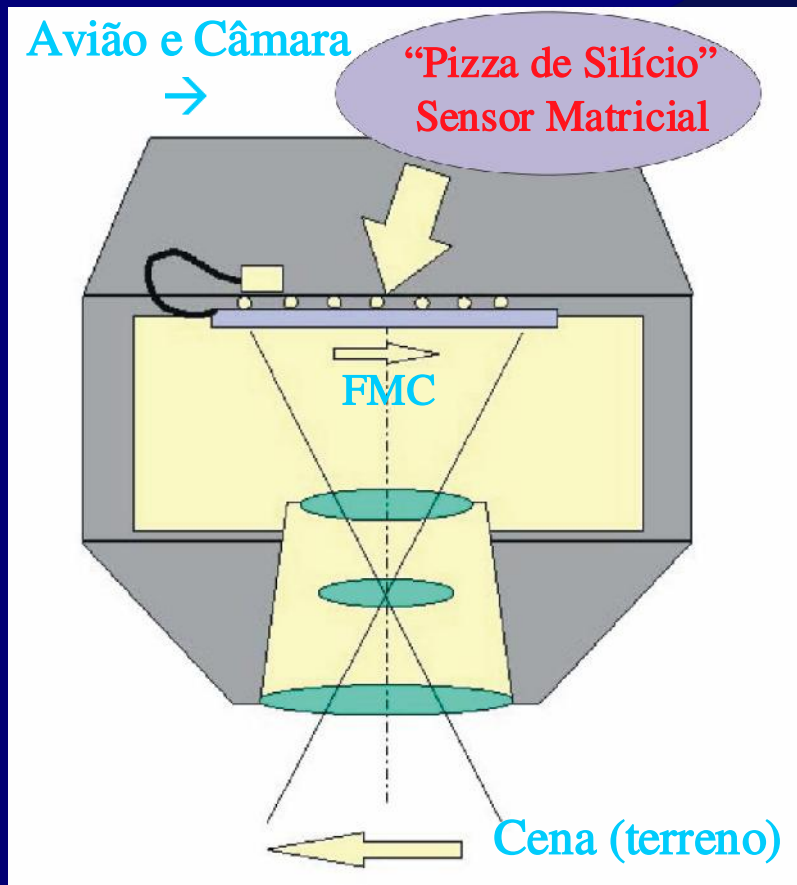


(Fritsch-2001)

- ◆ Formato: 230 x 230mm
- ◆ Recobrimento
 - ◆ Longitudinal: 60 a 90%
 - ◆ Lateral: 10 a 30%
- ◆ **Resolução: 2,5 μ m (Fritsch-2001)**
- ◆ FMC - O filme se desloca na direção do vôo durante a exposição para a compensação do arrasto na imagem
- ◆ Controle v/h (NA)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Concepção da Câmara Aérea Digital



(Fritsch, 2001)

- ◆ Formato equivalente 23x23cm
 - ◆ T. Pixel 6 a 14 μ m (CCD)
 - ◆ Digital / Analógico 1:1
 - ◆ FMC (no plano focal)
 - ◆ Controle v/h (NA)
- Mas,**
- ◆ Tecnologia não disponível
 - ◆ Provavelmente muito caro
 - ◆ Longo tempo de exposição
- Entretanto:**
- ◆ Sensores Lineares
 - ◆ Sensores Matriciais

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



(www.gis.leica-geosystems.com)



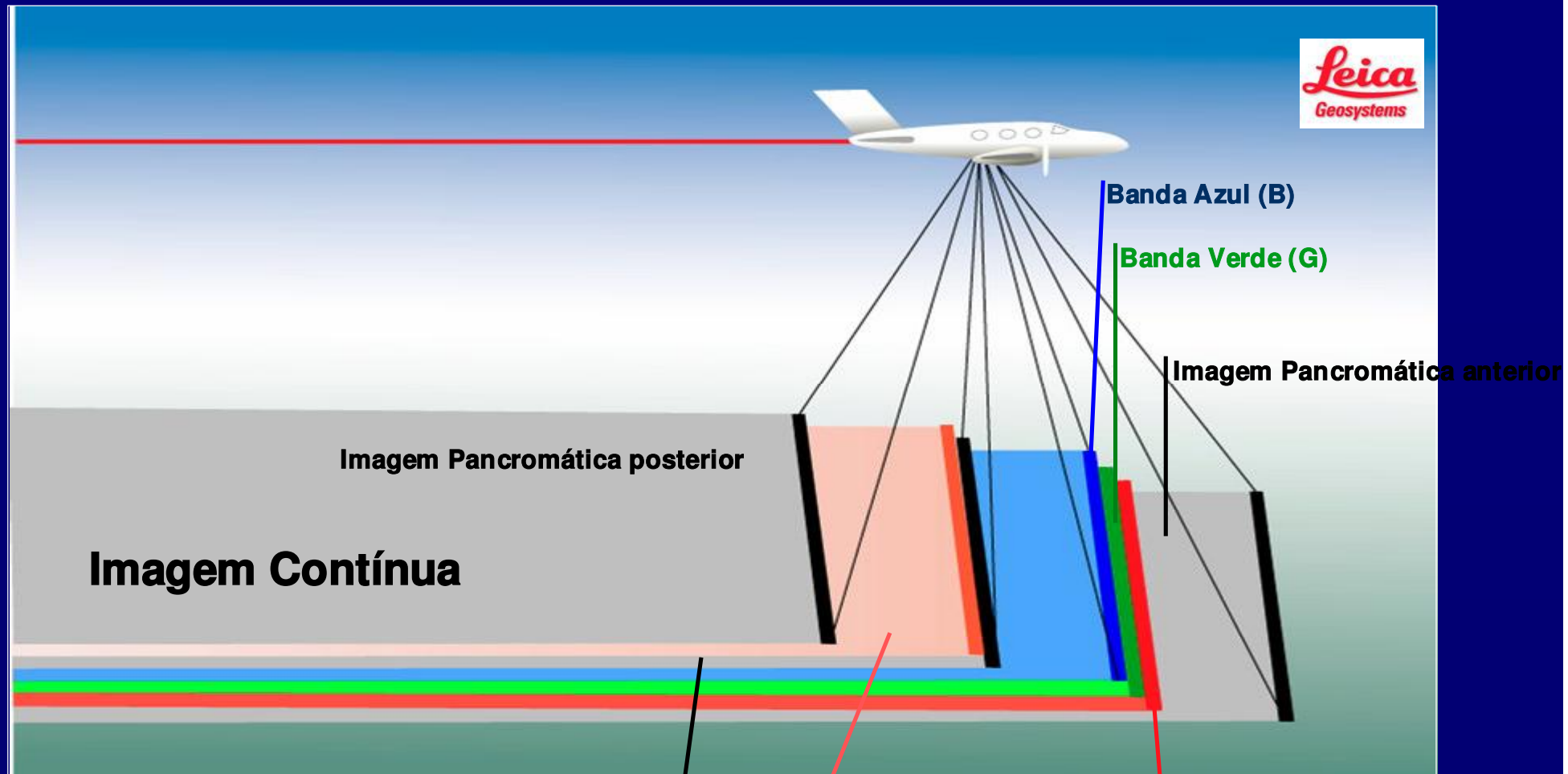
(Fricker-2001)

Lançada no XIX congresso da ISPRS em Julho de 2000 (Amsterdã)

Desenvolvida pela LH Systems em conjunto com o DLR (Centro Aeroespacial Alemão)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



(Fricker, 2002)

Imagem Pancromática Nadir

Imagem Infravermelho Nadir

Banda Vermelha (R)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



Imagem Nível 0 (Bruta)
Sem plataforma giroestabilizada

DEFORMADA

**Necessidade de GPS e
Sistema Inercial (IMU)**

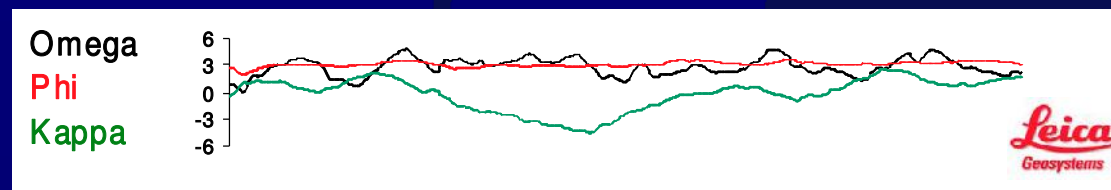


Imagem Nível 1 (Retificada)

**“EQUIVALENTE A
FOTOGRAFIA
CONVENCIONAL”**

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA

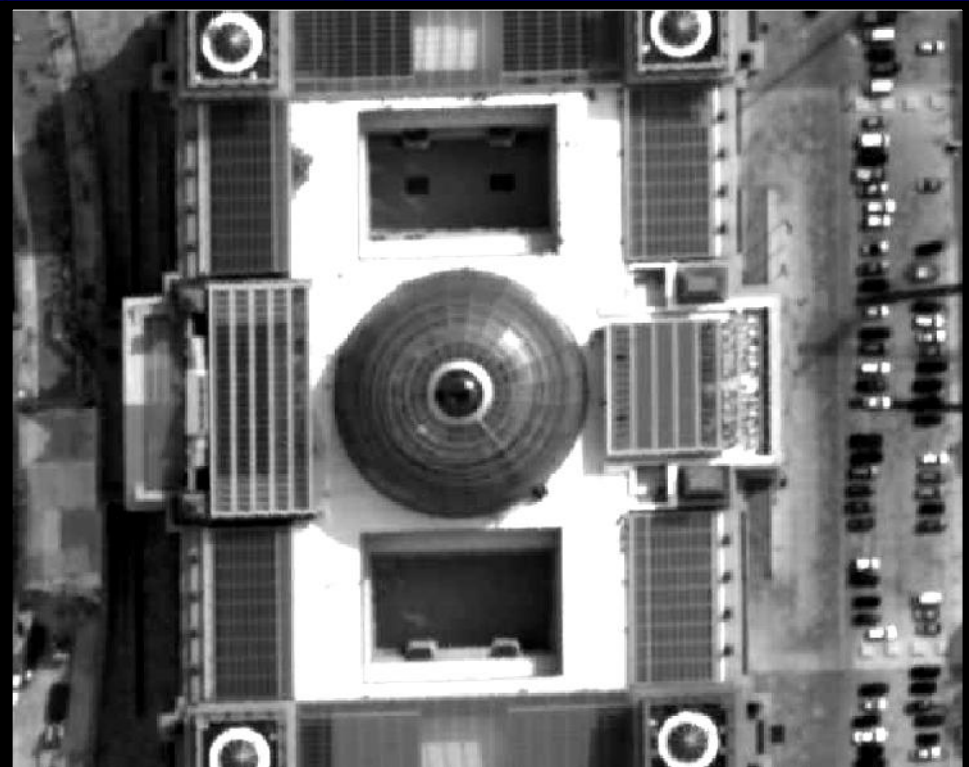


Nível 0



(Börner, 2000)

Nível 1



CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



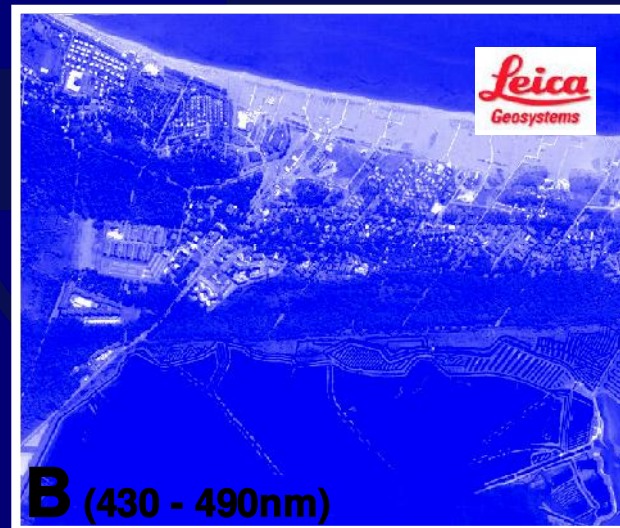
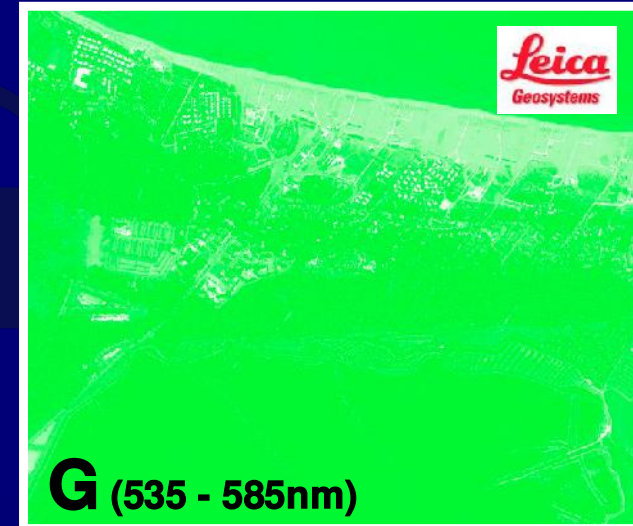
IMAGENS
R, G, B e IR

Costa do Mar
Adriático

H = 1500m
GSD = 15cm

Jun. / 2001

(Fricker, 2002)



CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



**IMAGEM
RGB**

**Costa do Mar
Adriático**

**H = 1500m
GSD = 15cm**

Jun. / 2001



(Fricker, 2002)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



**IMAGEM
RGB**

**Costa do Mar
Adriático**

**H = 1500m
GSD = 15cm**

Jun. / 2001



RGB

(Fricker, 2002)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

ADS40 - LEICA



LEICA ADS40 – aproximadamente 15 sensores no mundo

**Mapeamento do Estado Americano de NEBRASKA
North West Geomatics Inc. (Calgary – Canadá)**

Ortofoto colorida

Resolução geométrica: 1,0 m

Área total: 200.000 km²

Tempo de vôo: 90 horas (50GB/h)

Volume de dados: 4,5 TB compactados => 13 TB

(Welter, 2003)

IMAGEM ADS40 – Yokosaka, Japão – h=2500m, GSD 25cm

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais DMC - Z/I



(www.ziimaging.de)

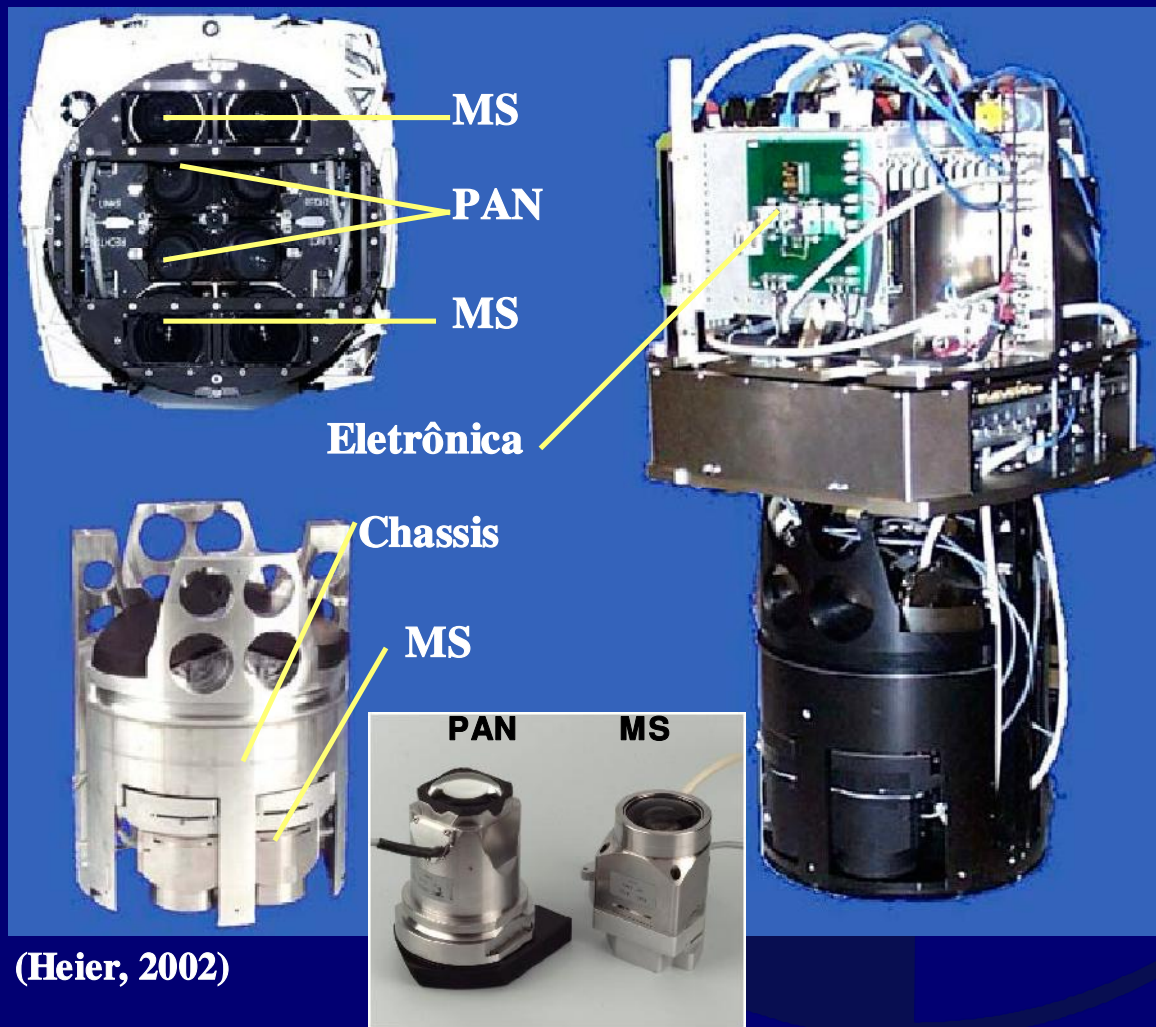
**Anunciada em Stuttgart na
Semana Fotogramétrica (1999)**

Lançada no mercado em 2002

Desenvolvida pela Z/I Imaging

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais DMC - Z/I



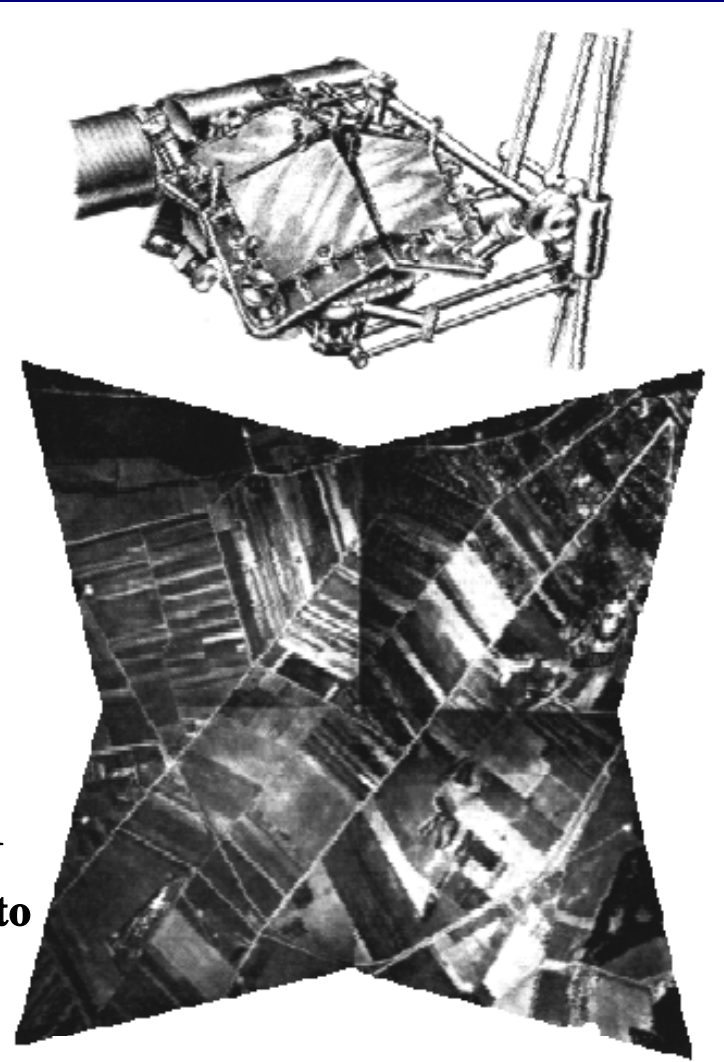
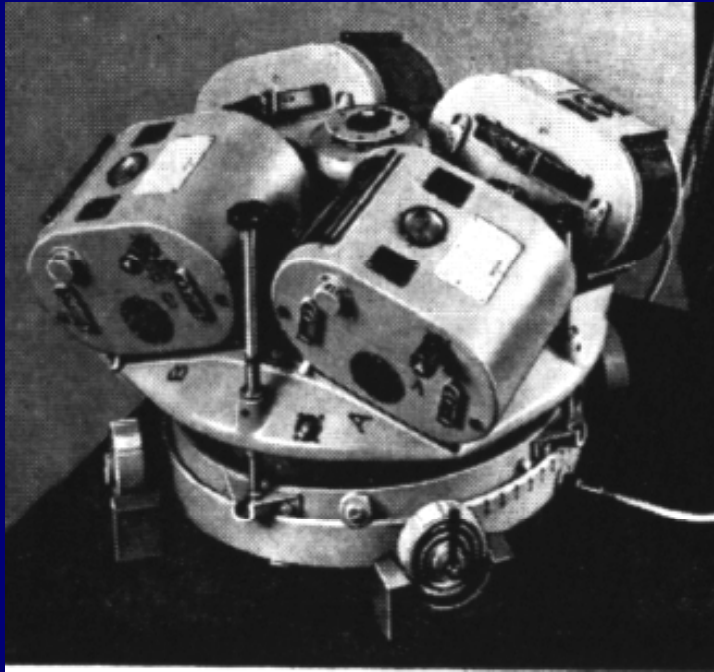
(Heier, 2002)

CONCEPÇÃO

- Projeto Modular
- MS / PAN
- Mesma Abertura (74°)
- “Substituir” em 70% a RMK-TOP
- Geometria (Pixel e perspectiva central)
- FMC

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais DMC - Z/I



**1930: Combinação de 4 câmaras RMK C/1
Para obter uma imagem de grande Formato**

(Haala, 2001)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais DMC - Z/I



Z/I multi-lens Experience

KS-153 Reconnaissance Camera -
F-14, US Navy



User Meeting
Barcelona 2003



Creating the Future of Earth Imaging

Rights reserved Z/I Imaging Corporation.

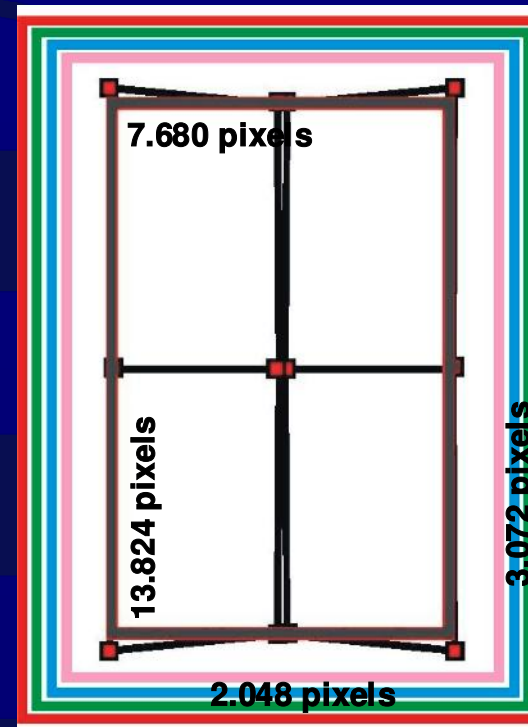
(Koepke, 2003)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais DMC - Z/I



(Dörstel, 2002)

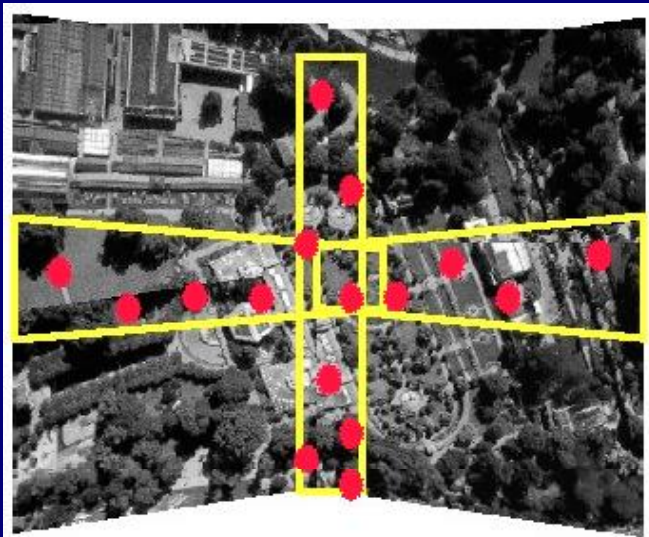


(Hinz, 2000)

- 4 CCD matricial (7k x 4k) PAN = (13,8k x 7,7k) – 4 x (120mm)
- 4 CCD matricial (3k x 2k) MS – 4 x (25mm)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

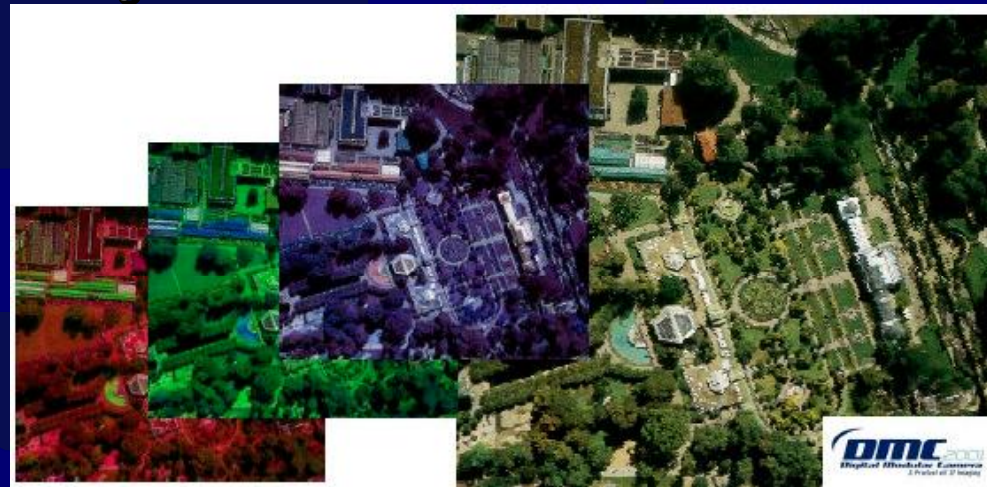
Sensores Matriciais DMC – Z/I



Processamento

Baseado nas 4 sub imagens uma imagem completa com perspectiva central é gerada.

- Correção geométrica e radiométrica
- Orientação relativa das 4 câmaras
- Controle geométrico (pontos de enlace)
- Fusão com bandas multiespectrais gerando imagem colorida.



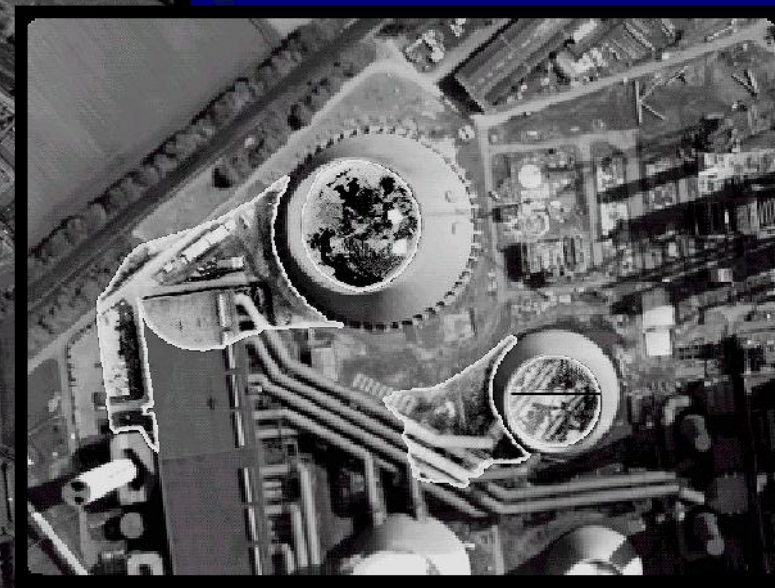
(Haala, 2001)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais DMC - Z/I



RADIOMETRIA
10 bits (1024 tons de cinza)



(Walter, 2001)

1:22.000 - 72m/s (140km/h) - GSD = 22cm – Maio/2000

Resolução Radiométrica 12 bits (4096 tons de cinza)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais DMC - Z/I



ORTOFOTO DMC

Altura: 1850m

GSD: 18cm (PAN)

Escala : 1/15.000

Data: Ago./2002

Vôo sobre
Cidade de
Nordlingen
ALEMANHA



(www.ziimaging.com)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

QUADRO COMPARATIVO ADS40 x DMC



Leica Geosystems

Z/I Imaging

ADS40 - Airborne Digital Sensor
Sensor CCD Arranjo **Linear**
PAN - (3x) 2x12k = **24.000pixels**
MS - 4x12k = **12k R,G,B,NIR**
Tamanho Pixel 6,5 x 6,5µm
1 lente Leica Telecentrica
Dist. Focal 62,7mm
FoV **64º**
df. equivalente: **180mm**
12 bits / 8 bits
Sistema Inercial / GPS
Suspensão Giroestabilizada **PAV30**
mínimo GSD 15cm
Variável de 1/200 até 1/800s (9 pos.)
Fixo f/4
N/A
188 kg
Memória 540GB

DMC - Digital Mapping (Modular) Camera
Sensor CCD Arranjo **Matricial**
PAN - (4x) 7x4k = **13.826 x 7.680pixels**
MS - (4x) 3Kx2k = **3k x 2k R,G,B,NIR**
12 x 12µm
4 lentes Zeiss (PAN) + **4 lentes** Zeiss (MS)
Dist. Focal 120mm (PAN) e 25,4mm (MS)
FoV **74º x 44º**
df. equivalente: 4x315mm PAN e 4x150mm MS
12 bits
Sistema Inercial / GPS (opcional)
Suspensão Giroestabilizada **T-AS**
mínimo GSD 5cm
Variável de 1/50 até 1/300s (cont.)
Variável de f/4 até f/22
Máximo 2s / imagem
110 kg
Memória 840GB (> 2000 imagens)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Outras Câmaras Aéreas Digitais



ULTRACAM (Vexcel)

Lançamento: Alasca 05/03

Focal PAN: 100mm

13 CCDs matriciais: 9 PAN e 4 MS (4 x 2,7k)

PAN: 11500 x 7500 pix., MS: 4008 x 2672 pix.

Tamanho Pixel: 9 μ m

Ang. Abertura: 55 $^{\circ}$ x 37 $^{\circ}$

Interv. Exposição: 0,75s

Memória: >1,5 TB (28 HD 60GB)

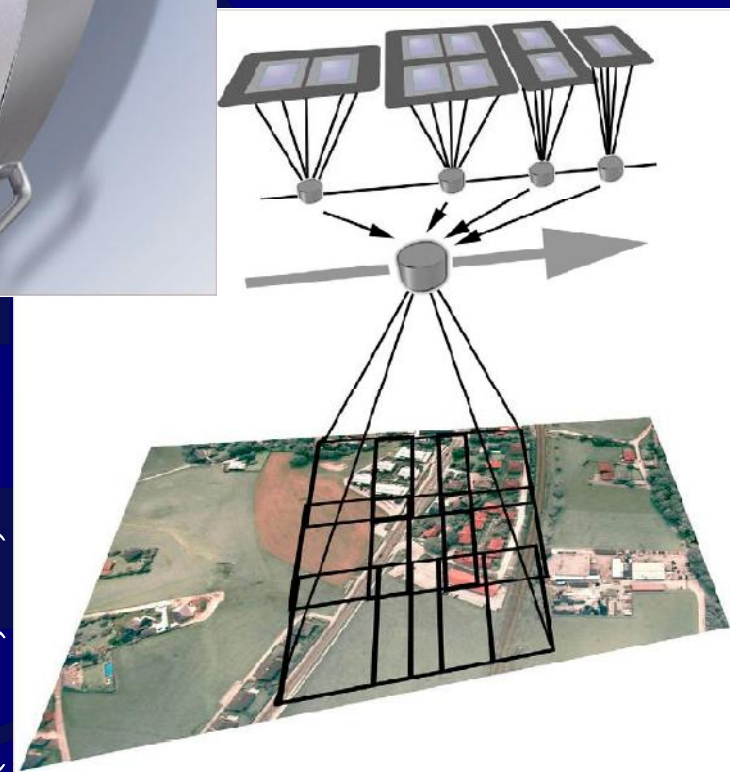
Peso total: 65kg

GSD: 9cm

Custo esperado 1/3 DMC e ADS40



(Gruber, 2003)



CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Outras Câmaras Aéreas Digitais



(Neukum, 2001)



(Lutes, 2002)



(Optech, 2002)

HRSC-AX (DLR)

Focal: Zeiss 150mm
 CCD Linear: 9 x 12k
 Exp. máx: 1640 I/s
 Tamanho Pixel: 6,5µm
 GSD: 15cm

DAIS-1 (Space Imaging)

Focal: 4 x 28mm
 CCD matricial: 4x 1 x 1k
 Interv. Exposição: 3,5s
 Tamanho Pixel: 12 µm
 GSD: 30cm

ALTM4K02 (Optech)

Focal: Zeiss 55mm
 Sensor matricial: 4k x 4k
 Interv. Exposição: 4s
 Tamanho Pixel: 9 µm
 GSD: 25cm

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS



VANTAGENS

- **Resolução Radiométrica Maior (12 bits ou mais)**
- **Captura de Várias Bandas Espectrais Simultaneamente**
- **Precisão equivalente às Câmaras Baseadas em Filme (GPS/IMU – Linear e Perspectiva Central – Matricial)**
- **Processo inteiro passa a ser digital**
- **Cada elemento é imageado 3 vezes (Sensor Linear)**
- **Menor Mosaicagem (Sensor Linear)**
- **Redução de custo em Filme, Laboratório, Escaner ...**
- **Novas Aplicações (Tempo crítico, Multimídia, Bandas)**

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS



DESVANTAGENS

- **Resolução Geométrica Menor que nas Câmaras baseadas em Filme (5 e 15cm contra 1cm)**
- **Grande Volume de dados**
- **Alto Custo Atual das Câmaras Aéreas Digitais**
- **Rápida Desatualização**
- **Necessidade de Sistema Inercial / GPS (Sensor Linear)**
- **Mudança Cultural da Perspectiva Central (Sensor Linear)**
- **Vários Sistemas de Lentes (Sensor Matricial)**

Sensores Aerotransportados

Passado, presente e futuro



Muito Obrigado pela atenção...

Dúvidas, críticas e sugestões:

Valther Xavier Aguiar
Diretor Técnico
valther@esteio.com.br

info@esteio.com.br

www.esteio.com.br

www.lidar.com.br

Sensores Aerotransportados

Referências



- Aguiar, V. X.**, (2003): Câmaras Aéreas Digitais, Uma Nova Opção em Fotogrametria, Geobrasil 2003, Painel de Fotogrametria, São Paulo
- Brandalize, A. A.**, (1999): Perfilamento a LASER: Comparação com Métodos Fotogramétricos, Congresso Brasileiro de Cartografia, Comissão Técnica: Fotogrametria, Porto Alegre
- Börner, A.**, et al. (2000): Test Results Obtained with the LH Systems Airborne Digital Sensor , International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B4, Commission IV, pp. 871-878
- Fricker, P.**, Zuberbühler F., Pacey R. (2002): Principles and design of the ADS40 Airborne Digital Sensor, CD-ROM of 2002 User Group Meeting, Leica Geosystems , GIS & Mapping Division, San Diego, USA
- Fricker, P.**, (2001): ADS40 - Progress in digital aerial data collection, Photogrammetric Week 01, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 105-116
- Fritsch D.** (2001): Digital Imaging, Institut für Photogrammetrie (ifp), Universität Stuttgart, Tutorial Photogrammetric Week 01, Digital aerial camera systems – state-of-the-art, expectations and visions, Part 1
- Gruber, M.**, Leberl F. (2003): Flying the New Large Format Digital Aerial Camera Ultracam, Photogrammetric Week 03, Eds. D. Fritsch, Wichmann, Heidelberg, pp. 67-76
- Haala N.** (2001): Concepts of image collection and evaluation, Institut für Photogrammetrie (ifp), Universität Stuttgart, Tutorial Photogrammetric Week 01, Digital aerial camera systems – state-of-the-art, expectations and visions, Part 2

Sensores Aerotransportados

Referências



- Heier, H., Hinz, A. (2002):** Results from the Digital Modular Camera DMC. Proc. ASPRS, Washington D.C., USA
- Heier, H. (2001):** Deploying DMC in today's workflow, Photogrammetric Week 01, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 35-45
- Heier, H., Kiefner, M., Zeitler, W. (2002):** Calibration of the Digital Modular Camera DMC, FIG XXII International Congress, Washington D.C., USA
- Hinz, A. (1999):** The Z/I Imaging Digital Aerial Camera System, Photogrammetric Week 1999, Eds D. Fritsch / R. Spiller, Wichmann, Heidelberg. pp 43-49
- Hinz, A. (1999):** The Z/I Imaging Digital Aerial Camera System, Photogrammetric Week 1999, Eds D. Fritsch / R. Spiller, Wichmann, Heidelberg. pp. 109-115
- Hinz, A., Dörstel, C., Heier, H. (2000):** DIGITAL MODULAR CAMERA: System Concept and Data Processing Workflow. Proc. IAPRS Vol. XXXIII, Amsterdam
- Hinz, A., Dörstel, C., Heier, H. (2001):** DMC - The digital sensor technology of Z/I Imaging. In: Photogrammetric Week 2001, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 93-103
- Jacobsen, K. (2003):** Geometric Potential of IKONOS and QuickBird Images, Photogrammetric Week 03, Eds. D. Fritsch, Wichmann, Heidelberg, pp. 101-110
- Koepke, O. (2003):** DMC – Digital Mapping Camera System, CD-ROM of 2003 Applanix User Meeting, Barcelona

Sensores Aerotransportados

Referências



Leica Geosystems (2000): Introducción al Sensor Digital ADS40, LH Systems. www.lh-systems.com/espanol/pdfs/ADS40_Esp.pdf

Lutes J., (2002): DAIS: A digital airborne imaging system, Pecora 15, Land Satellite Information IV, ISPRS Commission I, FIEOS, Conference Proceedings

Neukum, G. et al. (2001): The airborne HRSC-AX cameras: evaluation and the technical concept and presentation of application results after one year of operations. In: Photogrammetric Week 01, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 117-130

Optech Inc. (2002): Optech ALTM 4K02, Product brochure, Optech Incorporated, Toronto, Ontario, Canada.

Tang, L., Dörstel, C., Jacobsen, K., Heipke, C. and Hinz, A. (2000): Geometric accuracy potential of the digital modular camera. IAPRS Vol. 33 Part. B4. pp 1051-1057

Walter V. (2001) Application potential of digital systems, Institut für Photogrammetrie (ifp), Universität Stuttgart, Tutorial Photogrammetric Week 01, Digital aerial camera systems – state-of-the-art, expectations and visions, Part 2

Welter, J., Morin, K. (2003): Statewide Mapping in the Digital Age, Photogrammetric Week 03, Eds. D. Fritsch, Wichmann, Heidelberg, pp. 53-58

www.dlr.de/HRSC-A

www.gis.leica-geosystems.com/Products/product_details.asp?productid=13

www.optech.on.ca

www.ziimaging.de

www.ziimaging.com