



Câmaras Aéreas Digitais Do Sonho a Realidade



Valther Xavier Aguiar
Eng. Cartógrafo
ESTEIO S.A.

Câmaras Aéreas Digitais

Do Sonho a Realidade

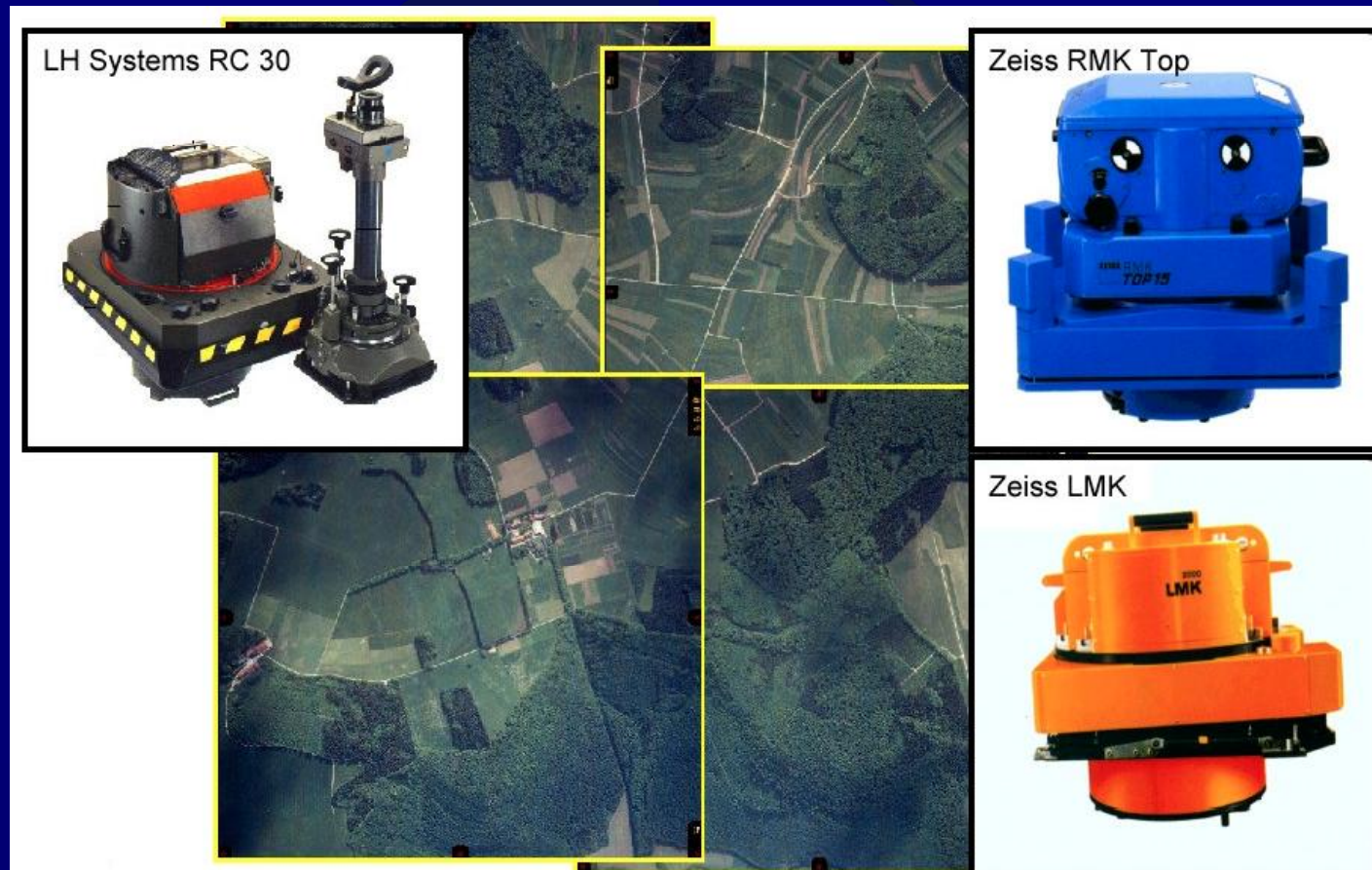


- Generalidades sobre as câmaras ou sensores aéreos digitais
- Sensores disponíveis no mercado
- **Porque a opção da ESTEIO é a ADS 40?**
- **Porque não a ADS40? Verdades e Mentiras!**

Câmaras Aéreas Baseadas em Filme Estado da Arte em Câmaras



Principais Fabricantes Leica e Intergraph (Zeiss)



(Fritsch, 2001)

Câmaras Aéreas Baseadas em Filme

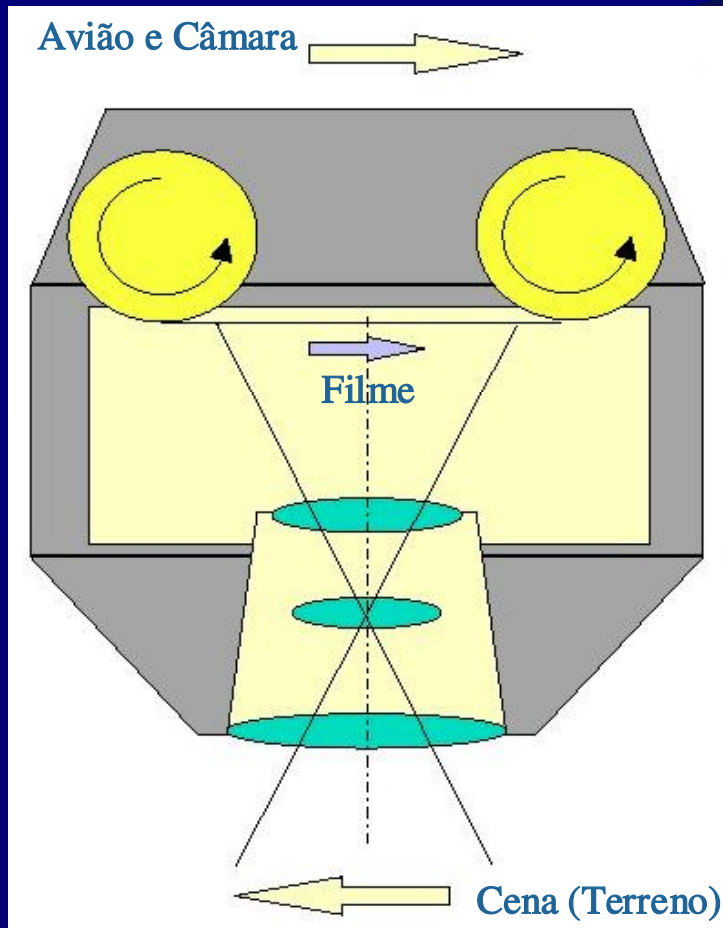


- ◆ As Câmaras Aéreas baseadas em filme possuem recursos tecnológicos que permitem obter imagens com a melhor resolução **geométrica** possível:
- ◆ FMC (Forward Motion Compensation);
- ◆ Controle v/h (Navegação Automática);
- ◆ Suspensão Giro Estabilizada: **T-AS** (Z/I), **PAV-30** (LH);
- ◆ Sistemas de Lentes: Topar, Pleogon, Lamegon e UAG-S;
- ◆ Softwares de Gerenciamento de Vôo;
- ◆ Altíssima Resolução e Estabilidade dos Filmes Aéreos.



Ponto de Partida: Câmara Aérea (Filme)

FMC - Plataforma - Lentes - Software



(Fritsch-2001)

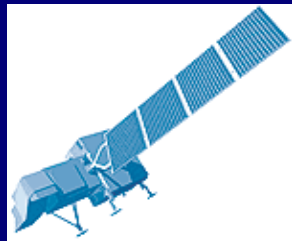
- ◆ Formato: 230 x 230mm
- ◆ Recobrimento
 - ◆ Longitudinal: 60 a 90%
 - ◆ Lateral: 10 a 30%
- ◆ **Resolução: 2,5 μ m (Fritsch-2001)**
- ◆ O filme se desloca na direção do vôo durante a exposição para a compensação do arrasto na imagem (FMC)
- ◆ Controle v/h (NA)

TECNOLOGIA DISPONÍVEL

Antecedentes das Câmaras Digitais



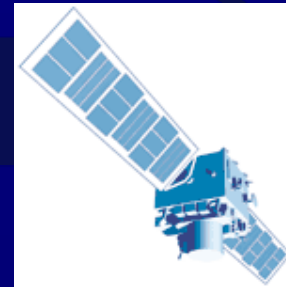
Sensores Digitais vem sendo utilizados em satélites por mais de 30 anos



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



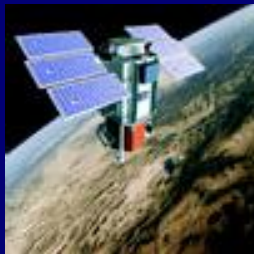
SPOT 1-5(1986)
2,5 e 5m PAN / 10m MS



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



IKONOS (1999)
1m PAN / 4m MS



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



RapidEye (2004)
6,5m MS



Vantagens na Mudança da Tecnologia Filme para Digital



◆ **REDUÇÕES DE CUSTO**

- ◆ Processo digital mais automatizado
- ◆ Sem filme
- ◆ Sem laboratório
- ◆ Sem scannerização

◆ **MELHOR QUALIDADE**

- ◆ Melhor resolução radiométrica
- ◆ Melhor precisão radiométrica
- ◆ Simultaneidade de aquisição Multiespectral e Pancromática

◆ **REDUÇÕES DE TEMPO**

- ◆ Menos Interrupções (processamento todo digital)
- ◆ Sem laboratório
- ◆ Sem scannerização

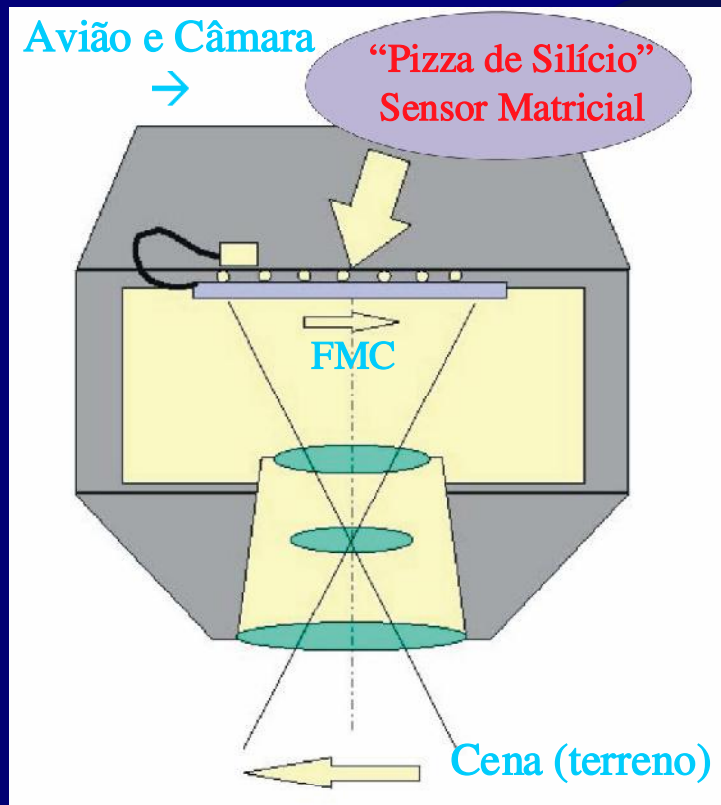
◆ **NOVAS APLICAÇÕES**

- ◆ Novas aplicações para as imagens multiespectrais
- ◆ Fotogrametria Multimídia
- ◆ Aplicações de Tempo Crítico
- ◆ Suporte MS / PAN na interpretação

(Heier, 2001)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Concepção da Câmara Aérea Digital



(Fritsch, 2001)

- ◆ Formato equivalente 23x23cm
- ◆ T. Pixel 9 a 14 μ m (CCD)
- ◆ FMC (no plano focal)
- ◆ Controle v/h (NA)

Mas,

- ◆ Tecnologia não disponível
- ◆ Provavelmente muito caro
- ◆ Longo tempo de exposição

Então:

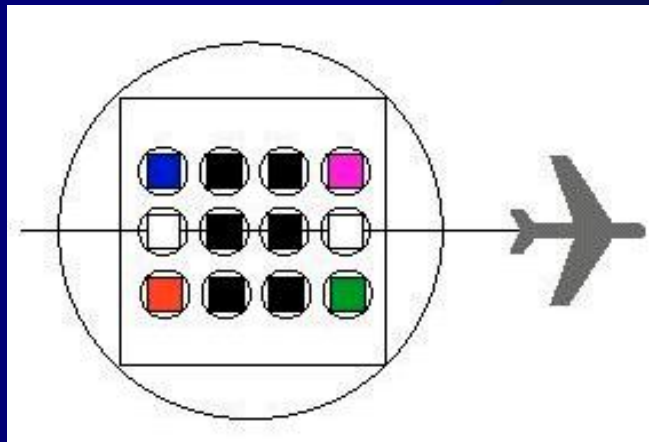
- ◆ Sensores Lineares
- ◆ Sensores Matriciais

TECNOLOGIA DISPONÍVEL

Câmaras Aéreas Digitais



Sensores Matriciais

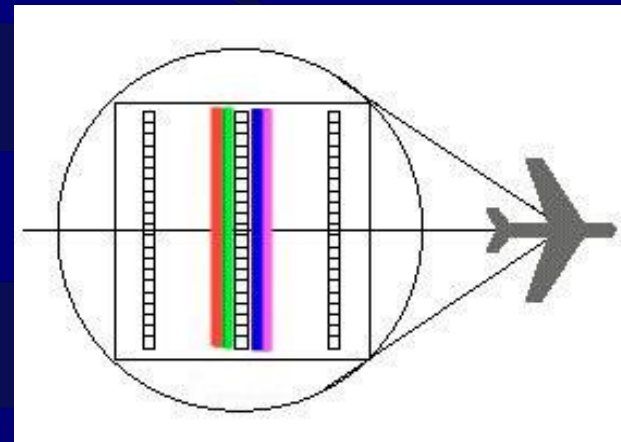


8 a 12 Sistemas de Lentes (8 a 12 focais)

**8 a 12 Sensores Matriciais PAN, R, G, B, IR
(ampliar capacidade resolutiva e FoV)**

(Fritsch, 2001)

Sensores Lineares



1 a 3 Sistema de Lentes (1 ou 3 focais)

3 a 6 Sensores Lineares PAN (Estéreo)

**3 a 7 Sensores Multiespectrais R, G, B, e
IR**

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais – Mercado Atual



ULTRACAM D (Vexcel)

Anunciada no ISPRS do Alasca 05/03

Fov: 55° x 37°

Focal PAN: 4 x 100mm

Focal MS: 4 x 33mm

13 CCDs matriciais: 9 PAN e 4 MS

PAN: 11,5 x 7,5k., MS: 4 x 2,7k.

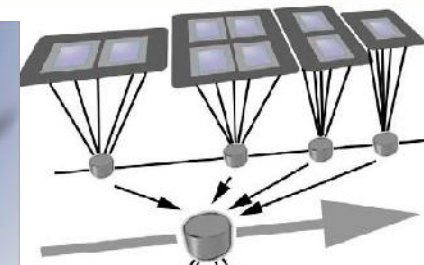
Interv. Exposição: 1s

Memória: >1,5 TB (28 HD 60GB)

GSD: 5cm (500m)

Custo esperado era de 1/3 DMC e ADS40

Custo efetivo: equivalente

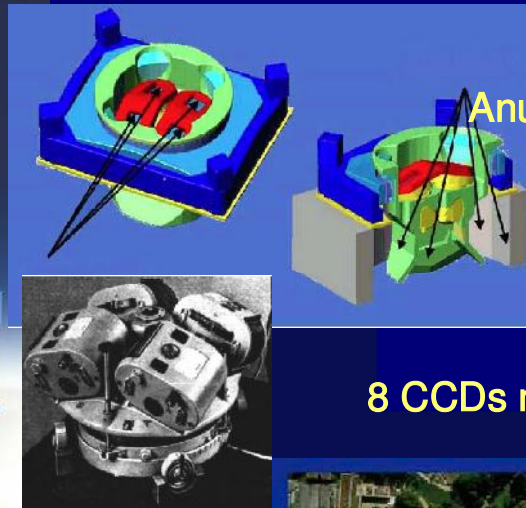


(Gruber, 2003)



CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Matriciais – Mercado Atual



DMC Z/I (Intergraph)

Anunciada na Semana Fotogramétrica 1999

Lançada em 2002

Fov: 69° x 42°

Focal PAN: 4 x 120mm Inclinadas

Focal Virtual

Focal MS: 4 x 25mm

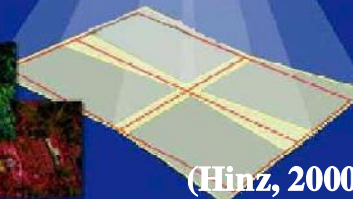
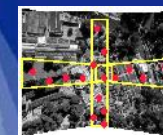
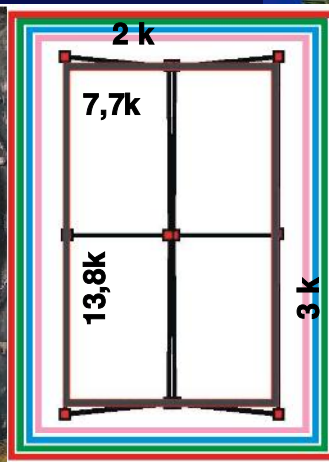
8 CCDs matriciais: 4 PAN (7 x 4k) e 4 MS (3 x 2k)

PAN: 13,8 x 7,7k., MS: 3 x 2k.

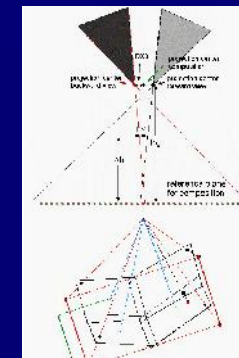
Interv. Exposição min.: 2s

Memória: 864 GB

GSD: 6cm



(Hinz, 2000)



(Dörstel, 2002)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores - Mercado Atual



Matricial



Linear

DIMAC

FoV: Configurável
Focal: até 4 (80 ou 120mm)
CCD Matricial: até 4 (4 x 5,4k)
GSD min: 5 cm
Piezo FMC
Plataforma: Leica, Somag

TLS SI-200 (Starlabo)

Helicóptero
FoV: 62°
Focal: 60mm
CCD Linear: 10 x 14,4k
5 PAN, R, G, B e NIR

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares - Mercado Atual



Linear

HRSC-AX (DLR)

FoV: 41°

Focal: Zeiss 150mm

Resol.: 120 lp / mm

Plataforma: Zeiss TA-S

CCD Linear: 9 x 12k

5 PAN, R, G, B e NIR

GSD min: 15cm

Não Comercial



Linear

3-DAS-1 Wehrli

FoV: 36°

Focal: 3 x 110mm

Resol.: 55 lp / mm

Plataforma: Leica / Somag

CCD linear: 3x 3 x 8k

3 x (trilinear) RGB

GSD min: 3 cm (330m)



Linear

JAS 150 (JENA)

FoV: 41°

Focal: 150mm

Resol.: ND

CCD linear: 9 x 12k

5 PAN, R, G, B e NIR

GSD min: 9 x 13 cm

Previsão: final 2006

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares – Mercado Atual



ADS 40 (LEICA Geosystems)

Primeiro vôo teste em 1998
Lançada no XIX congresso (ISPRS) de 2000 (Amsterdã)
Desenvolvida pela LEICA Geosystems em conjunto com
o DLR (Centro Aeroespacial Alemão)

3 (6) CCD PAN lineares (2 x 12,000 pixels)

deslocados de 1/2 pixel

4 CCD MS (12,000 pixels)

Angulo de abertura (FoV): 64°

Uma Lente telecêntrica de distância Focal: 62.5 mm

Tempo de integração (exposição): 1,25 a 5ms

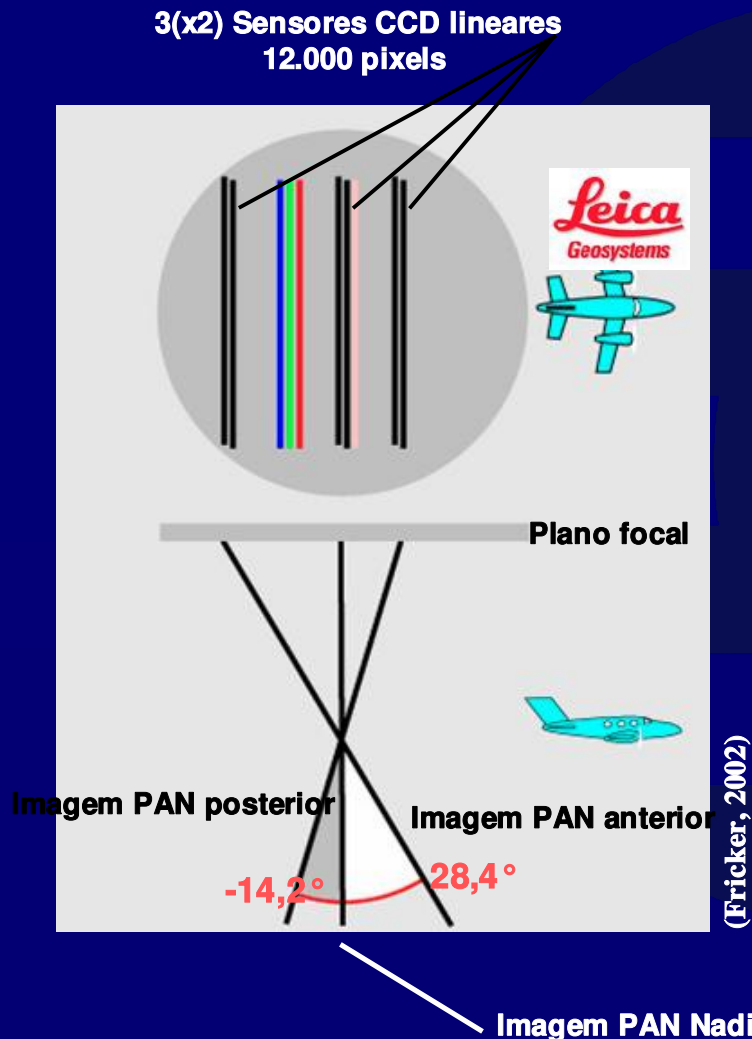
3 Modelos estereoscópico: 14°, 28°, 42°

Memória: 540GB Removível

GSD min.: 5cm

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



Sensor CCD 2 x 12.000 pixels
deslocado $\frac{1}{2}$ pixel
Resolução PAN = 12 e 24k pixels

Sensor ("Scanner") Tri-linear

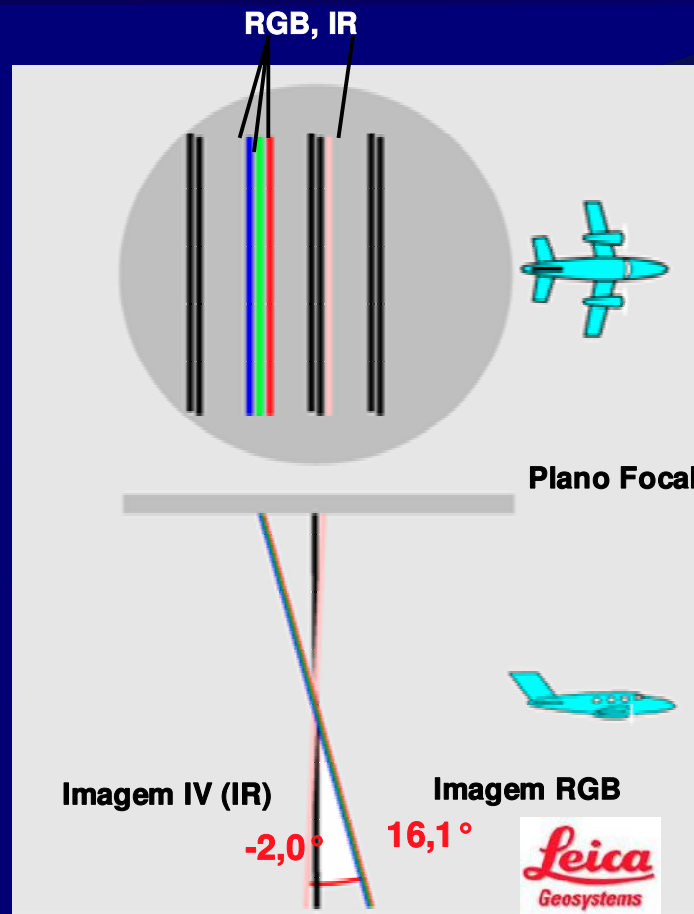
- ◆ Visada PAN anterior 28,4°
- ◆ Visada PAN posterior -14,2°
- ◆ Visada PAN Nadir

Imagem Estereoscópica

- ◆ 14,2, 28,4 e 42,6 graus (sem singularidade matemática)
- ◆ DSM triplo

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

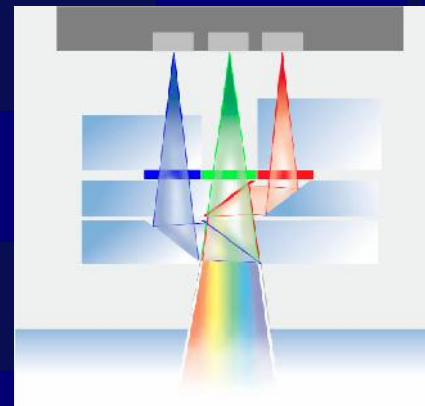
Sensores Lineares ADS40 - LEICA



(Fricker, 2002)

Sensores Multiespectrais
12000 pixels:

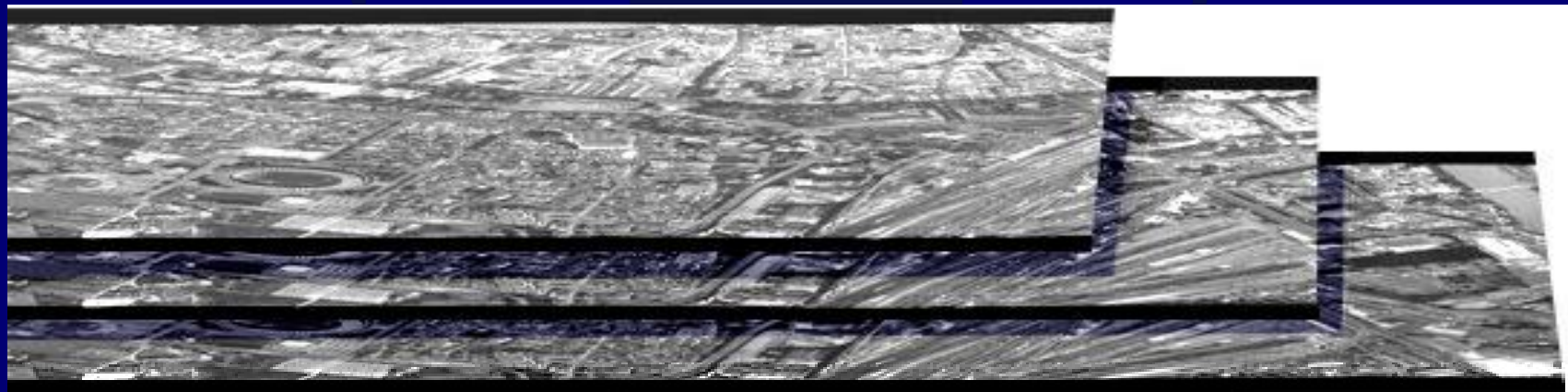
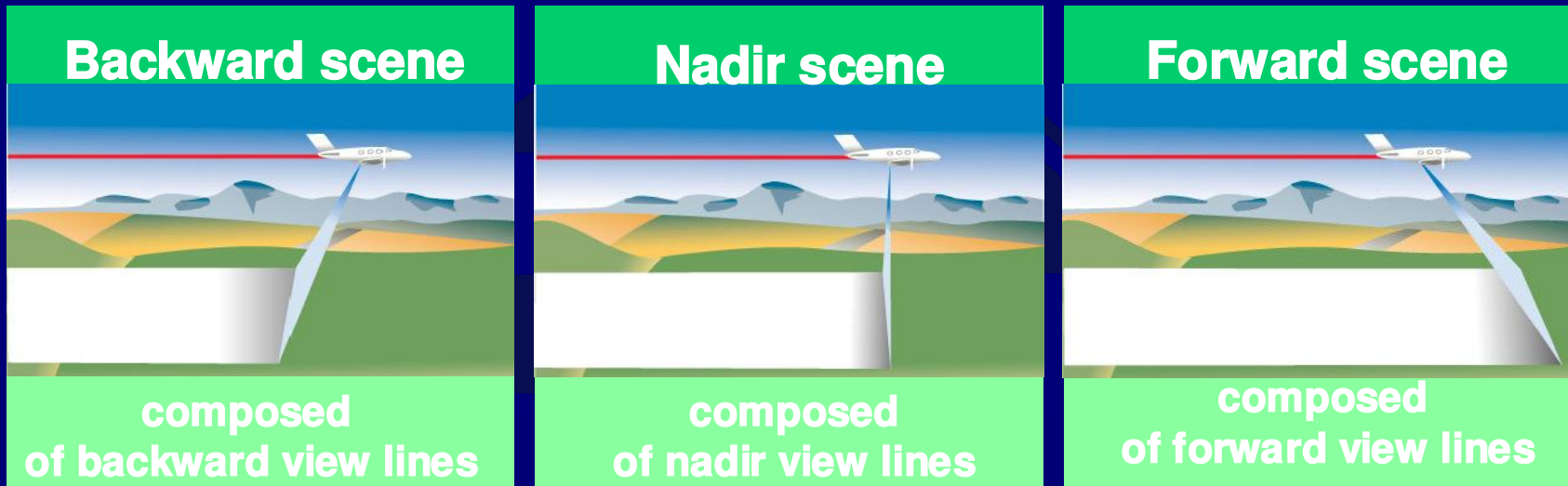
- ◆ Visada IR posterior $-2,0^\circ$
- ◆ Visada RGB anterior $16,1^\circ$
com mesmo ângulo de incidência (trichroid)



Ângulo de Abertura (FoV)= 64°

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

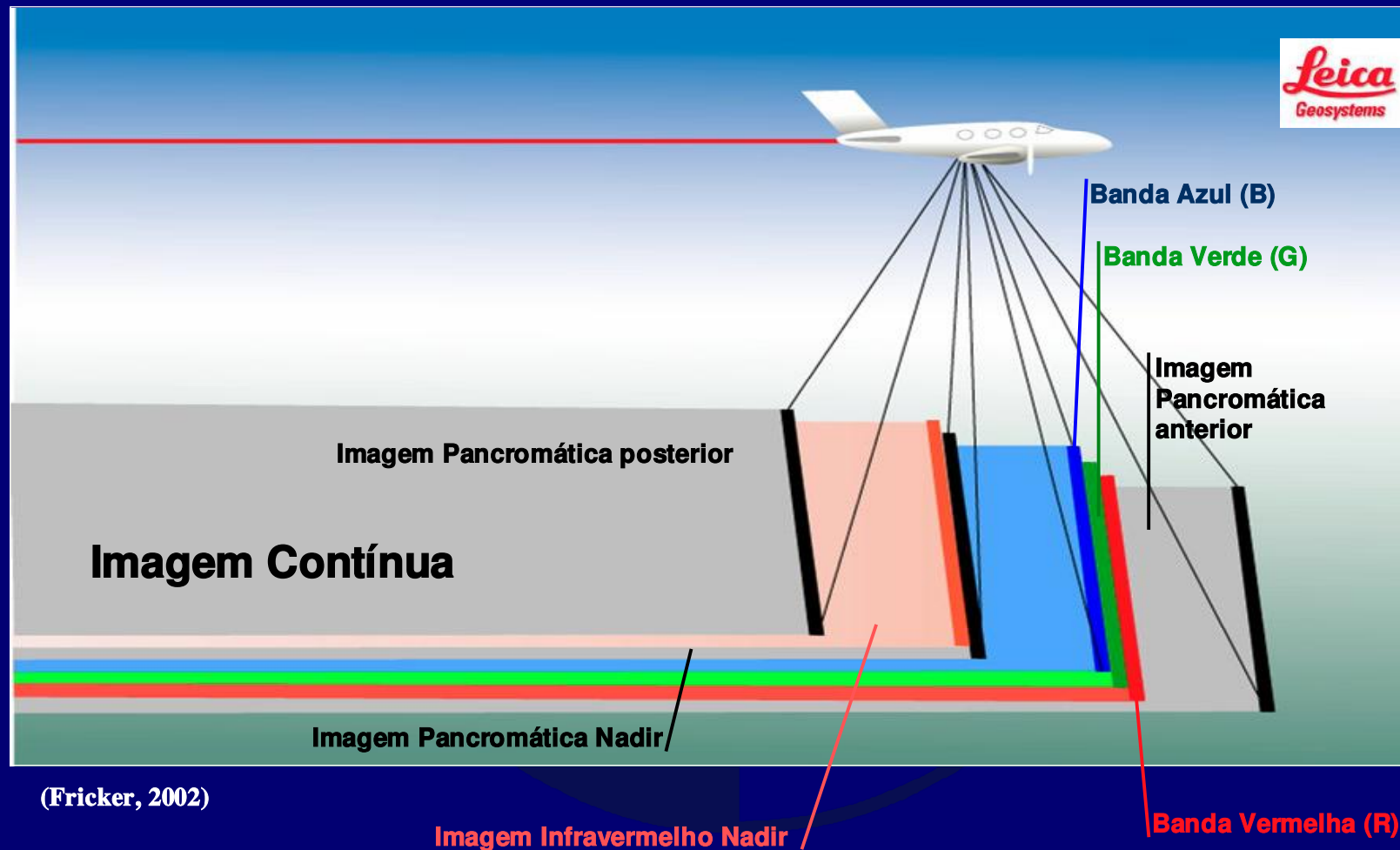
Sensores Lineares ADS40 - LEICA



PRINCÍPIO DO SENSOR TRI-LINEAR (Push-bromm)

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA

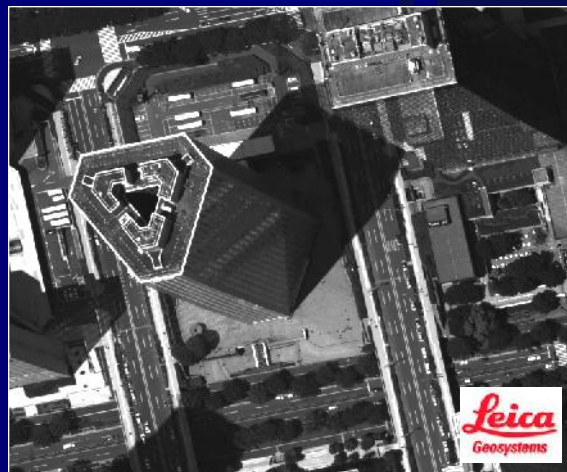


IMAGEM PANCROMÁTICA

Shinjuka, Tóquio, Japão

H = 2000m - GSD 20cm

Visada Posterior



(Gervaix)

Visada Nadir



Visada Anterior



Direção do Vôo →

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



Imagem Nível 0 (Bruta)
Sem plataforma giroestabilizada

DEFORMADA

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

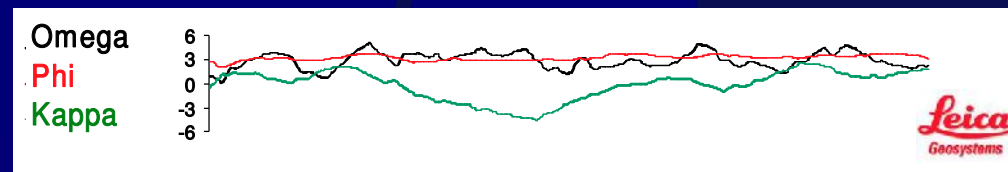


Imagem Nível 1 (Retificada)

**“EQUIVALENTE A
FOTOGRAFIA
CONVENCIONAL”**

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA

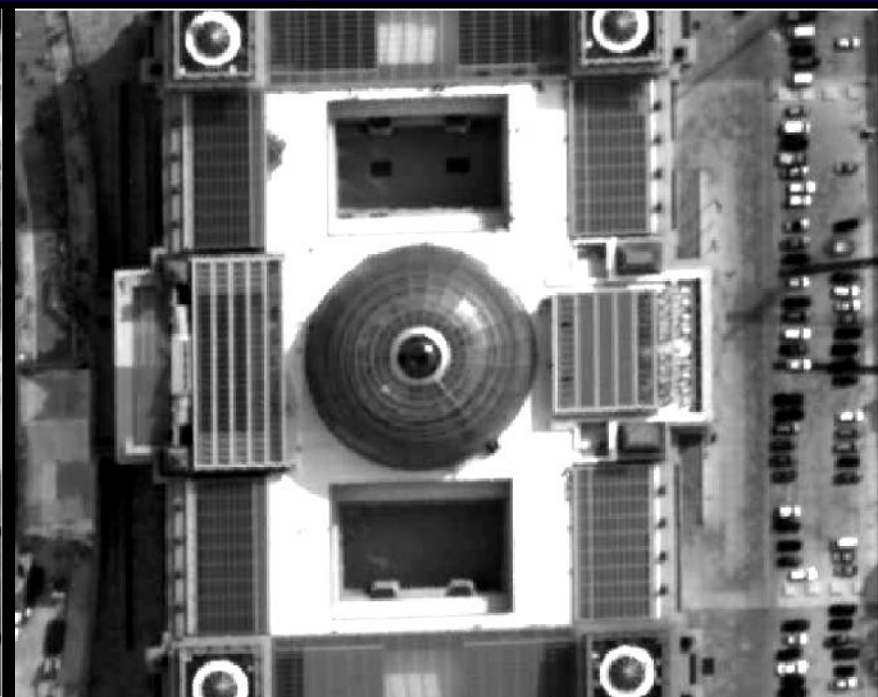


Nível 0



(Börner, 2000)

Nível 1



CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



PROCESSAMENTO

(POSProc - Applanix e LPS / ORIMA – Leica Geosystems)
Já foi lançado Sistema Inercial (IMU) da LEICA IPAS

Nível 0 (Imagem Bruta)

Nível 1 (Imagem Retificada)

Corrigida com os Dados GPS e Inercial
Passível de visão estereocópica

Nível 2 (Imagem Geocodificada)

Aerotriangulação, retificação diferencial (ortofoto),
Geração de DSM, Restituição, Classificação,
Visualização, análise e interpretação

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Sensores Lineares ADS40 - LEICA



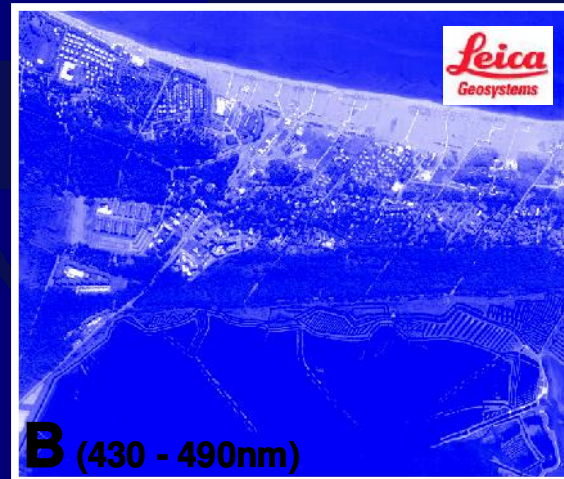
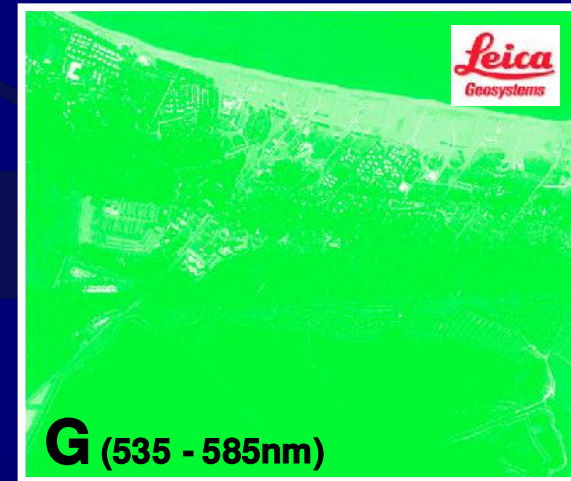
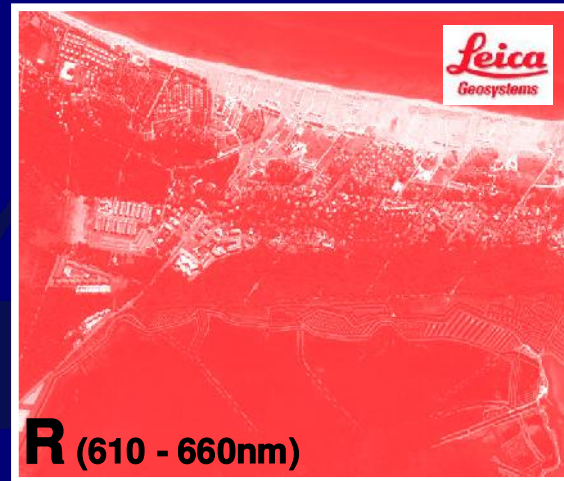
IMAGENS
R, G, B e NIR

Costa do Mar
Adriático

H = 1500m
GSD = 15cm

Jun. / 2001

PAN
(465 – 680nm)



(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

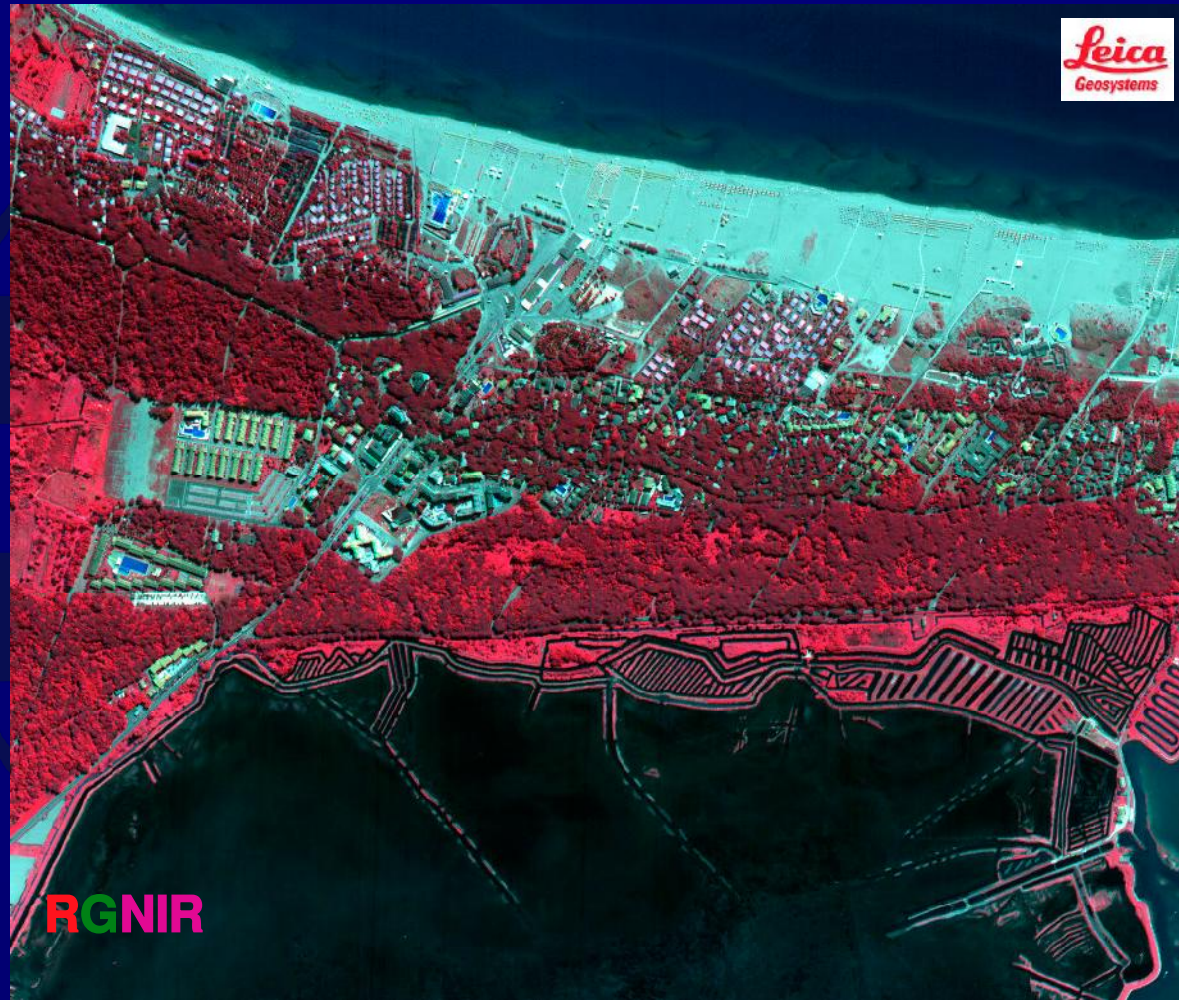


**Imagem RGN
FALSA COR**

**Costa do
Mar Adriático**

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

Jun. / 2001



(Fricker, 2002)

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É A ADS40



- **Premissas básicas**
- **Confiabilidade e tradição da LEICA**
- **Maior tempo no mercado e de desenvolvimento**
- **Maior quantidade e utilização no mercado**
- **Lente única**
- **Melhor resolução Multiespectral**
- **Menor GSD com resolução multiespectral**
- **Melhor resolução Radiométrica**
- **Imagem co-registrada RGB (trichroid)**
- **Possibilidade de configuração dos CCDs**
- **Melhor relação H/B, melhor DSM**
- **Menor distorção Perspectiva**
- **Sem PAN SHARPENING**
- **Atende a todas as escalas de mapeamento**
- **Menor número de pontos de apoio (inercial)**
- **Menor número de modelos estereoscópicos**
- **Menor volume de dados e tempo de processamento**
- **Novas aplicações (tempo crítico, telefonia, Agricultura, geologia, monitoramento, desastres...)**



PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Premissas básicas



- **Atualização Tecnológica e sobrevivência.**
- **ESTEIO já dispõe de um sensor com perspectiva central de última geração (RMK TOP).**
- **A aquisição de um novo sensor deveria trazer outras opções de utilização e mercado.**
- **Das 3 alternativas consideradas (ADS40, UltraCamD, DMC) os custos são equivalentes. Os outros fatores é que definiram a escolha.**
- **O nosso segundo sensor digital possivelmente substituirá a RMK TOP.**

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Premissas básicas



- **O Software que a ESTEIO utiliza pode trabalhar com os dois tipos de sensores.**
- **Manutenção e Calibração**
 - **Sensor sem componentes mecânicos (obturadores)**
 - **Uma única lente a ser calibrada**

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Confiabilidade e tradição da LEICA



Câmaras aéreas são produzidas pela LEICA desde 1935

LEICA produz atualmente vários equipamentos e softwares destinados ao Mapeamento.

The optical-mechanical era: 1935 1968



Wild RC5a



Wild RC7



Wild RC8



Wild RC9



The electronic, microprocessor and multiprocessor era: 1968 – 1993



Electronic Wild RC10



Microprocessor Wild RC10A



Multiprocessor Wild RC20



LH Systema RC 30

Câmaras aéreas digitais e analógicas, Sensor LASER aerotransportado, Sistema Inercial, Receptores GPS, Scanners Fotogramétricos, Equipamentos Topográficos, Softwares fotogramétricos e de Sensoriamento Remoto, etc...



PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Maior tempo no mercado e de desenvolvimento



Sensor trilinear foi inventado pelo Dr. Otto Hoffman em 1972

DPA - Digital Photogrammetric Assembly – DASA (Daimler-Benz Aerospace) – 1990

HRSC High Resolution Stereo Camera – DLR – 1995 (Missão Marte 1996)

HRSC foi utilizada pela ISTAR para produção de dados para Telecom na Europa e EUA.

O projeto da DLR foi adquirido pela LEICA, Modificado (Lentes, trichroid,...) e vem sendo aprimorado constantemente desde 1998.

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Maior quantidade e utilização no mercado



Distribuição no Mercado das Câmaras digitas

Market share	Units	%	Europe	CIS-GUS	Middle East	Africa	Asia Pacific	AP/JAKO	Americas
Total	100	100	29	4	1	2	21	12	31
ADS40	39	39	8	3			7	3	18
DMC	30	30	8				10	4	8
UC-D	29	29	12	1	1	2	4	4	5
TLS (Starimager)	1	1						1	
HRSC	1	1	1						

(Dezembro de 2005)

Experiência e grande utilização da HRSC em Telecom (Europa e EUA)

Grande utilização da ADS 40 nos EUA (NAIP), Europa, Russia, Japão, etc

Localização das 41 ADS40 no mundo

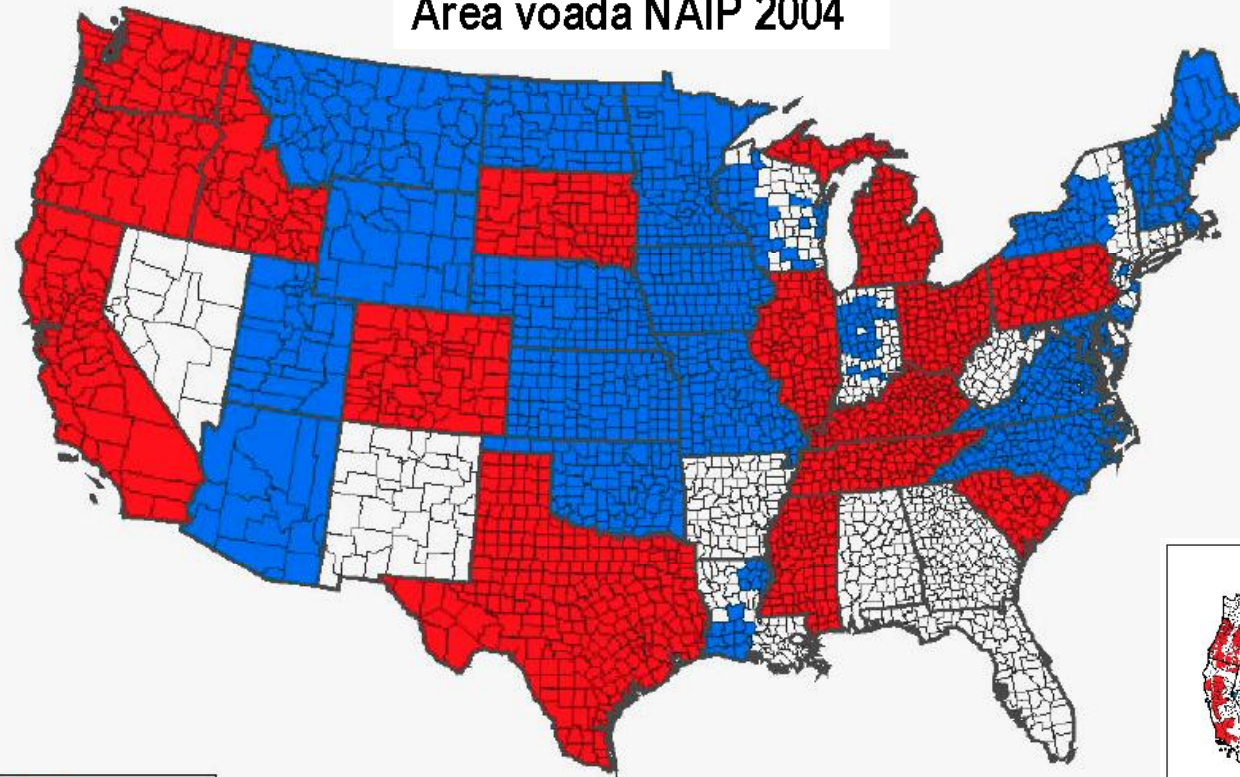


Austrália	1	Japão	3
Brasil	1 (P)	Latvia	1 (P)
Canadá	3	Romênia	1 (P)
China	5 (4 P)	Rússia	2
Colômbia	2	Espanha	1
Estonia	1	Suiça	1
França	2 (1 P)	Tailândia	1
Alemanha	1	Ucrania	1 (P)
Itália	1	USA	13

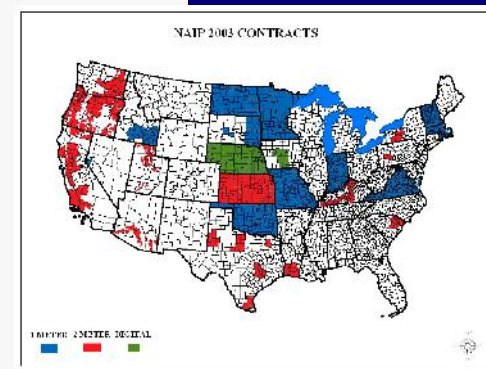
PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40? Maior quantidade e utilização no mercado



Área voada NAIP 2004



USDA Aerial Photography Field Office

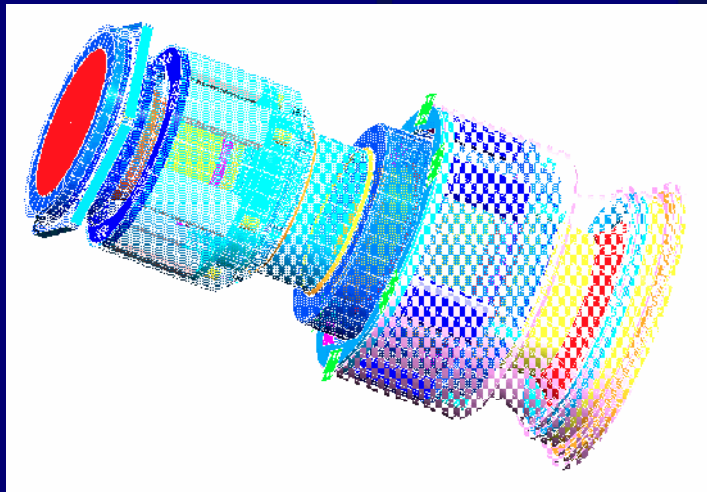
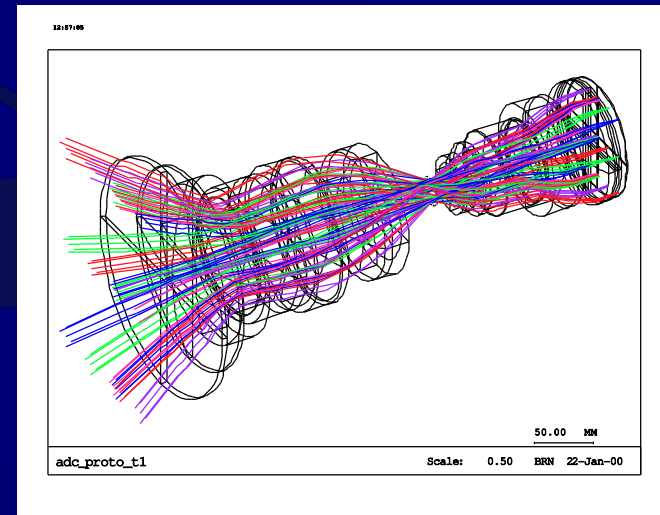


PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Lente única e altamente sofisticada



Ótica especificamente desenvolvida
F = 62.7mm, F4
64° FoV (Field of View)
Spectral range 420-900 nm
Resolution ~ 130 lp/mm
Telecentric design



- Geometric precision 1 μm
- Temperature & pressure Stabilized
High precision range from +10°C to +30°C
- Maintains position and width of all filter edges over the whole FoV

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

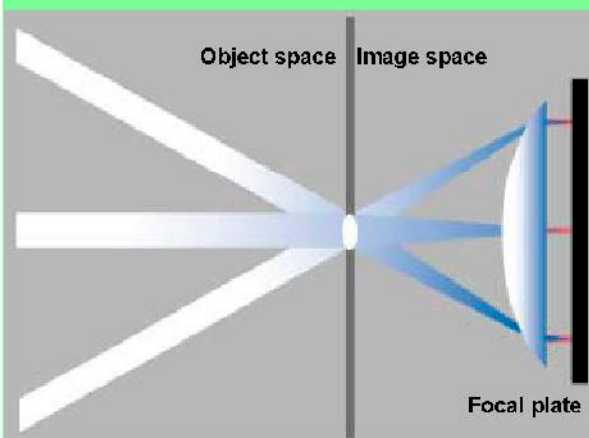
Melhor Resolução Multiespectral



Telecentric optics design

Telecentric optics design ADS40

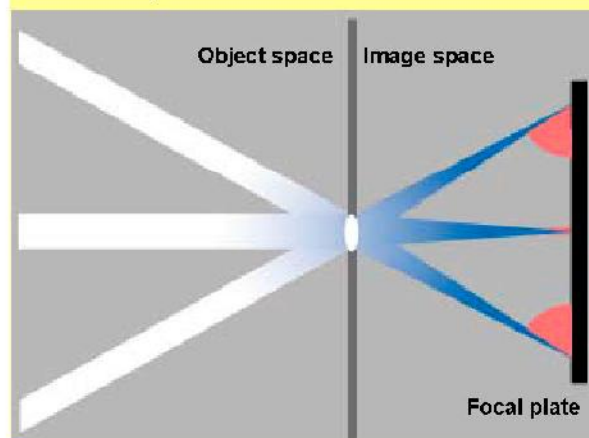
Vertical incidence of all ray bundles



Interference filter and Trichroid can be used.

Conventional optics design

Vertical incidence only for ray bundle on the optical axis



Absorption filters must be used.
NOT suitable for remote sensing.



Copyright © 2005 Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC

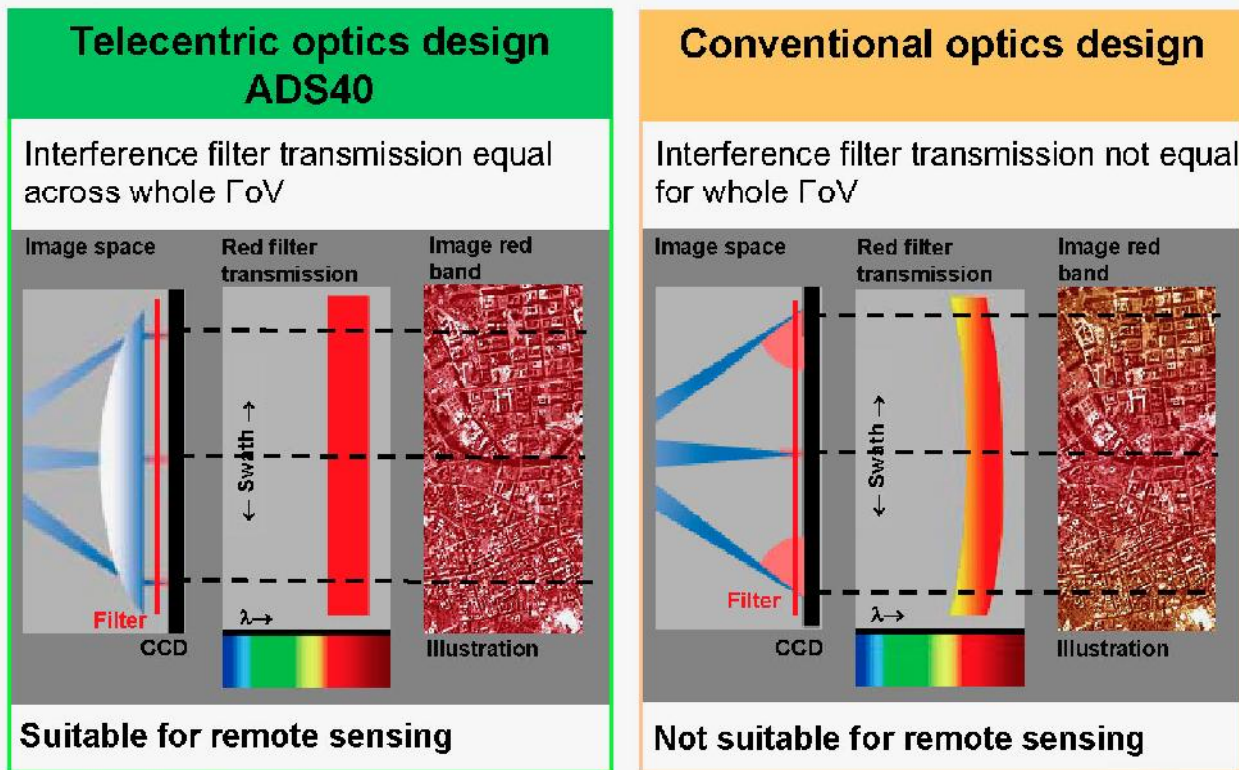


PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Melhor Resolução Multiespectral



Spectral transmission of interference filters



capture ... reference ... measure ... analyze ... present
POWERING GEOSPATIAL IMAGING™

Copyright © 2005 Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC
32



PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40? Melhor Resolução Multiespectral



Swisstopo, 2005

26cm pixel

RC30 27.07.2002
ESC. VÔO 1:19.000

30cm pixel

ADS40 27.07.2002

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Menor GSD com resolução multiespectral



Referência

**Pancromática
12,000 pixels**



GSD de 15 cm

Sensor Linear ADS40

**Multiespectral
12,000 pixels**



**GSD de 15 cm
igual resolução
pancromática**

Sensor MATRICIAL



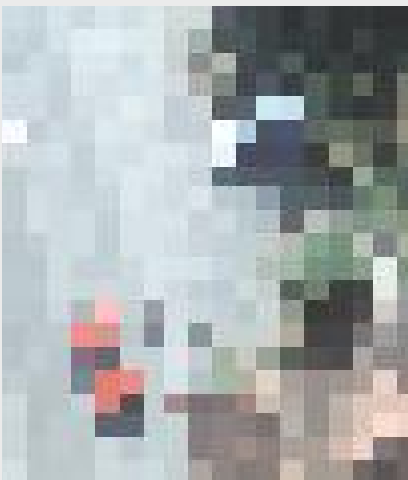

**Multiespectral
4 e 3k pixels**



**GSD de 43 e 70 cm
GSD de tamanho menor
na Resolução
Multiespectral**

First generation image resolution



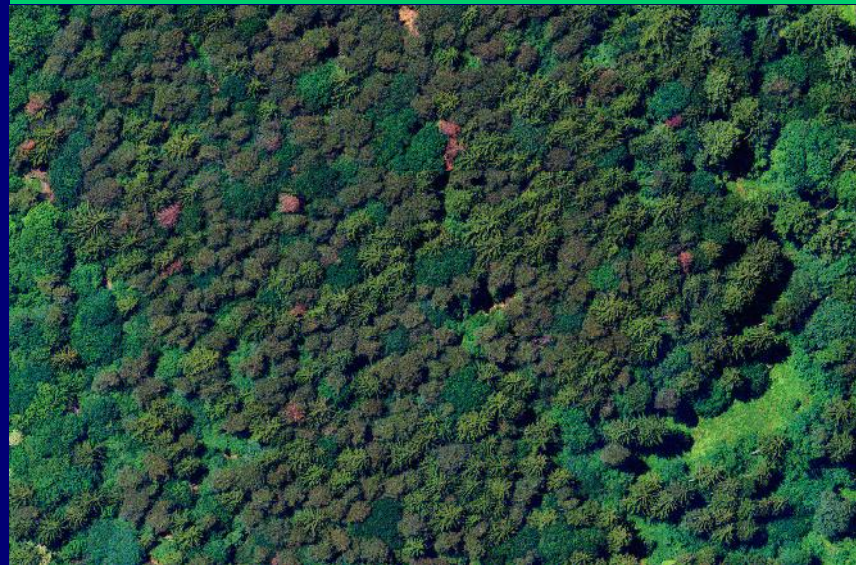
Reference	ADS40	DMC	UltraCam
Panchromatic 12,000 pixels	Multi-spectral 12,000 pixels	Multi-spectral 3,000 pixels	Multi-spectral 4,000 pixels
			
20cm GSD	20cm GSD Same resolution as panchromatic	95cm GSD 22 x larger Pixel than panchromatic	60cm GSD 9 x larger Pixel than panchromatic

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Melhor resolução Radiométrica



Leica ADS40



High resolution spectral CCD - no color distortion

Outstanding variety of rich colors

Tree types can be easily identified

Frame Sensor



Pan-sharpened based on spectral data with 8x or 22x lower resolution

Dull colors

Different tree types appear similar

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Imagem co-registrada RGB



IMAGEM RGBPAN HRSC-AX

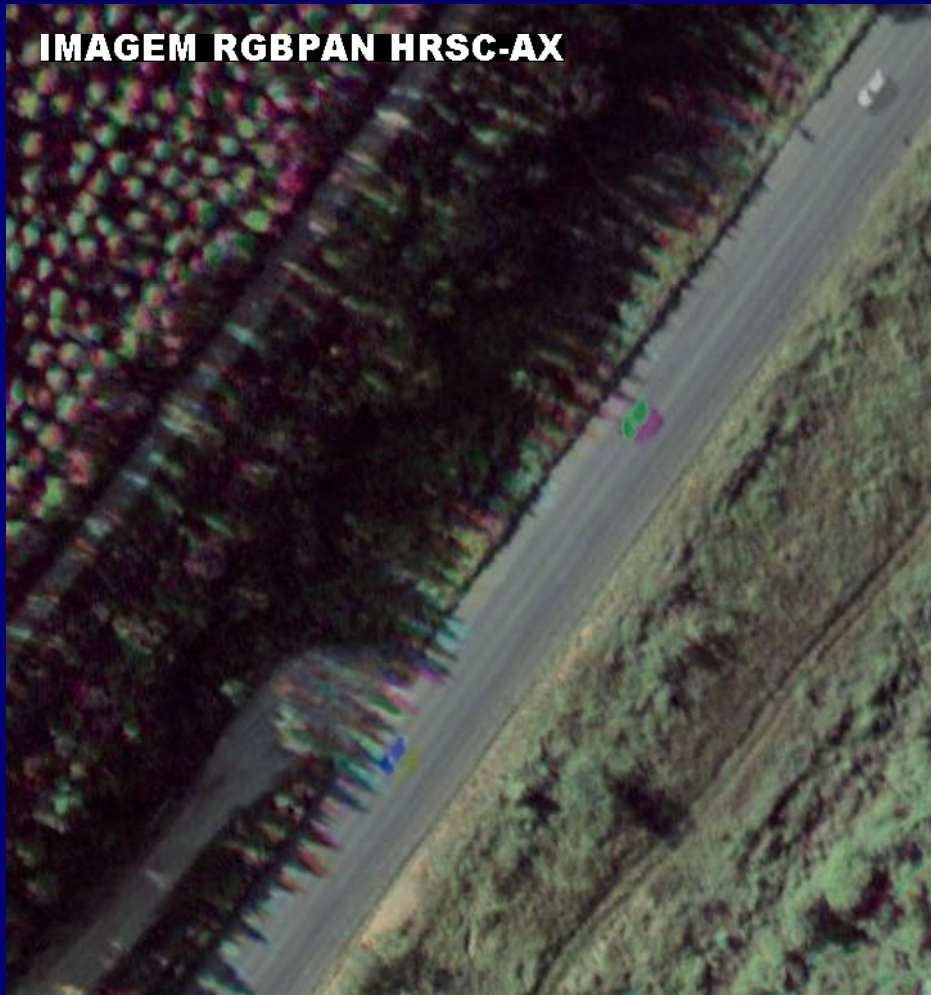
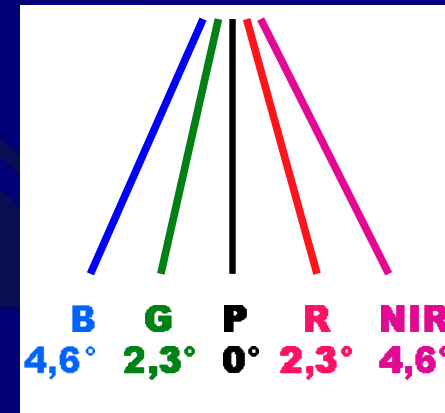


IMAGEM NÃO CO-REGISTRADA RGBPAN



CONFIGURAÇÃO HRSC / JAS

HRSC

$h = 4.000\text{m}$ GSD 25cm $v = 70 \text{ m/s}$ (250km/h)

Ângulo de 2,3° = 160m → 2,3 s

2,3s (carro a 100km/h) → 80m

DIFERENTES ÂNGULOS DE INCIDÊNCIA E
COLETA NÃO SIMULTÂNEA GERAM
SOMBRA NA IMAGEM RGB



Imagem não co-registrada RGB

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Imagem co-registrada RGB



IMAGEM RGB 16 ADS40 30CM CO-REGISTRADA

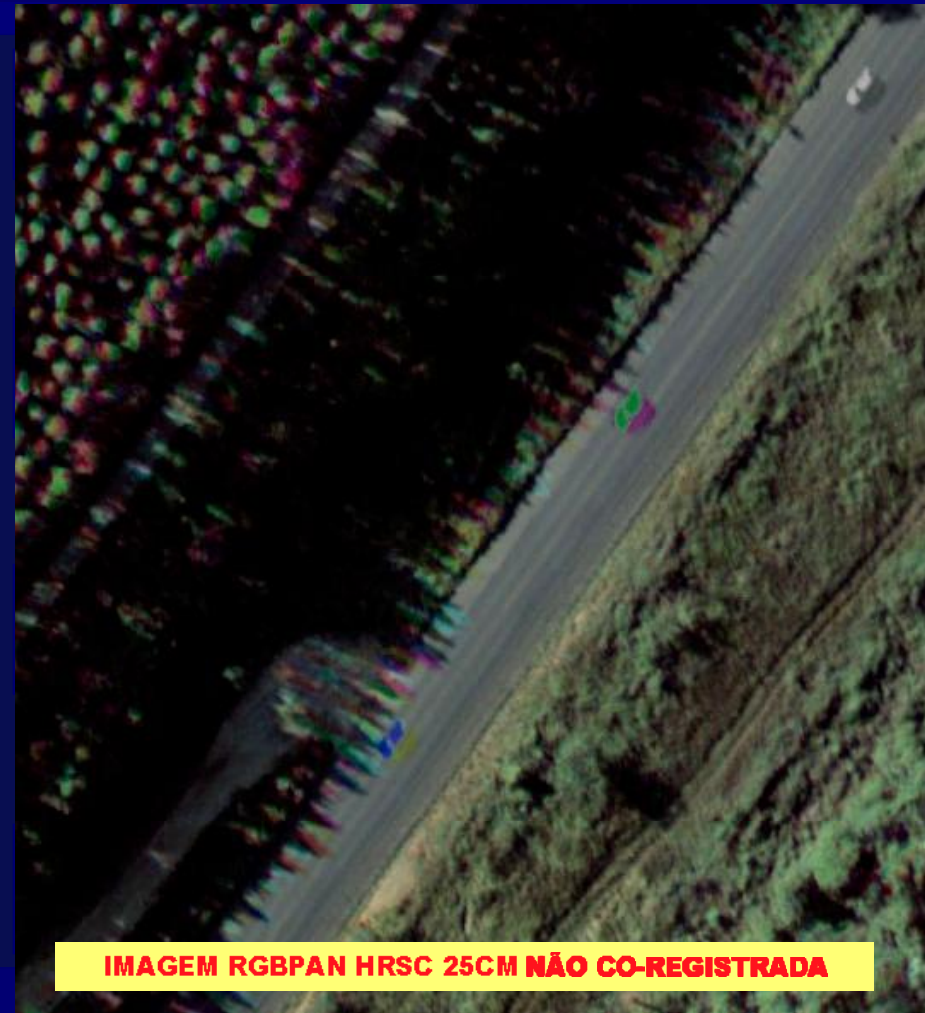


IMAGEM RGBPAN HRSC 25CM NÃO CO-REGISTRADA

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Imagem co-registrada RGB - **trichroid**



**IMAGEM RGB 16 ADS40
TRICHROID**

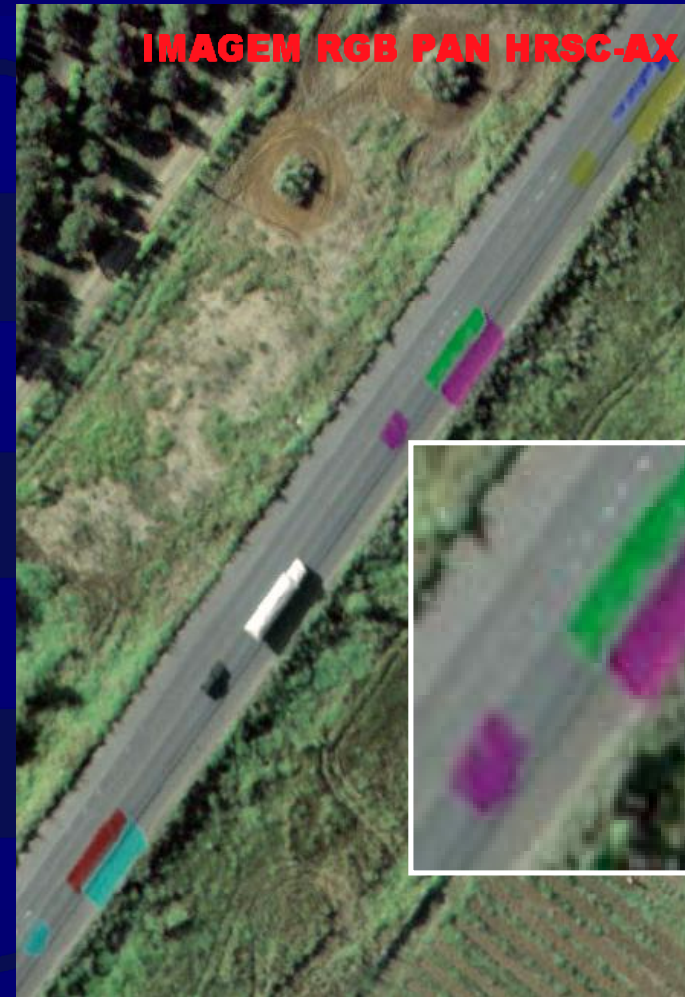
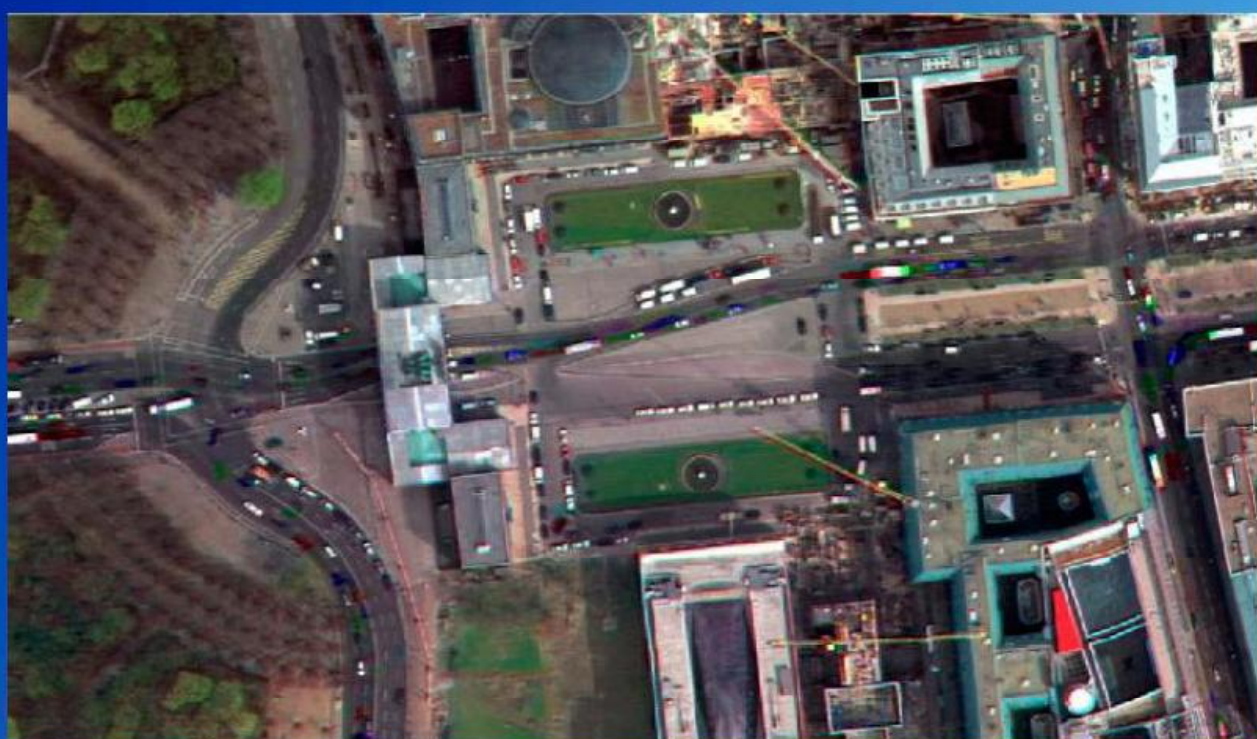


IMAGEM RGB PAN HRSC-AX

Products



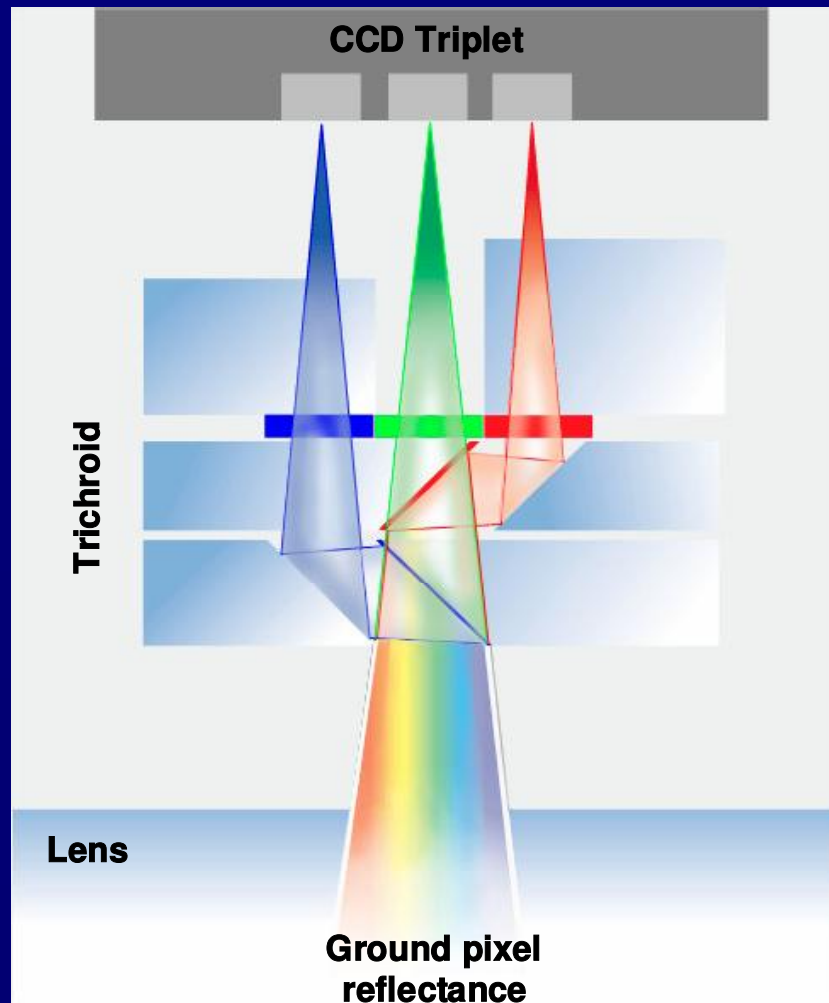
Berlin



Altitude: 2000 m; Date: 25 April 2001; Resolution: 12 cm



Trichroid developed by Leica for the ADS40



- Optical RGB pixel co-registration device
- Cascaded dichroitic beam splitters
- Energy conservation due to spectral light splitting
- Metal interference filters
- Located between optics and CCDs
- Narrow band filters

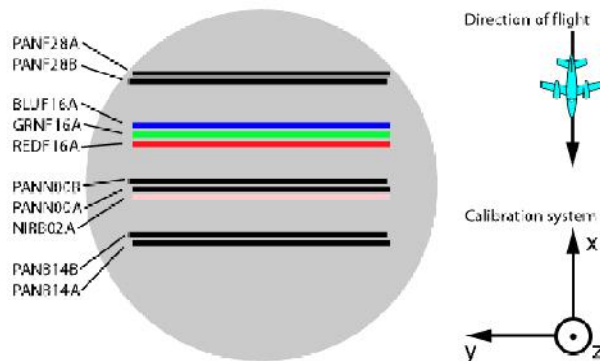
PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Possibilidade de configuração dos CCDs



ADS40 focal plates

Standard FPM

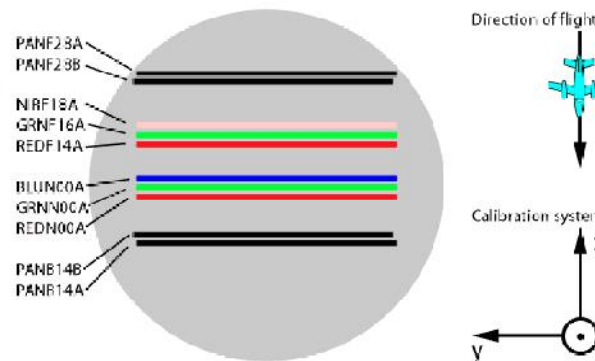


Staggered panchromatic line in Nadir

Excellent digital surface models

Original configuration - still available

New RGB-Nadir / RGN16



Panchromatic Nadir line is substituted by Green line

RGB in Nadir is perfect for true orthos

Co-registered false color bands

OPÇÃO ESTEIO



Copyright © 2006 Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC
11

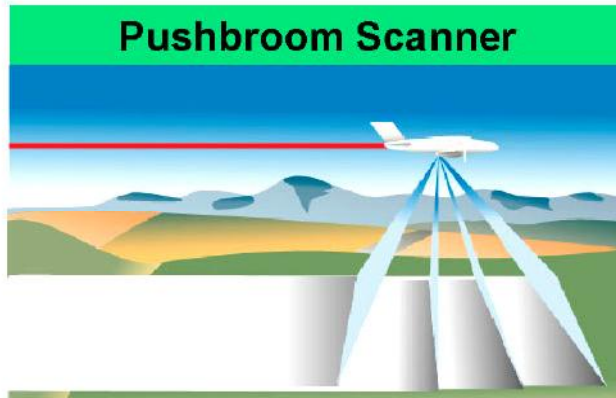


PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

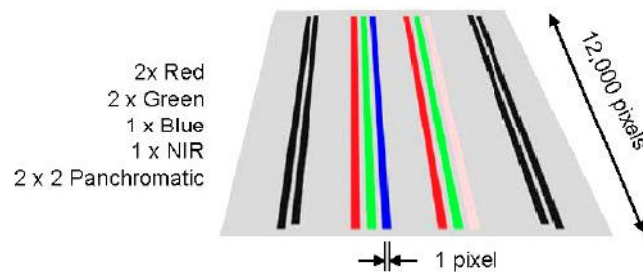
Possibilidade de configuração dos CCDs



New Focal Plate of ADS40



Single lens with a focal plate with 10 CCD lines.
Trichroid features co-registration of spectral bands.



6 POSSIBILIDADES DE VISÃO ESTEREOSCÓPICA



Copyright © 2005 Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC
24



PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

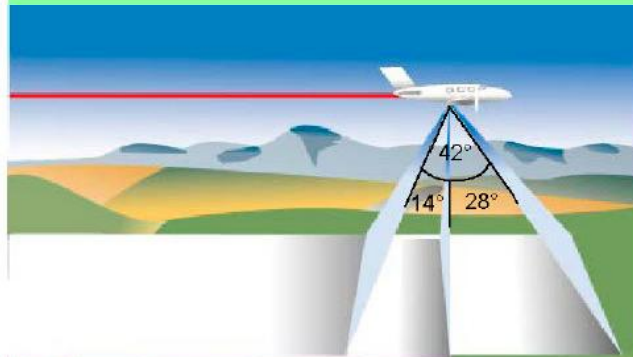
Melhor relação h/b - Melhor DSM



Height accuracy

Parallel Line Perspective

Seamless continuous pixel carpets
100% overlapping

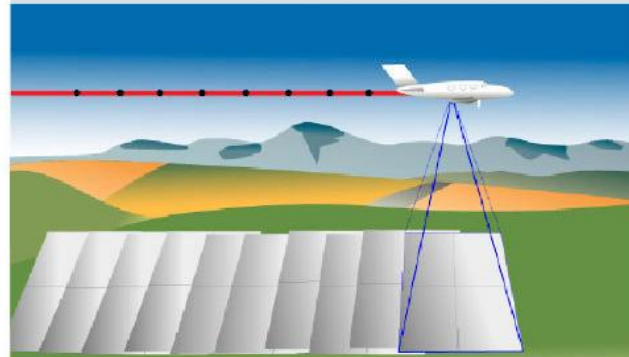


Stereo angles 14°, 28° and 42°
Height to Base ratio = 1.26

Patched Central Perspective

Multiple images form patched ,frame'

DMC: 4 images form a ,frame'
UltraCam: 9 images form a ,frame'



Stereo angle 17.5°, 15.5° at 60% fw. overlap
Height to Base ratio = 3.2, 3.7

The smaller the h/b ratio the better the height accuracy



Copyright © 2005 Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC
18



PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Melhor relação h/b - Melhor DTM



	Comparison of Aerial Cameras				Comparison of Area coverage, and accuracy						
Camera Type	Individual camera parameters				Normalized to pixel of 10 um & 10 cm GSD (normalized photo scale 1:10,000)						
					Area coverage			Accuracy			
	Array (Pixels)	Pixel size um	Focal length mm	GSD @ 1000m cm	n.focal length mm	Area sq.km	h/b ratio		x,y cm	height (points) cm	height (terrain) cm
ADS40 (MS)	12000 x 1	6.5	62.5	10.4	96	1.44	1.26		20	12.6	24.2
DMC (Pan)	13824 x 7680	12	120	10	100	1.06	3.3		20	33	66
UltraCam (Pan)	11500 x 7500	9	100	9	111	0.86	3.7		20	37	74
Aerial Photo (UAG)	15333 x 15333	15	153	9.8	103	2.35	1.66		20	16	32
Aerial Photo (NAT)	15333 x 15333	15	305	4.9	204	2.35	3.32		20	32	64

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Menor distorção Perspectiva



Swisstopo, 2005



RC30 imagem RGB



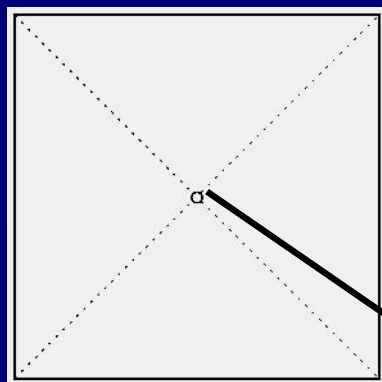
ADS40 PAN Nadir parte da faixa



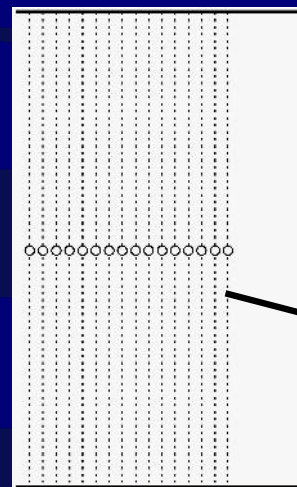
Perspectiva central x Perspectiva paralela

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

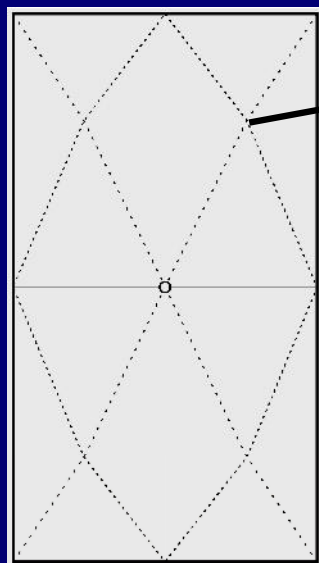
Menor Distorção Perspectiva



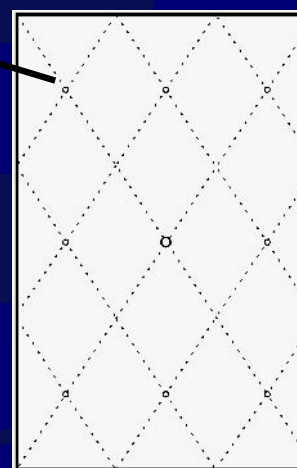
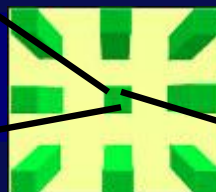
RMK-TOP RC-30
Prop.= 23 x 23
Perspectiva central



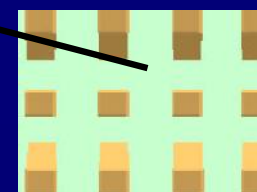
ADS 40
Prop.= 23 x comp. faixa
Perspectiva Paralela



DMC
Prop.= 23 x 13
4 imagens Obliquas



ULTRACAM D
Prop.= 23 x 15
9 imagens verticais



PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Sem PAN SHARPENING



Referência

Pancromática
12,000 pixels



GSD de 15 cm

Sensor Linear ADS40

Multiespectral
12,000 pixels



GSD de 15 cm
igual resolução
pancromática

Sensor MATRICIAL

Multiespectral
4 e 3k pixels



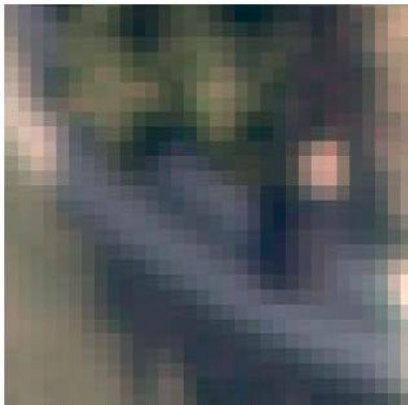
GSD de 43 ou 70 cm
8 (UCD) ou 22 (DMC)
pixels PAN são "pintados"
a partir da informação
MS de 1 pixel

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40? Sem PAN SHARPENING



Image Fusion Techniques: Pan Sharpening

Pan sharpening of frame sensor images



Original color image 9 or 22 times lower resolution than mosaic of pan cameras



Mosaic of 4 or 9 pan cameras



Pan sharpened color image

Pan sharpened color images as provided by the current digital frame sensors where not accepted in 2003 and 2004 for the NAIP projects of USDA in USA.

Copyright © 2005 Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC

- when it has to be right

Leica

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Atende a todas as escalas de mapeamento



Average GSD with ADS40	Map Scale	Map standard		Comparable film photographs	
		x-y accuracy RMSE	contour interval	photo scale	pixel size on ground of scanned film
5 - 10 cm	1 : 500	0.125 m	0.25 m	1 : 3,000 to 1 : 5,500	2.5 - 5 cm
10 - 15 cm	1 : 1,000	0.25 m	0.5 m	1 : 5,000 to 1 : 8,000	5 - 7.5 cm
15 - 20 cm	1 : 1,500	0.40 m	0.75 m	1 : 6,500 to 1 : 10,000	7.5 - 10 cm
20 - 30 cm	1 : 2,000	0.50 m	1m	1 : 8,000 to 1 : 11,000	10 - 15 cm
25 - 35 cm	1 : 2,500	0.60 m	1.25 m	1 : 8,500 to 1 : 13,000	12.5 - 17.5 cm
30 - 50 cm	1 : 5,000	1.25 m	2.5 m	1 : 12,000 to 1 : 18,000	15 - 25 cm
40 - 60 cm	1 : 10,000	2.50 m	5m	1 : 17,000 to 1 : 27,000	20 - 30 cm
50 - 70 cm	1 : 20,000	5.00 m	10 m	1 : 25,000 to 1 : 35,000	25 - 35cm
50 - 80 cm	1 : 25,000	6.25 m	12.5 m	1 : 28,000 to 1 : 42,000	25 - 40 cm
50 - 100 cm	1 : 50,000	12.5 m	20 m	1 : 40,000 to 1 : 60,000	25 - 50 cm
50 - 100 cm	1 : 100,000	25 m	50 m	1 : 60,000 to 1 : 90,000	25 - 50 cm

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Atende a todas as escalas de mapeamento



St. Gallen
Suiça

GSD: 6cm

Altura de voo:

580m

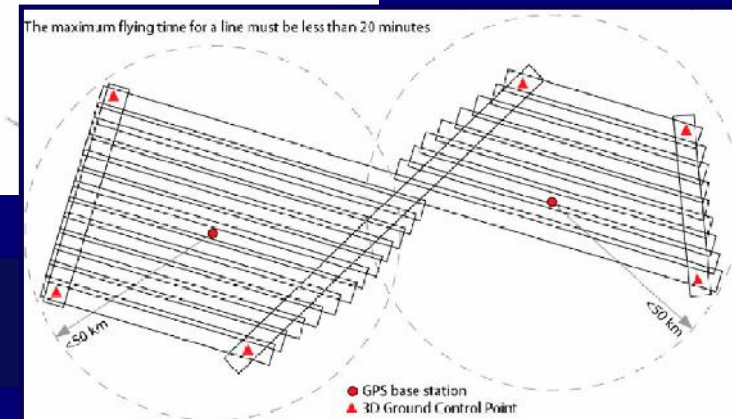
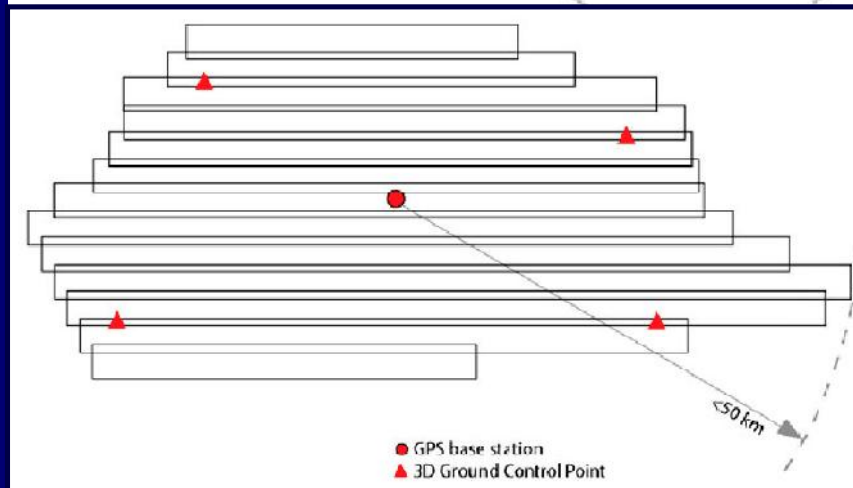
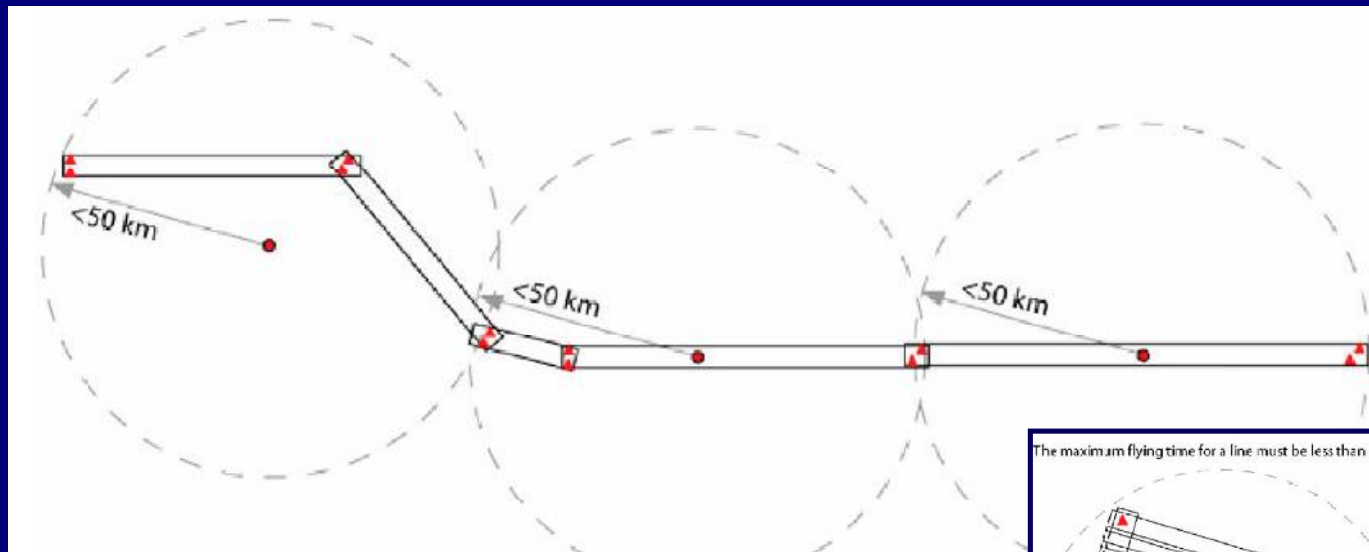
1.900 ft

Nov. 2003

A. Sol: 23°

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Menor número de pontos de apoio (inercial)



As faixas não devem ter mais que 20min de voo.

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Menor número de modelos estereoscópicos



Um modelo estereoscópico por faixa de voo.

Visualização estereoscópica rápida, confortável e mais abrangente, facilitando os trabalhos de fotointerpretação e de engenharia.

Quadro Comparativo

	RMK-TOP / RC30	ADS40	DMC	ULTRACAMD	HRSC-AX
T. pixel CCD (μm)	N.A.(25 μm)	6,5	12,0	9	6,5
d. focal (mm)	153	62,5	120	100	153
FoV ($^\circ$)	74	64	69	55	41
Escala voo 1:	6.000	23.077	12.500	16.667	23.077
GSD (m)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Altura do voo (m)	918	1.440	1.509	1.657	2.407
H. Foto (m) = L Fx	1.380	1.800	2.073	1.725	1.800
L. Foto (m)	1.380	Comp. Faixa	1.152	1.125	Comp. Faixa
L. Modelo (m)	828	Comp. Faixa	691	675	Comp. Faixa
Dist. Modelo (m)	552	Comp. Faixa	461	450	Comp. Faixa
N. Modelos	1		1,20	1,23	

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Menor número de modelos estereoscópicos



Faixa de perspectiva paralela (Sensores Lineares)



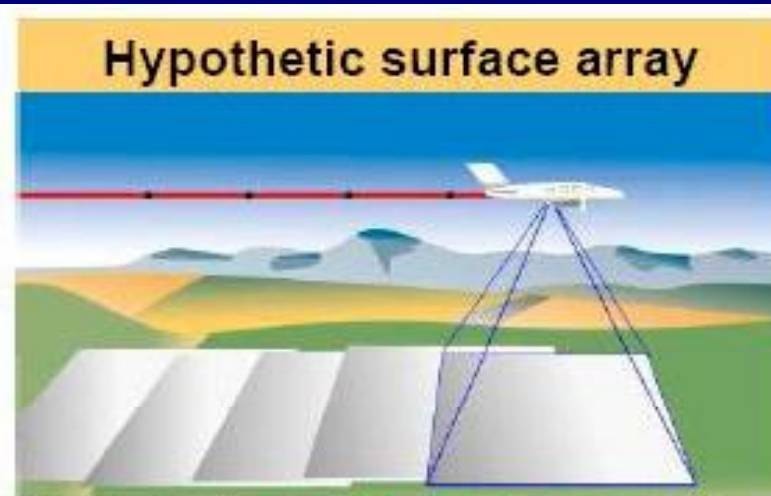
Mosaico de perspectivas centrais (Sensores Matriciais)

PORQUE A OPÇÃO ESTEIO É ADS40?

Menor volume de dados e tempo de processamento



Single lens with a focal plate with 10 CCD lines.
Trichroid features co-registration of spectral bands.



Single lens with a **hypothetic surface array** with six transparent layers for co-registration.



- 50 MB data per second
- Pixel carpets, continuous recording
- Up to **175 GB** image data per hour



- 720 MB data per multi-layer frame
- Frames at a rate of > 2 second bursts
- Up to **1,256 GB** image data per hour

PORQUE NÃO A ADS40

Verdades e Mentiras



- Totalmente dependente do sistema Inercial (**V**)
- Mudança na linha de produção (**V** e **M**)
- Exige pessoal mais qualificado e aeronave(s) mais versátil (**V**)
- Não tem FMC (**V** e **M**)

- Não se pode ter visão estéreo em softwares convencionais (**M**)
- Projeção perspectiva paralela sem rigor fotogramétrico (**M**)
- ...

PORQUE NÃO A ADS40

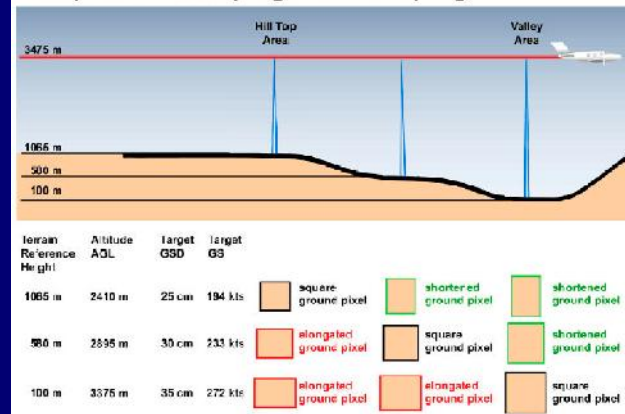
Verdades e Mentiras - Aeronave



Exige pessoal mais qualificado e aeronave(s) mais versátil (V)

A dimensão do pixel ao longo do vôo depende da velocidade da aeronave e tempo de "exposição". A dimensão do pixel perpendicular ao vôo depende da altura do vôo.

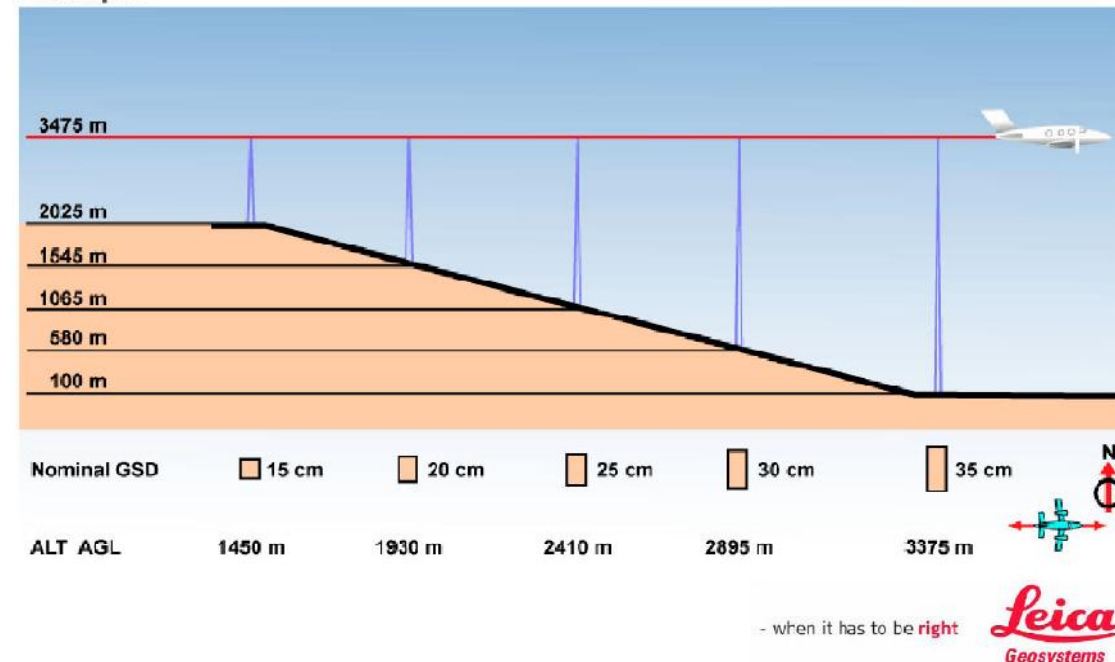
Example of oversampling - undersampling



Flight planning limits and tolerances

GSD range within a flight line

Example



PORQUE NÃO A ADS40

Verdades e Mentiras - FMC



Não tem FMC - FORWARD MOTION COMPENSATION (V e M)

Segundo Pacey (2005), três são as maneiras de minimizar os efeitos da velocidade do avião nas imagens:

1. Mover o plano focal ou o Sensor mecanicamente;
2. Utilizar Sensores TDI (Time Delayed Integration);
3. Utilizar tempo de exposição menor ou igual ao tempo para voar (escanear) o pixel. (min. 1,25 ms = 800 Hz)

Pushbroom line scanner ADS40

Integration time of CCD line is always less than time needed to fly GSD



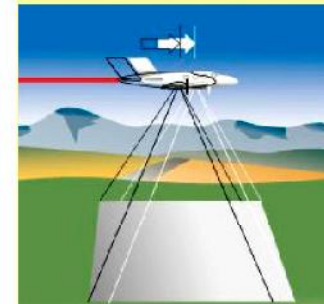
Typical example

SOG 100 kts
v = 185 km/h
Swath 2.4 km
GSD ~20 cm
Integration time
1.2 ms
Image motion
~ 2 μ m

Forward motion of aircraft during integration (exposure) can be ignored

Frame aerial camera, film based or digital

Long exposure time for film
Long integration time of CCD array



Typical example

SOG 100 kts
v = 185 km/h
Swath 2.4 km
Mb ~1:10,500
Exposure time
1/200 s
Image motion
~24 μ m

Forward motion of aircraft during exposure or integration should be compensated.

PORQUE NÃO A ADS40

Verdades e Mentiras - Software



Não se pode ter visão estéreo em softwares convencionais (M)

- Os parâmetros do sensor ADS40 são disponibilizados pela LEICA
- Softwares que permitem a utilização das imagens de sensores lineares:
 - LPS Leica Photogrammetric Suite (ADS 40 e Convencional)
 - ISTAR – INFOTERRA (HRSC e ADS40)
 - SOCET SET (BAE Systems)
 - INPHO / DAT-EM (ADS40, JAS150 e Convencional)
 - DIGI
 - ISM
 - KLT
 - Z/I Imaging
 - DVP (futuro próximo)
 - ENGEFOTO (ADS 40 e Convencional)

PORQUE NÃO A ADS40

Verdades e Mentiras - Precisão



Projeção perspectiva paralela sem rigor fotogramétrico (**M**)

Resultados obtidos pela Universidade de Stuttgart em 2004

	East	North	Vertical
RMS [m]	0.052	0.054	0.077
Mean [m]	0.000	-0.022	0.045
Max. [m]	0.133	0.188	0.242

- ◆ GSD = 15 cm
- ◆ Altura de vôo 1500 m
- ◆ 12 pontos de controle utilizados na aerotriangulação
- ◆ 198 pontos de Check (testados)

PORQUE NÃO A ADS40

Verdades e Mentiras - Precisão



Quality of external orientation of ADS40 images

Depending on mission parameters and base on a 20 cm GSD

Mission Type	Mission Parameters				Quality	
	GPS data used for POS calculation	GPS Ground Reference Station	Aero-triangulation & Bundle Adjustment	Ground Control Points	Relative Orientation / Accuracy	Absolute Orientation
1	navigation solution - code only	no	no	no	10 pixels / ~60 microns	> 100 cm
2			yes	no	1 pixel / ~6 microns	> 100 cm
3			yes	yes	0.5 pixels / ~3 microns	< 50 cm
4	phase differential	yes	no	no	5 pixels / ~30 microns	< 100 cm
5			yes	no	0.5 pixels / ~3 microns	< 50 cm
6			yes	yes	0.5 pixels / ~3 microns	< 10 cm

- when it has to be right 

PORQUE NÃO A ADS40

Verdades e Mentiras - Precisão



Geometric Accuracy of the ADS40 ... (1)

Adobe Reader - [ads-at-versions.pdf]

ORIMA ADS geometric accuracy @ 1500m flying height using LN200 data

ifp

Universitat Stuttgart

Case 1: 12 control points, absolute accuracy from 190 independent check points

	East	North	Vertical
RMS [m]	0.052	0.054	0.077
Mean [m]	0.000	-0.022	0.045
Max. [m]	0.133	0.188	0.242

Theoretical GSD value @ staggered pix size
GSD = 0.09m

Case 2: 4 control points, absolute accuracy from 198 independent check points

	East	North	Vertical
RMS [m]	0.055	0.054	0.106
Mean [m]	-0.008	-0.008	0.083
Max. [m]	0.145	0.191	0.295

Case 3: no control points, absolute accuracy from 202 independent check points

	East	North	Vertical
RMS [m]	0.110	0.086	0.158
Mean [m]	0.094	-0.064	0.142
Max. [m]	0.242	0.256	0.351

Remark: image points measured in all PAN A/B (non staggered) and colour channels



Copyright  2005 Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC

- when it has to be right



An aerial photograph of a city, likely Calgary, Canada, showing a river, a bridge, and various buildings. The image is used as a background for the text.

CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

Do Sonho a Realidade

Muito Obrigado pela atenção!

Dúvidas, críticas e sugestões:

Valther Xavier Aguiar
valther@esteio.com.br

info@esteio.com.br

www.esteio.com.br

www.lidar.com.br

Imagem ADS40 de Calgary - Canadá