

# SENSORES AEROTRANSPORTADOS

**A Realidade da Câmara Digital e do  
Perfilamento a LASER**

Amauri Brandalize

# Resumo

1. Câmaras de Filme;
2. Mudança Tecnológica;
3. Câmaras Digitais;
4. Matricial x Linear;
5. Princípios do Sensor Linear;
6. Particularidades da ADS40;
7. Perfilador a LASER ALS50;
8. NAIP (National Agriculture Imagery Program);
9. PAMAP (Pennsylvania Mapping Program);
10. Digital e LASER na Carta 1:50.000;
11. Info's na Internet.

# Câmaras Aéreas Baseadas em Filme

- **Recursos tecnológicos** para 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;
  - Softwares de Controle de Vôo;
- **Maiores Fabricantes**
  - Leica e Wild (Leica Geosystems)
  - Zeiss (Z/I)



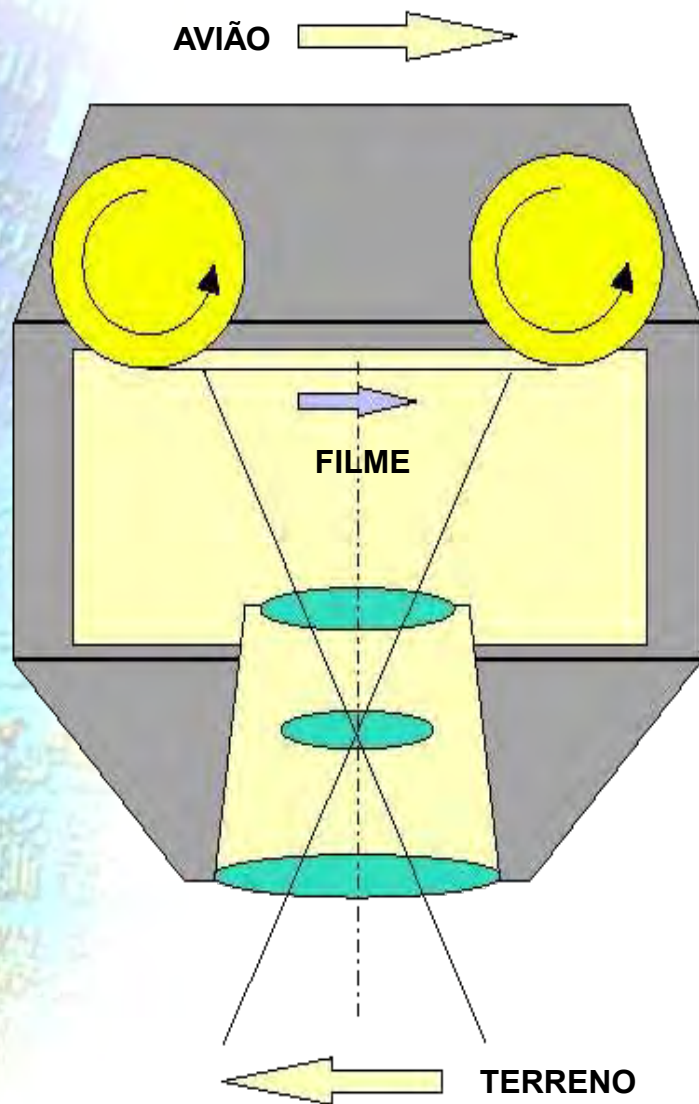
LH SYSTEMS RC30

ZEISS LMK



ZEISS RMK TOP

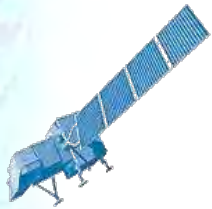
# Características da Câmara Aérea de Filme



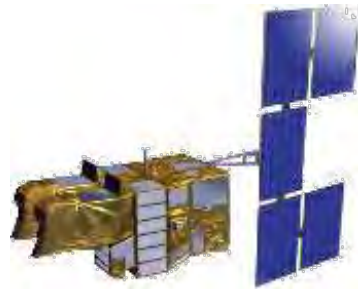
- **Formato**
  - 230 x 230mm
- **Recobrimento**
  - Longitudinal: 60 a 90%
  - Lateral: 10 a 30%
- **Resolução**
  - 2,5  $\mu\text{m}$
- Deslocamento do filme na direção do vôo durante a exposição para compensar o arrasto na imagem (FMC)

# Antecedentes das Câmaras Digitais

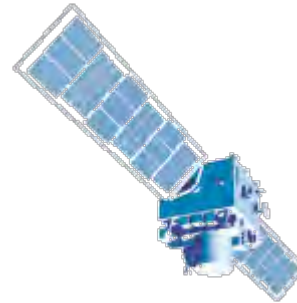
- **Sensores Digitais** são utilizados em satélites há mais de 30 anos;



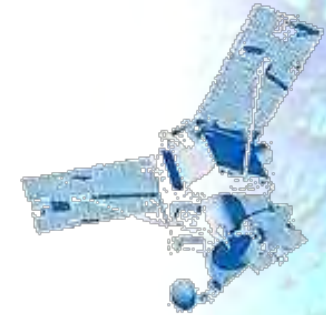
**Landsat 1-7 (1972)**  
15m PAN / 30m MS



**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



# Mudança da Tecnologia Filme para Digital

- **REDUÇÕES DE CUSTO**

- Automatização
- Sem filme
- Sem laboratório
- Sem escanerização

- **MELHOR QUALIDADE**

- Melhor resolução **radiométrica**
- Melhor precisão **radiométrica**
- Simultaneidade de aquisição MS e PAN

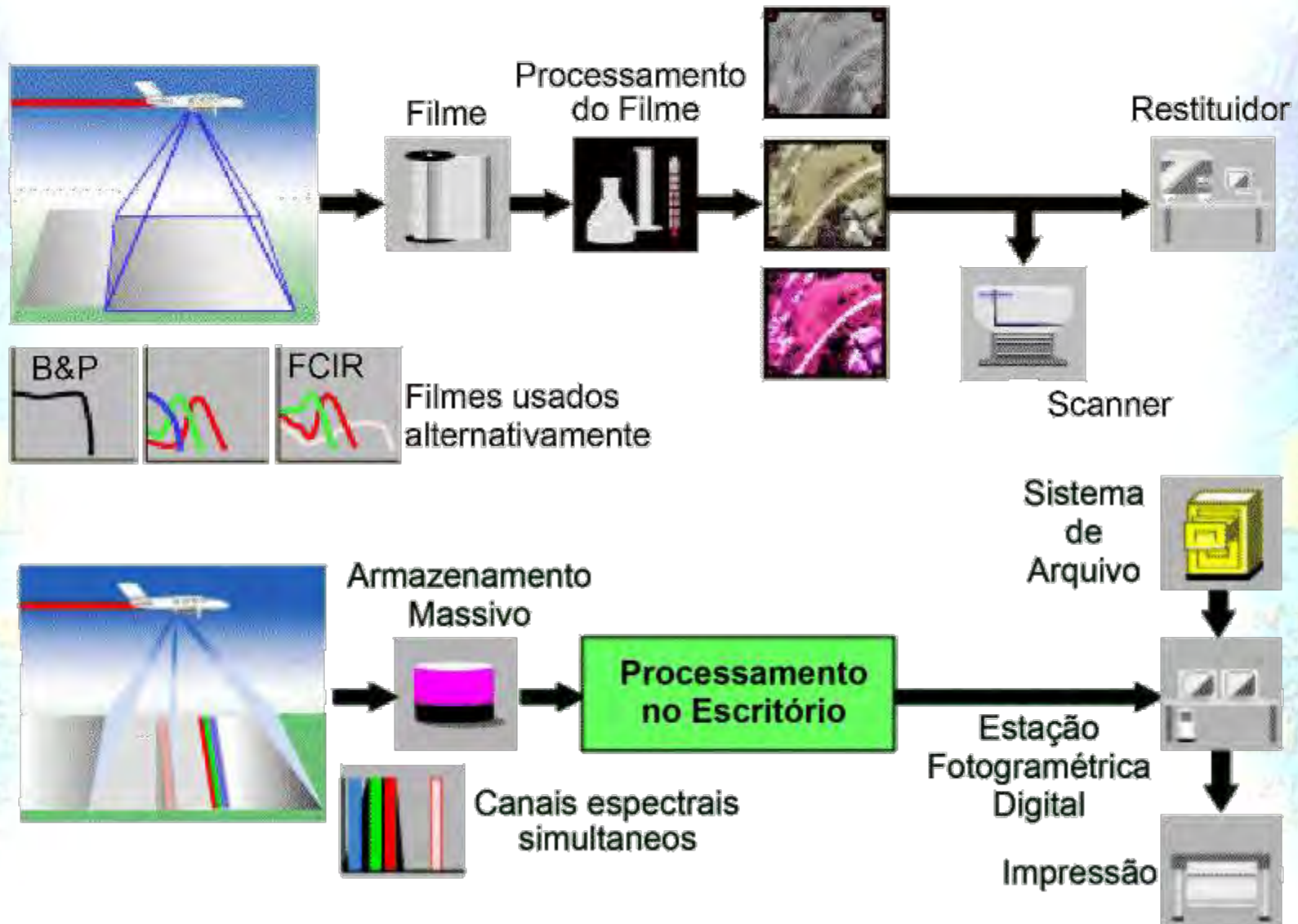
- **REDUÇÕES DE TEMPO**

- Menos Interrupções (processamento todo digital)
- Sem laboratório
- Sem escanerização

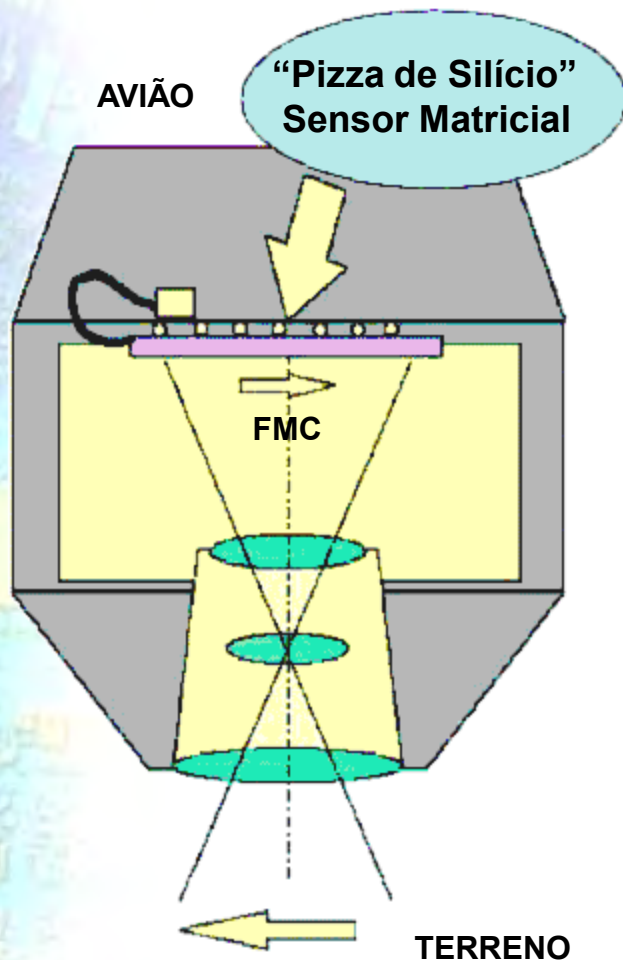
- **NOVAS APLICAÇÕES**

- Novas aplicações para imagens MS
- Aplicações de Tempo Crítico
- Suporte MS / PAN na interpretação

# Mudança da Tecnologia Filme para Digital



# Características da Câmara Aérea Digital

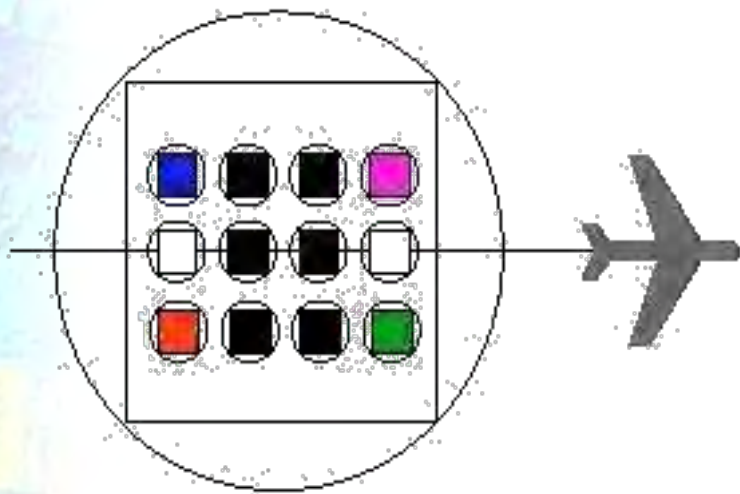


- **Formato equivalente**
  - 230 x 230 mm
- **Tamanho do Pixel**
  - 9 a 14 $\mu$ m (CCD)
- **FMC no plano focal**
- **Mas,**
  - Tecnologia não disponível
  - Se existisse, muito caro
  - Longo tempo de exposição
- **Então:**
  - Sensores LINEARES
  - Sensores MATRICIAIS



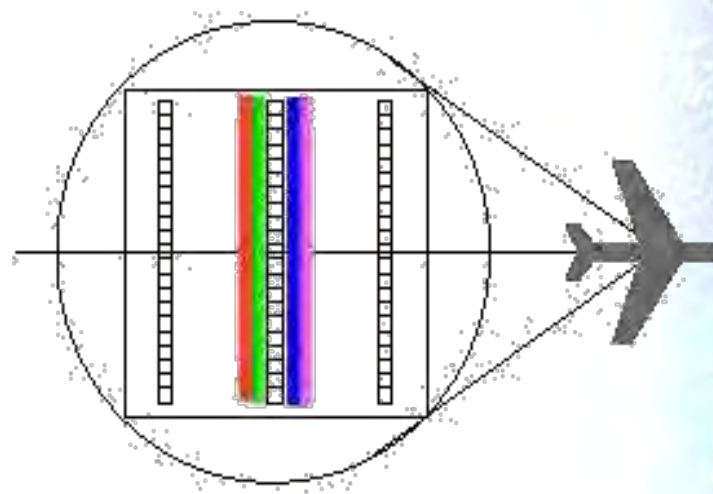
# Matricial X Linear

## Sensores Matriciais



**8 a 12 Sistemas de Lentes  
(8 a 12 focais)**  
**8 a 12 Sensores Matriciais  
PAN, R, G, B, IR**  
**(ampliar cap resolutiva e FoV)**

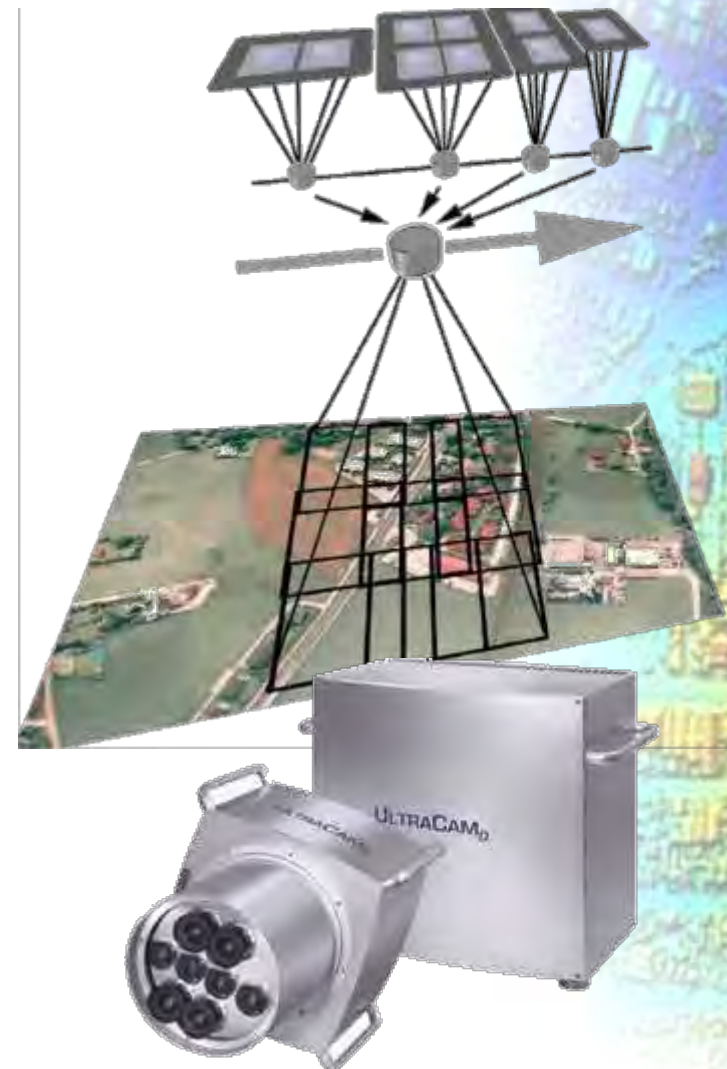
## Sensores Lineares



**1 a 3 Sistema de Lentes  
(1 ou 3 focais)**  
**3 a 6 Sensores Lineares  
PAN (Estéreo)**  
**3 a 7 Sensores MS RGB e IR**

# Sensor Matricial – UltraCam D (Vexcel)

- Anunciada no ISPRS do Alasca maio/03
- Especificações:
  - 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 7,5 k, MS: 4 x 2,7 k
  - Int. Exposição: 1 s
  - Memória: >1,5 TB (28 HD 60GB)
  - GSD: 5 cm (500m)



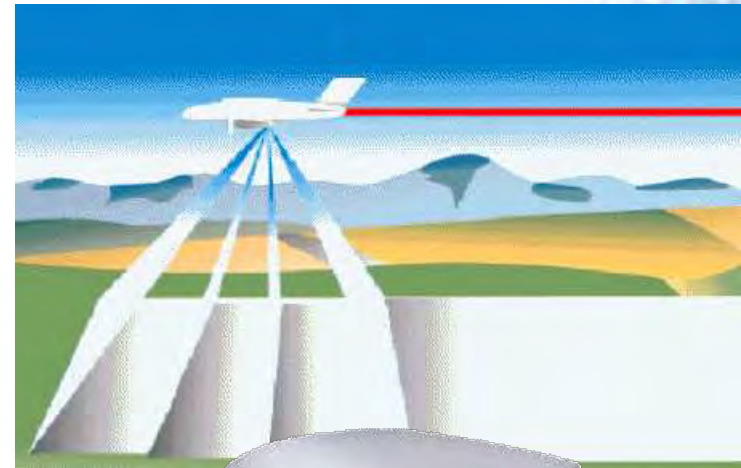
# Sensor Matricial – Z/I DMC (Intergraph)

- Anunciada na PHOWO1999 - Comercial em 2002
- Especificações:
  - Fov: 69° x 42°
  - Focal PAN: 4 x 120mm inclinadas
  - Focal MS: 4 x 25mm
  - 8 CCDs matriciais: 4 PAN (7 x 4k) e 4 MS (3 x 2k)
  - PAN: 13,8 x 7,7 k, MS: 3 x 2k
  - Int. Exposição: 2 s
  - Memória: 864 GB
  - GSD: 6 cm

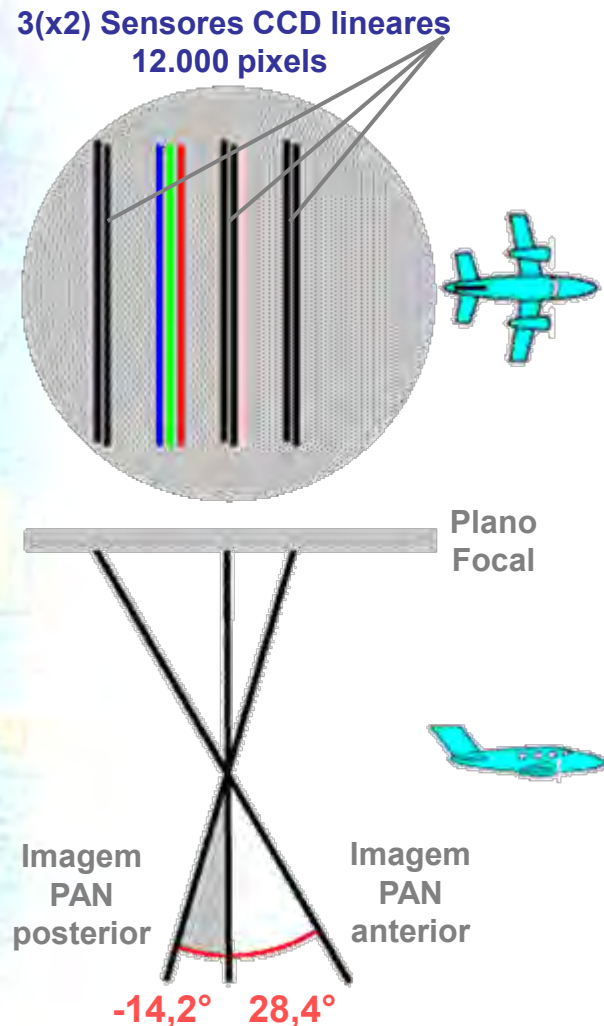


# Sensor Linear – ADS40 (Leica)

- Lançada no XIX Congresso (ISPRS) de 2000 (Amsterdã) - Desenvolvida pela LEICA Geosystems e DLR (Centro Aeroespacial Alemão)
- Especificações:
  - 3 (6) CCD PAN lineares (2 x 12.000 pixels) deslocados de 1/2 pixel
  - 4 CCD MS (12.000 pixels)
  - Ângulo de abertura (FoV): 64°
  - Lente Telecêntrica Focal: 62,5 mm
  - Tempo de integração (exposição): 1,25 a 5ms
  - 3 Modelos Estereo: 14°, 28°, 42°
  - Memória: 540 GB Removível
  - GSD: 5cm

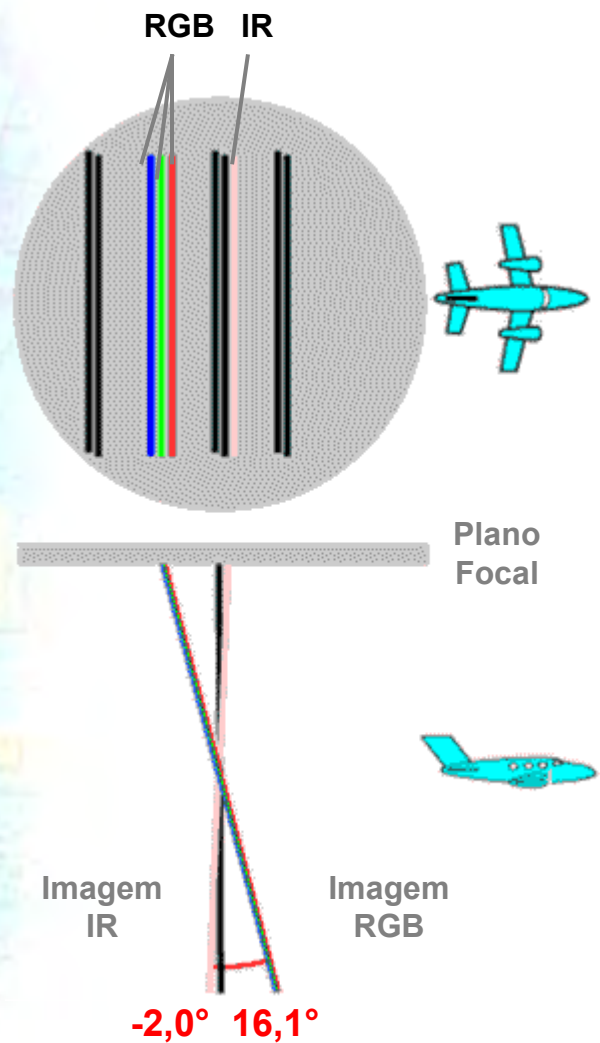


# Princípio do Sensor Linear (Push Broom)

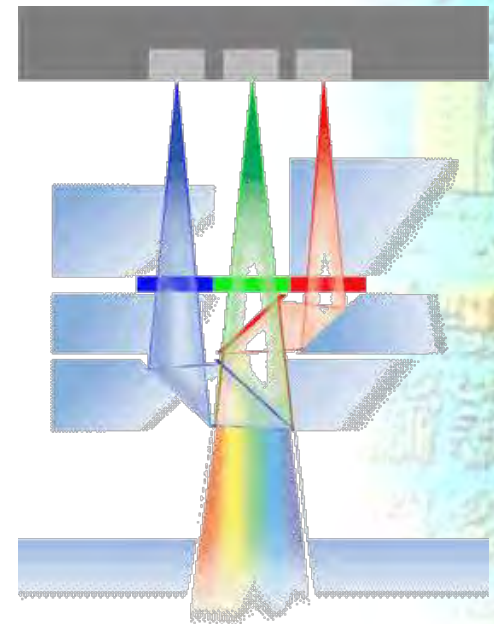


- **CCD** 2 x 12.000 pixels deslocado  $\frac{1}{2}$  pixel
- Resolução **PAN** = 12 e 24k pixels
- Sensor **Tri-linear**
  - Visada **PAN** anterior 28,4°
  - Visada **PAN** posterior -14,2°
  - Visada **PAN** Nadir
- Imagem Estereoscópica
  - 14,2°, 28,4° e 42,6°
  - **MDE** triplo

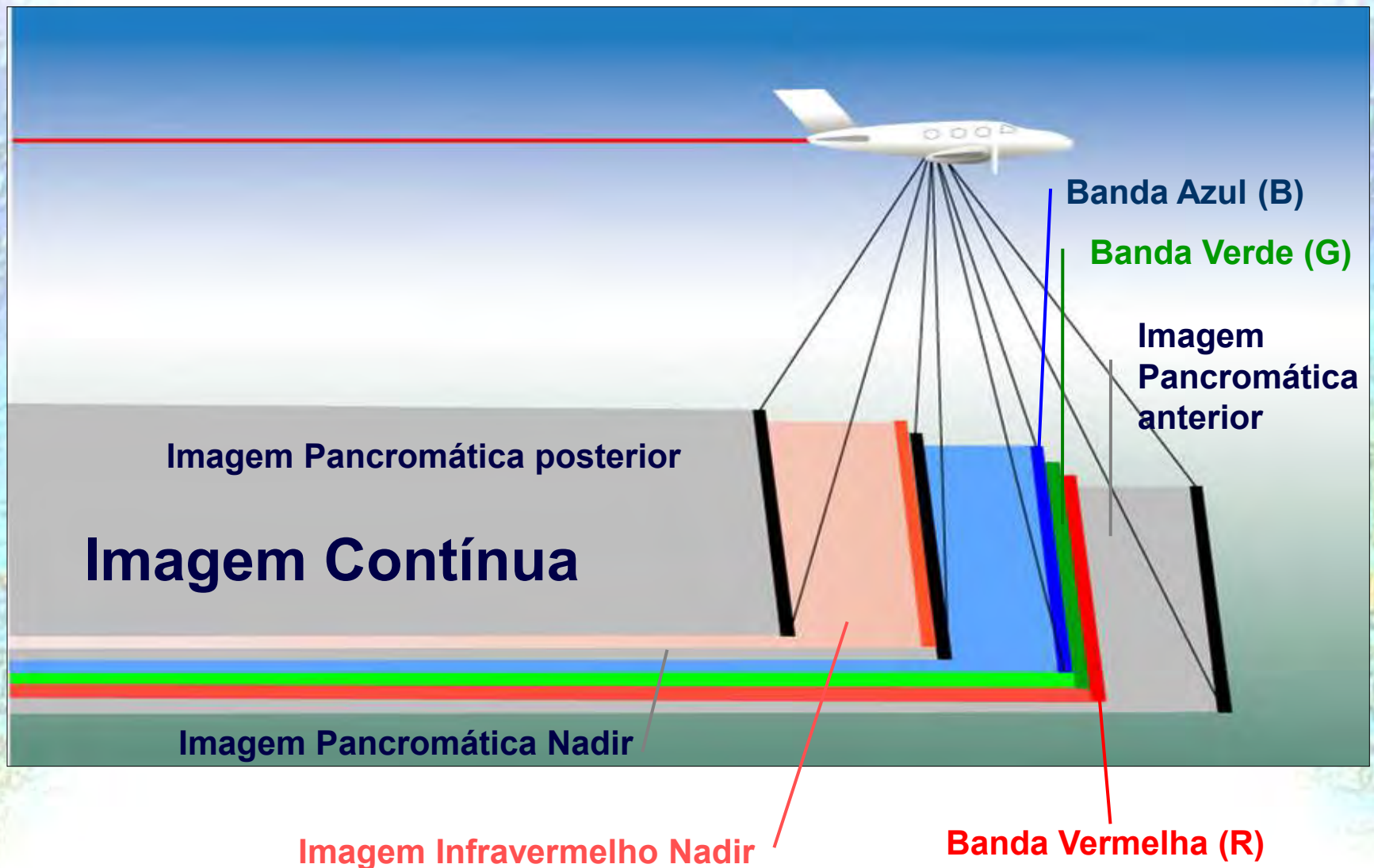
# Princípio do Sensor Linear (Push Broom)



- **Sensores Multiespectrais**  
12000 pixels
- Visada IR posterior  $-2,0^\circ$
- Ângulo de Abertura **FOV**  $64^\circ$
- Visada **RGB** anterior  $16,1^\circ$  com mesmo ângulo de incidência (*trichroid*)



# Princípio do Sensor Linear (Push Broom)



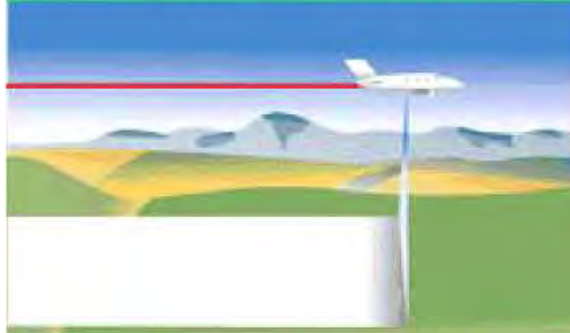
# Princípio do Sensor Linear (Push Broom)

## Cena posterior



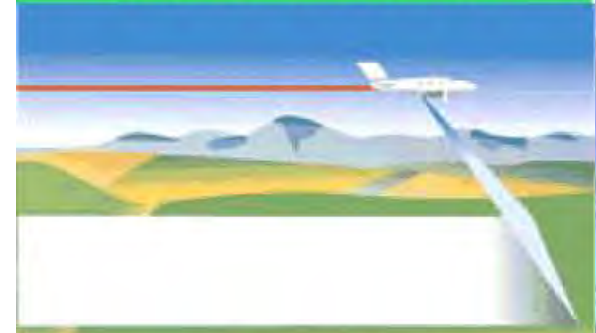
Compostas pelas linhas da vista posterior (ré)

## Cena Nadir

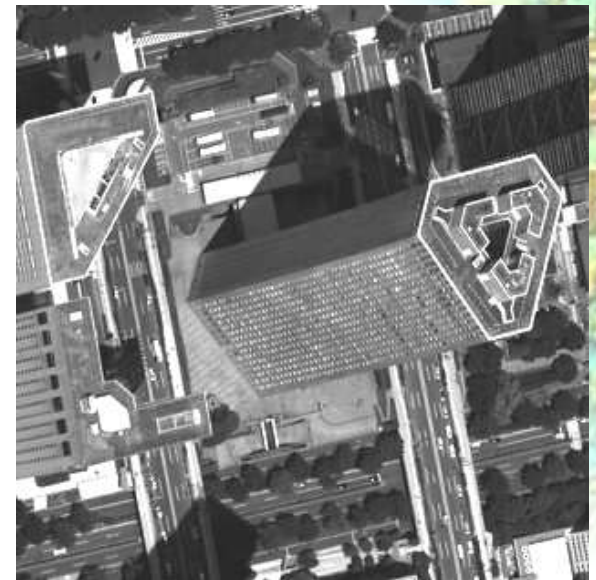
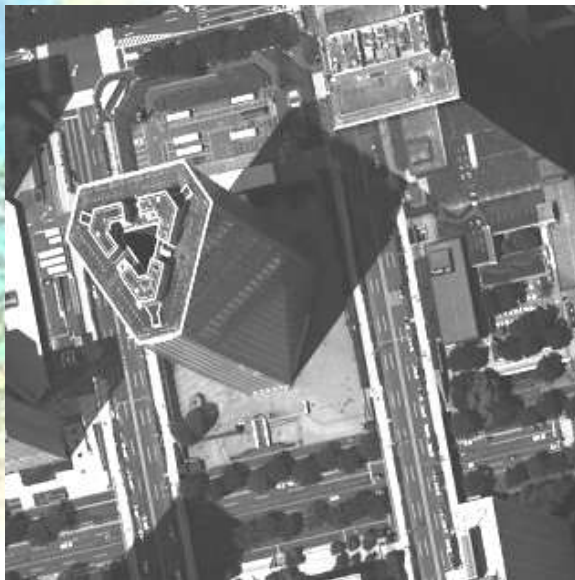


Compostas pelas linhas da vista do nadir

## Cena anterior



Compostas pelas linhas da vista anterior (vante)





# Processamento de Imagem

## Nível 0 Bruta

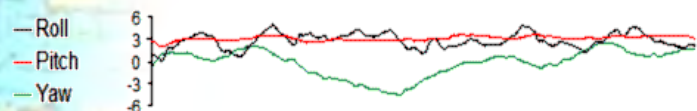
Sem plataforma giroestabilizada



## Nível 1 Retificada

Dados GPS e Inercial (IPAS)

Passível de visão estereocópica

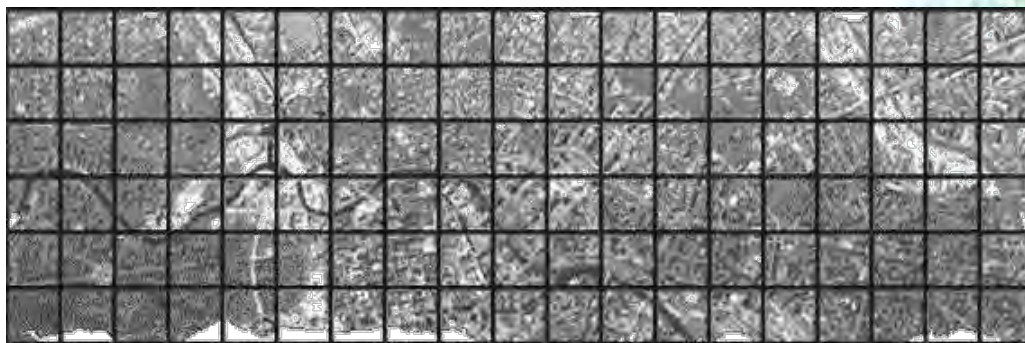


## Nível 2 Geocodificada

Aerotriangulação

Retificação diferencial

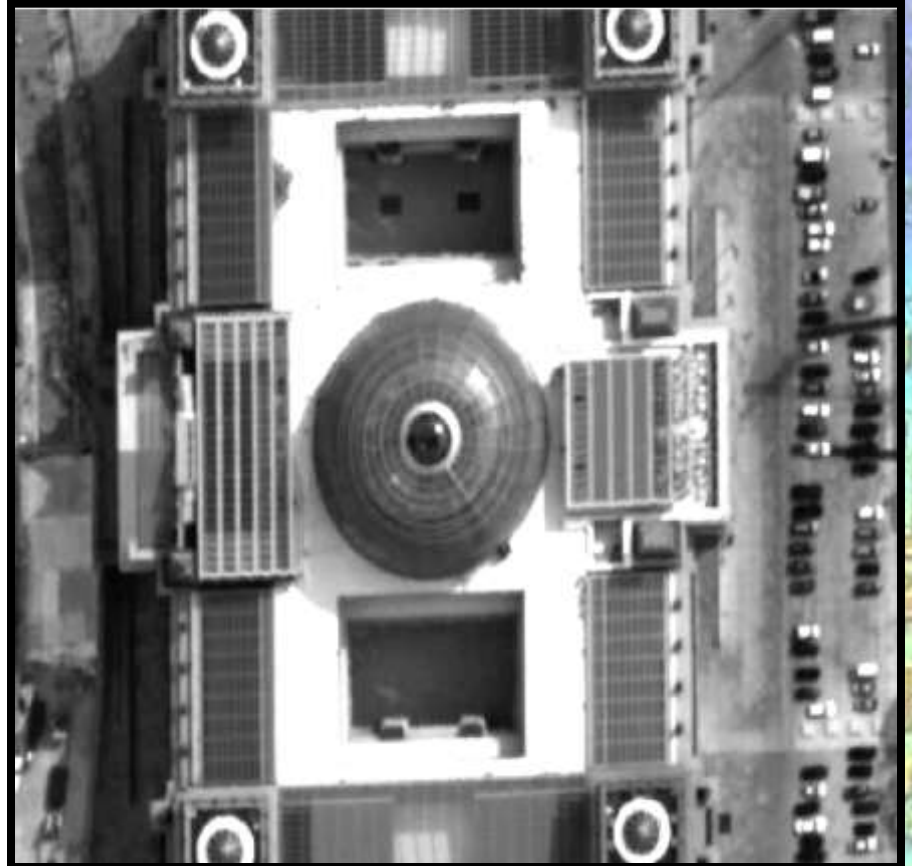
MDE, Restituição, Classificação



# Processamento de Imagem



**Nível 0**



**Nível 1**

# A Câmera ADS40 para Mapeamento ...



# Premissas Básicas

- **Atualização Tecnológica** e Sobrevivência;
- ESTEIO possui um sensor com **perspectiva central** de última geração (RMK TOP);
- **Outras opções** de utilização e mercado;
- Os custos são **equivalentes** para as três alternativas consideradas (ADS40, UltraCamD, DMC) – tecnologia fez a diferença;
- Os **programas fotogramétricos** que a ESTEIO utiliza trabalham com os dois tipos de sensores;
- Menor custo de **manutenção e calibração**:
  - Sensor sem componentes mecânicos (obturadores);
  - Uma única lente a ser calibrada.

# Confiabilidade e Tradição

Câmaras aéreas são produzidas pela LEICA desde 1935 ...



Wild RC5a



Wild RC7



Wild RC8



Wild RC9



Microprocessor Wild RC10A



Multiprocessor Wild RC20

**LEICA** produz atualmente vários equipamentos e softwares destinados ao Mapeamento.



**ALS 50 phase II**  
Perfilamento a LASER



**ADS 40**  
Câmara Aérea Digital



**DSW 700**  
Escaner Fotogramétrico



**RC 30**  
Câmara Aérea

# Aperfeiçoamento da Tecnologia



- Sensor Trilinear foi inventado pelo Dr. Otto Hoffman em 1972 ...
- **DPA** (Digital Photogrammetric Assembly) – **DASA** (Daimler-Benz Aerospace) – 1990;

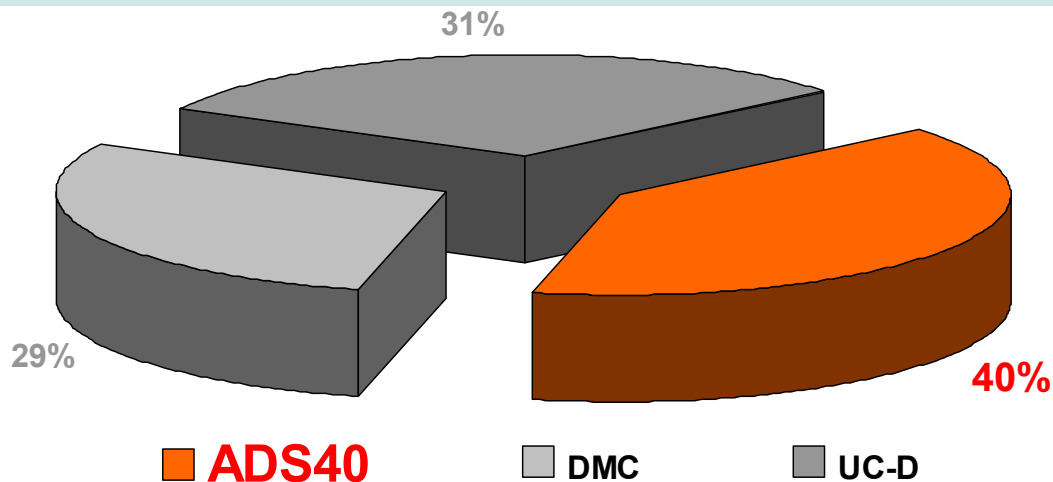
- **HRSC** (High Resolution Stereo Camera) – DLR (NASA Alemã) – 1995 (Missão Marte em 1996);
- **HRSC** foi utilizada pela empresa ISTAR para produção de dados para Telecom na Europa e EUA;



- O projeto da DLR foi adquirido pela **LEICA**, modificado (lentes telecêntrica, trichroid,...)
- Vem sendo aprimorado constantemente desde 1998 ...

# Distribuição no Mercado

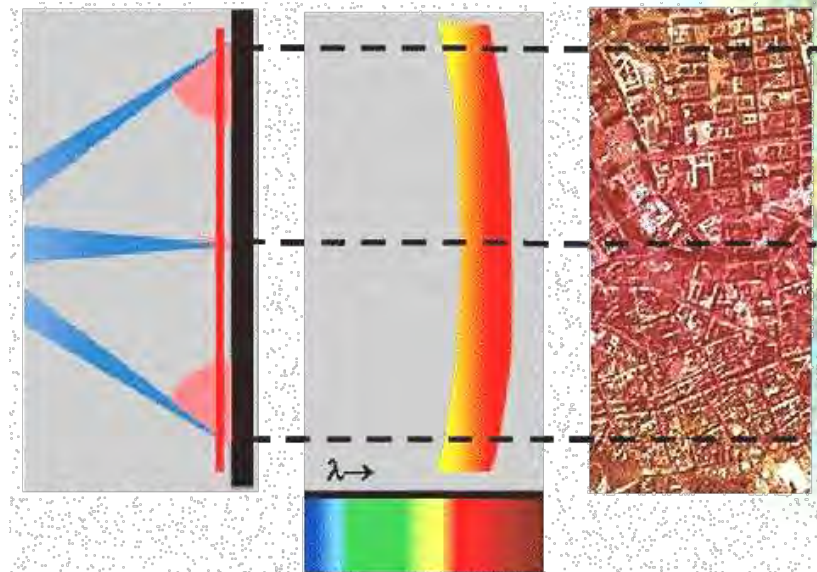
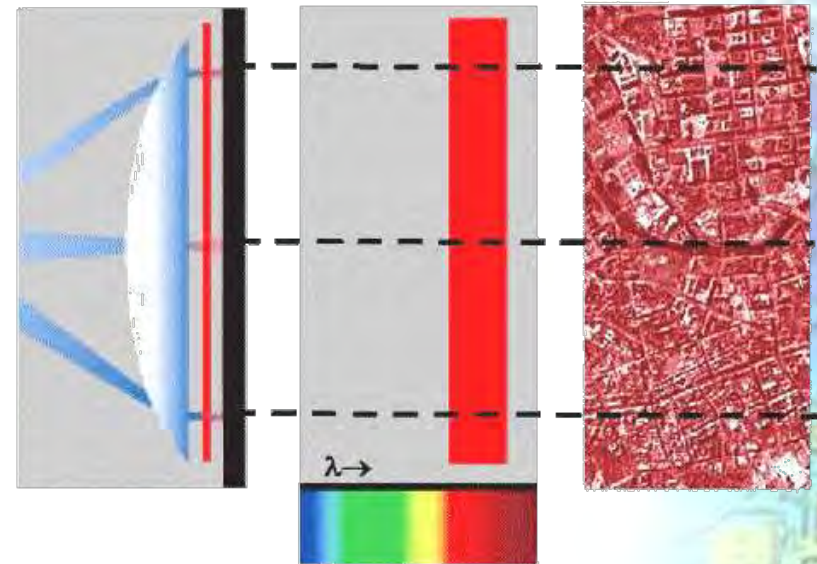
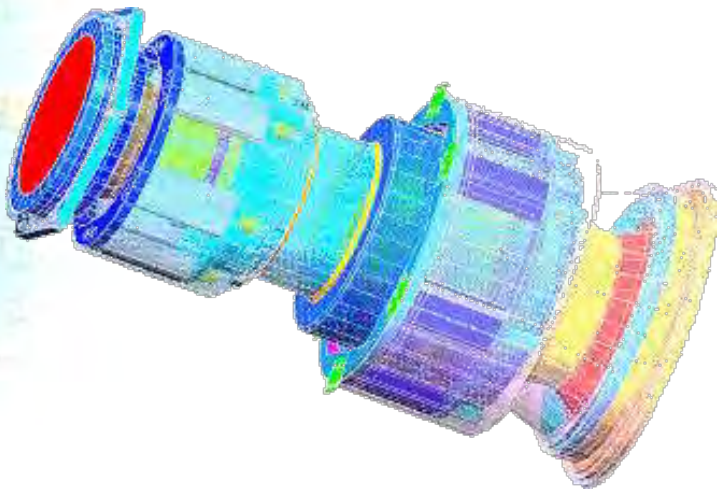
1.000 câmaras operacionais no mundo onde 10% são digitais ...



MERCADO	UNID	EUROPA	ORIENTE MËDIO	AFRICA	ASIA	JAPÃO / CORÉIA	AMÉRICAS
ADS40	42	8			12	3	19
DMC	31	9			10	4	8
UC-D	33	12	2	2	6	6	5
<b>TOTAL</b>	<b>106</b>	<b>29</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>13</b>	<b>32</b>

# Sistema de Lente Única (Telecêntrica)

- **Focal** = 62,7mm
- **Ângulo de campo** = 64°
- **Resposta espectral**  
420-900 nm
- **Resolução**  
~ 130 pares/mm
- **Precisão geométrica** 1 $\mu$ m





# Resolução Multiespectral

RC30

ADS40



26 cm pixel

30 cm pixel

RC30 27/07/2002

ESCALA 1: 19.000

ADS40 27/07/2002

# GSD Multiespectral

## Referência

**Pancromática  
12.000 pixels**



**GSD de 15 cm**

## Sensor Linear ADS40

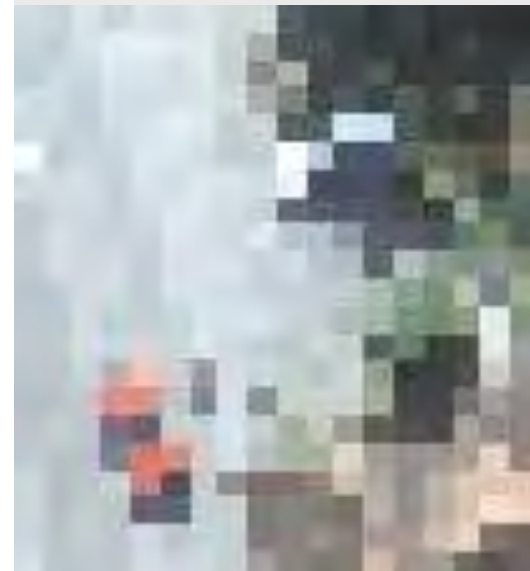
**Multiespectral  
12.000 pixels**



**GSD de 15 cm  
igual resolução  
pancromática**

## Sensor MATRICIAL

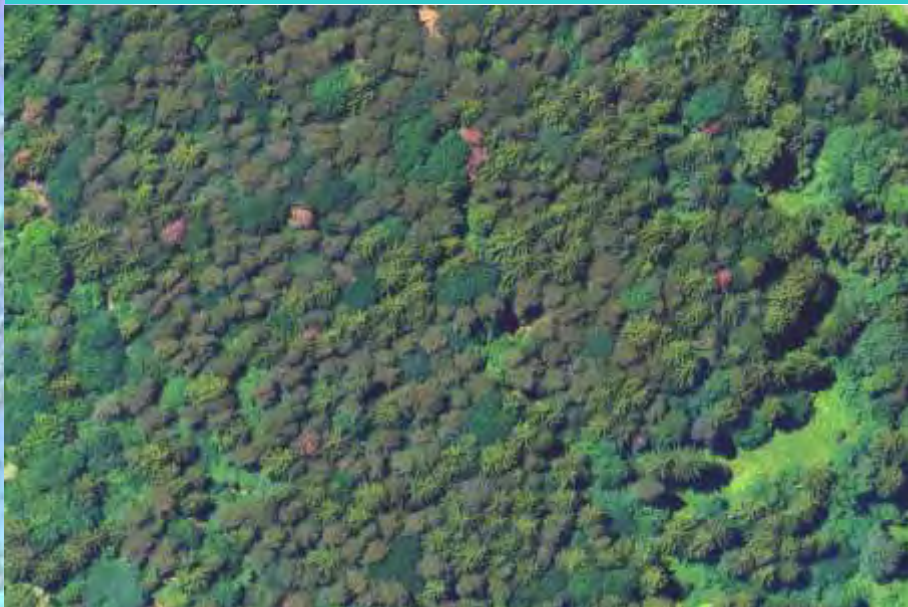
**Multiespectral  
4 e 3k pixels**



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

# Resolução Radiométrica

## Sensor Linear



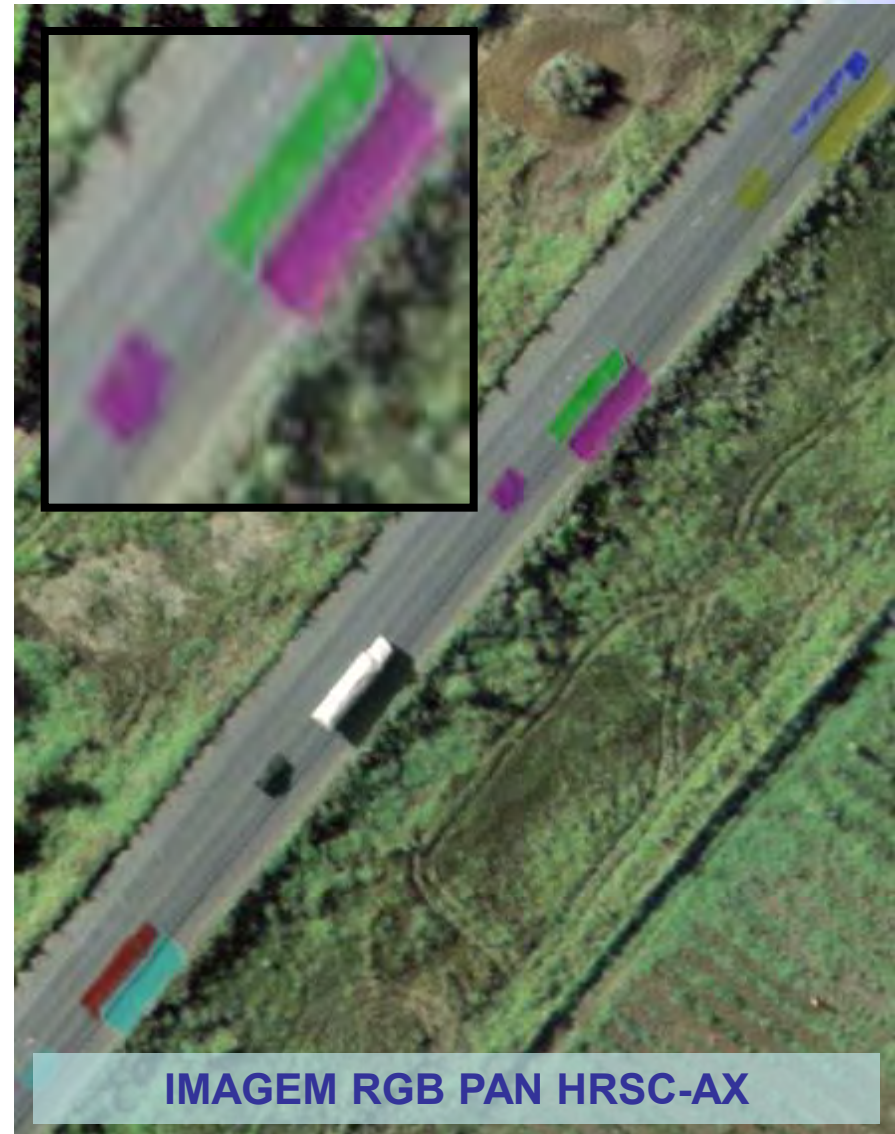
- **CCD** sem distorção de cores permite melhor interpretação da vegetação.

## Sensor Matricial



- Imagem com colorização (*pan-sharpening*) baseada em dados espectrais com 8 a 22 vezes menor resolução dificulta a interpretação de vegetação.

# Imagem RGB co-registrada



# Imagem RGB co-registrada

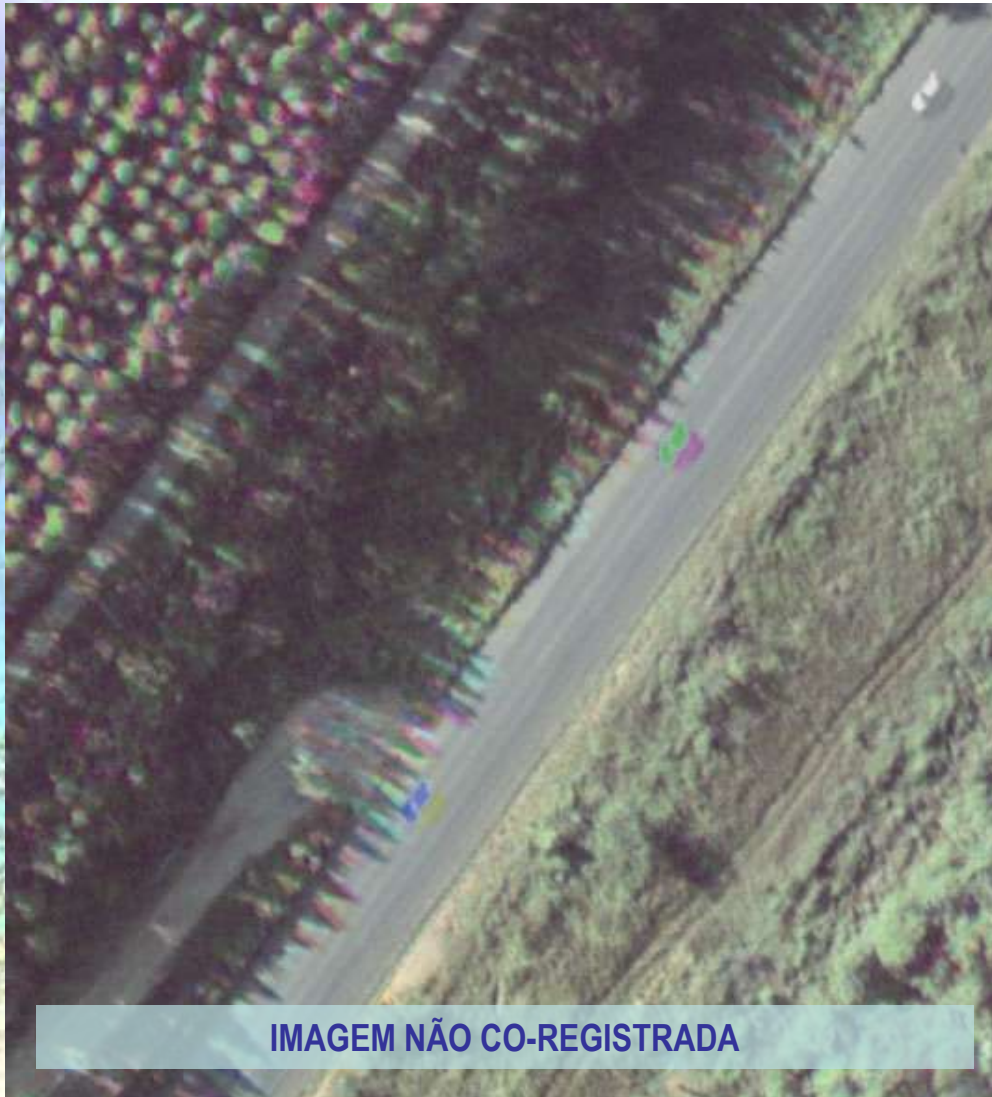
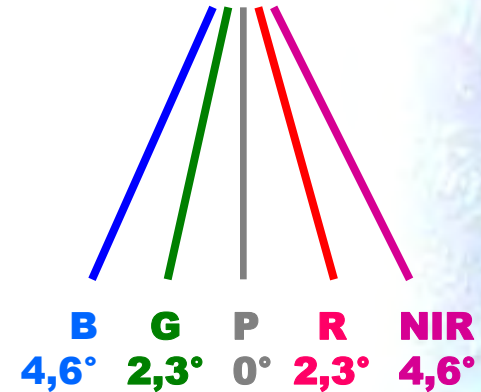


IMAGEM NÃO CO-REGISTRADA

## CONFIGURAÇÃO MATRICIAL



- $h=4.000\text{m}$  para GSD 25cm  
 $v=70\text{ m/s}$  (250km/h)
- Ângulo de 2,3°  
160m  $\rightarrow$  2,5 s
- 2,5s p/ obj a 100km/h  $\rightarrow$  80m

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

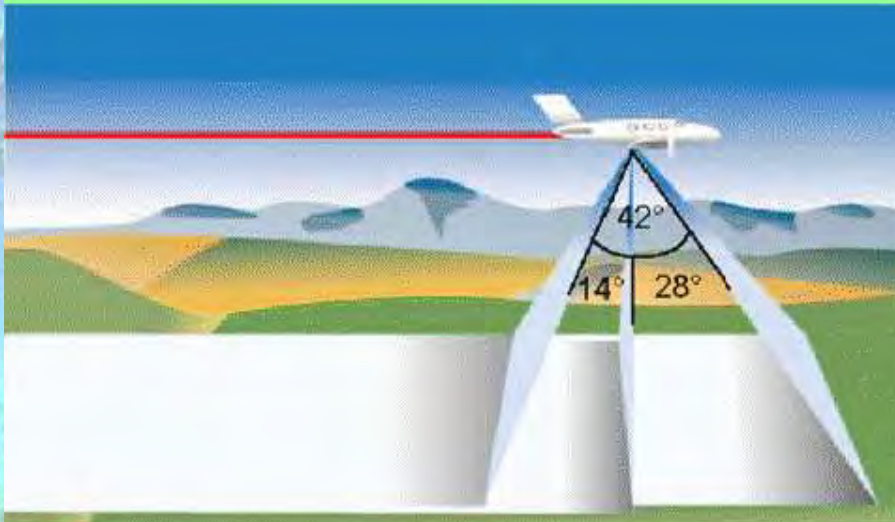


Imagem não co-registrada

# Relação B x h

## Perspectiva Linha Paralela

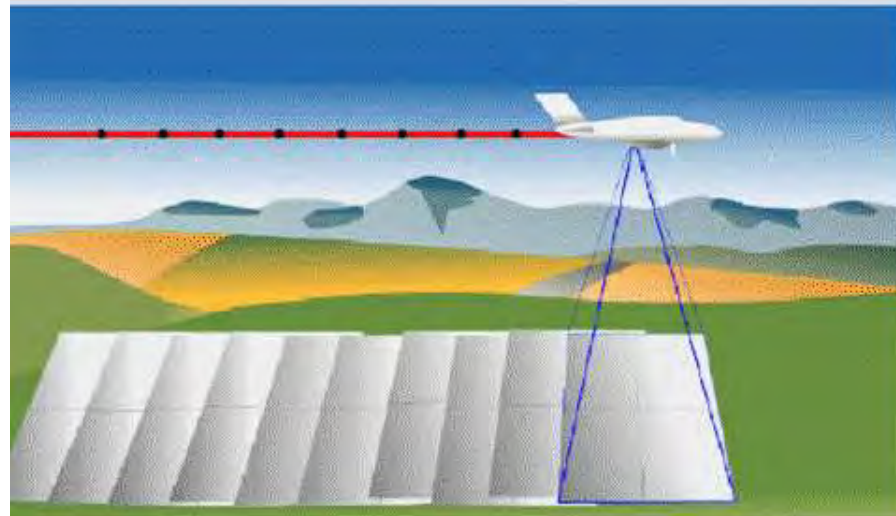
“Carpet” de pixels sem emendas  
100% de superposição



Ângulos estéreo 14°, 28° e 42°  
Relação B x h = **1,26**

## Perspectiva Central

Múltiplas imagens emendadas  
4 a 9 imagens fromam “frame”  
60% de superposição



Ângulos estéreo 15,5° e 17,5° @ 60%  
Relação B x h = **3,2 a 3,7**

Quanto menor a relação B x h, melhor a qualidade altimétrica

# Menor Distorção Perspectiva



RC30 Imagem RGB

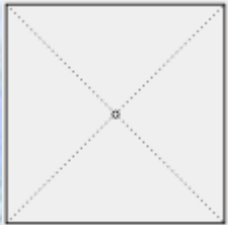


ADS 40 imagem PAN Nadir

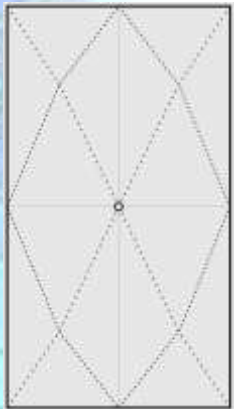




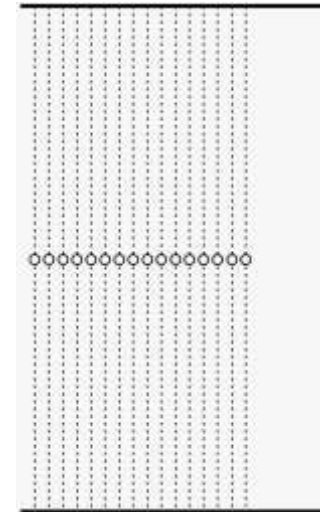
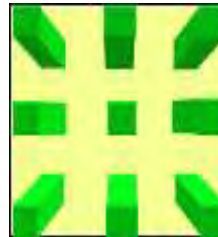
# Menor Distorção Perspectiva



**RMKTOP - RC30**  
23 x 23 cm  
Perspectiva central



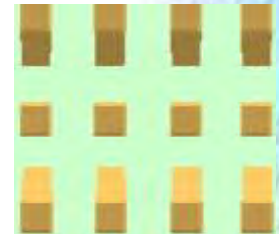
**DMC**  
23 x 13 cm  
4 imagens oblíquas



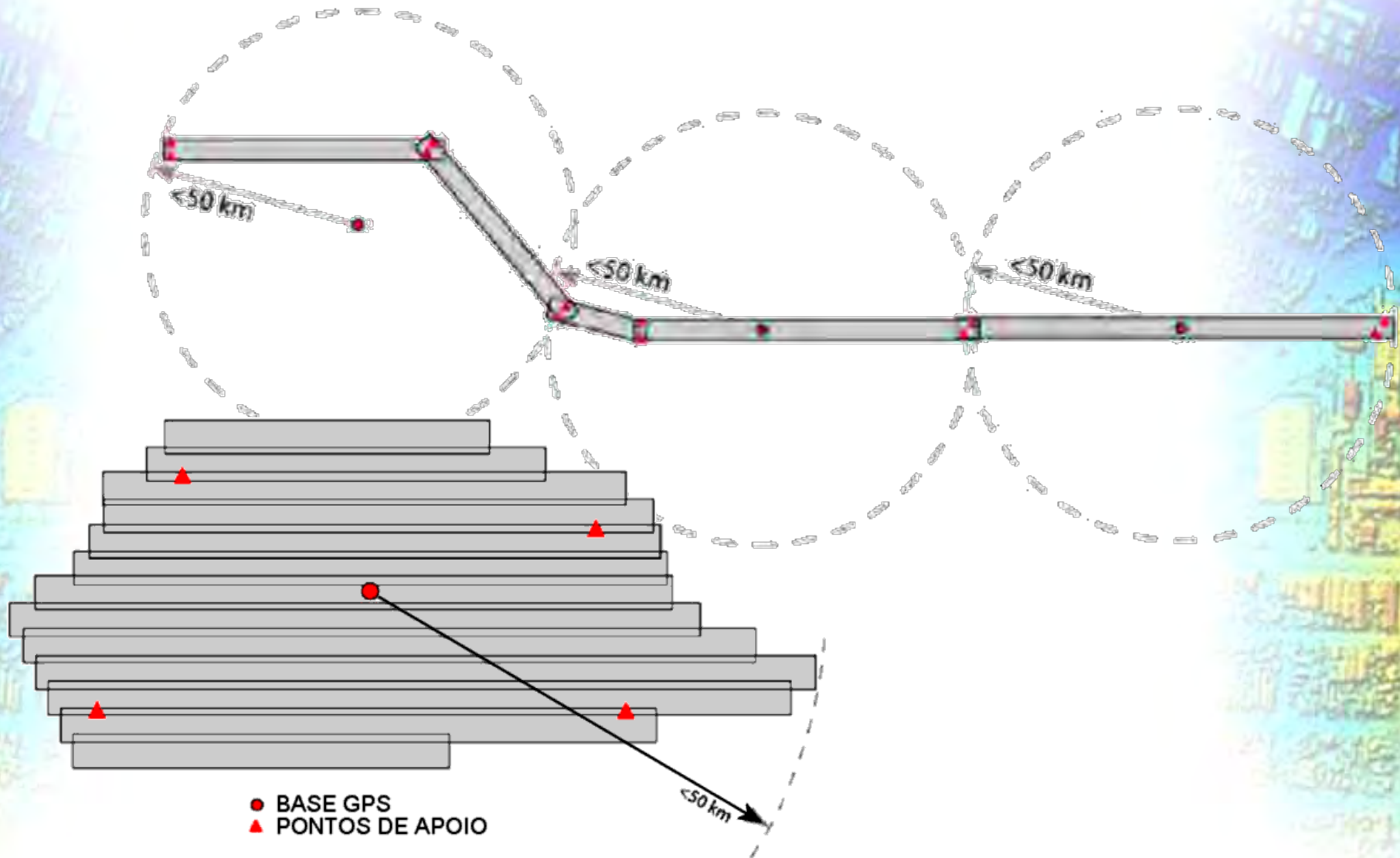
**ADS 40**  
23 cm x comp faixa  
Perspectiva Paralela



**ULTRACAM D**  
23 x 15 cm  
9 imagens verticais



# Diminuição de Apoio Terrestre



# Menor Número de Modelos Estéreo

- Um **modelo estereoscópico** por faixa de vôo.
- Visualização estereoscópica rápida, confortável e mais abrangente ...

**TABELA COMPARATIVA**

	<b>RMKTOP</b>	<b>ADS40</b>	<b>DMC</b>	<b>UCAM-D</b>	<b>HRSC-AX</b>
<b>Pxl CCD (µm)</b>	<b>25 *</b>	<b>6,5</b>	<b>12,0</b>	<b>9</b>	<b>6,5</b>
<b>Focal (mm)</b>	<b>153</b>	<b>62,5</b>	<b>120</b>	<b>100</b>	<b>153</b>
<b>FoV (°)</b>	<b>74</b>	<b>64</b>	<b>69</b>	<b>55</b>	<b>41</b>
<b>Escala vôo 1:</b>	<b>6.000</b>	<b>23.077</b>	<b>12.500</b>	<b>16.667</b>	<b>23.077</b>
<b>GSD (m)</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>
<b>Altura vôo (m)</b>	<b>918</b>	<b>1.440</b>	<b>1.509</b>	<b>1.657</b>	<b>2.407</b>
<b>Lado trv (m)</b>	<b>1.380</b>	<b>1.800</b>	<b>2.073</b>	<b>1.725</b>	<b>1.800</b>
<b>Lado lng (m)</b>	<b>1.380</b>	<b>Faixa</b>	<b>1.152</b>	<b>1.125</b>	<b>Faixa</b>
<b>Modelo (m)</b>	<b>828</b>	<b>Faixa</b>	<b>691</b>	<b>675</b>	<b>Faixa</b>
<b># Modelos</b>	<b>1</b>	<b>contínuo</b>	<b>1,20</b>	<b>1,23</b>	<b>contínuo</b>

\* Pixel do escaner

# Menor Número de Modelos Estéreo



MODELO DO SENSOR LINEAR



MODELOS DO SENSOR MATRICIAL

# Escalas de Mapeamento

GSD médio com ADS40	Escala do Mapa	Padrão		Comparável com fotos em filme	
		EMQ x-y	Equid	Escala da Foto	Tam Pxl no terreno (filme escaneado)
5-10 cm	1:500	0,125 m	0.25 m	1:3.000 1:5.500	2,5-5 cm
20-30 cm	1:2.000	0,50 m	1m	1:8.000 1:11.000	10-15 cm
30-50 cm	1:5.000	1,25 m	2,5 m	1:12.000 1:18.000	15-25 cm
40-60 cm	1:10.000	2.50 m	5m	1:17.000 1:27.000	20-30 cm
50-80 cm	1:25.000	6,25 m	12,5 m	1:28.000 1:42.000	25-40 cm
<b>50-100 cm</b>	<b>1:50.000</b>	<b>12,5 m</b>	<b>20 m</b>	<b>1:40.000 1:60.000</b>	<b>25-50 cm</b>
50-100 cm	1:100.000	25 m	50 m	1:60.000 1:90.000	25-50 cm

# Escalas de Mapeamento



Jul-06

PAN - GSD 6cm – h=580m – 11/2003 - Stuttgart

# Escalas de Mapeamento



Jul-06

RGB - GSD 9cm – h=900m – 05/2005 - China

# Escalas de Mapeamento



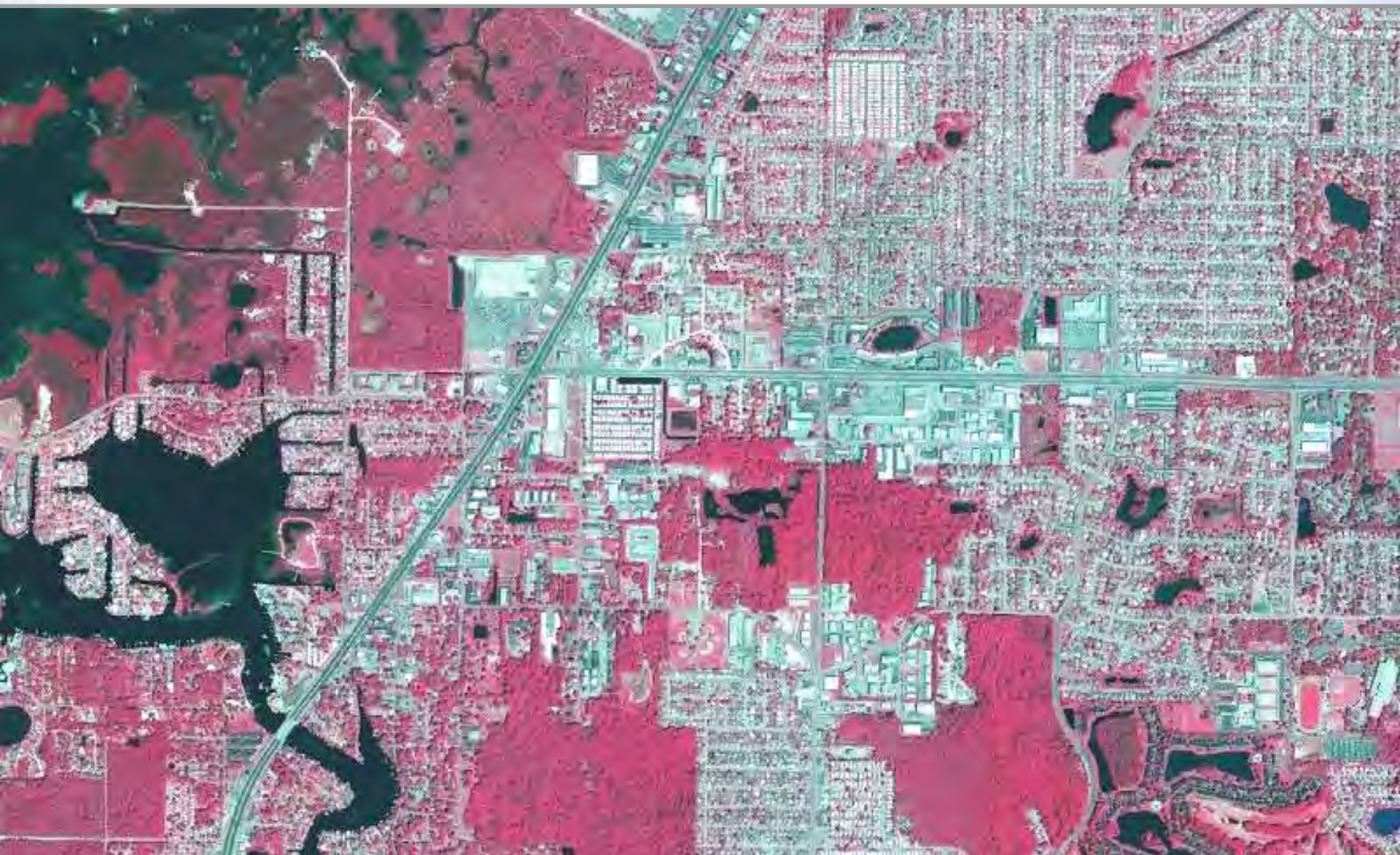
Jul-06

RGB - GSD 30cm – h=3.000m – 06/2005 - Beijing





# Escalas de Mapeamento

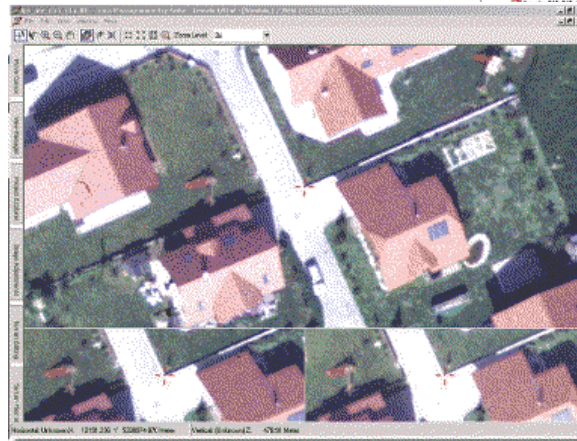
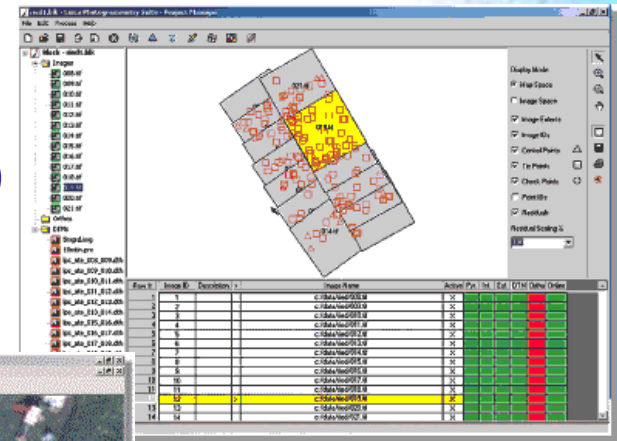


Jul-06

IR - GSD 70cm - h=7.000m - 06/2004 - Tampa,FL

# Programas

- Os parâmetros de orientação do sensor ADS40 são disponibilizados pela LEICA;
- Programas que utilizam 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 e Convencional)
  - DIGI
  - ISM
  - KLT
  - Z/I Imaging
  - DVP (futuro próximo)



# Qualidade Horizontal e Vertical

## Resultados obtidos pela Universidade de Stuttgart em 2004

	dE	dN	dh
EMQ [m]	<b>0,052</b>	<b>0,054</b>	<b>0,077</b>
Média [m]	0,000	-0,022	0,045
Máx [m]	0,133	0,188	0,242

GSD 15 cm – h=1.500 m – 12 ptos controle – 198 ptos testados

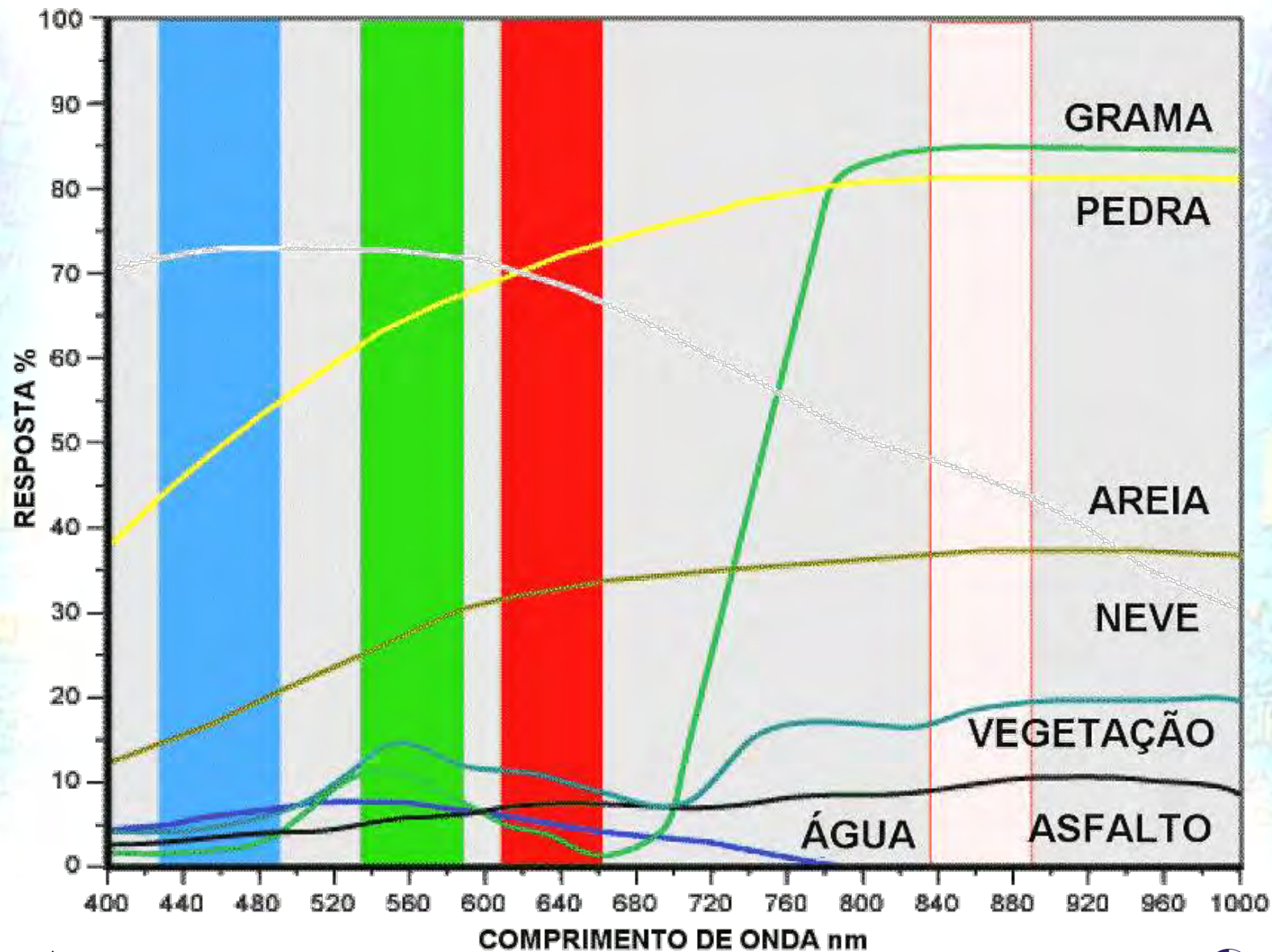
	dE	dN	dh
EMQ [m]	<b>0,110</b>	<b>0,086</b>	<b>0,158</b>
Média [m]	0,094	-0,064	0,142
Máx [m]	0,242	0,256	0,351

GSD 15 cm – h=1.500 m – 0 ptos controle – 202 ptos testados

STUTT GART UNIVERSITY (ifp)

Fonte : Innovations to Increase Productivity of Airborne Sensors  
Peter Fricker & Doug Flint , PHOWO 2005

# Resposta Espectral



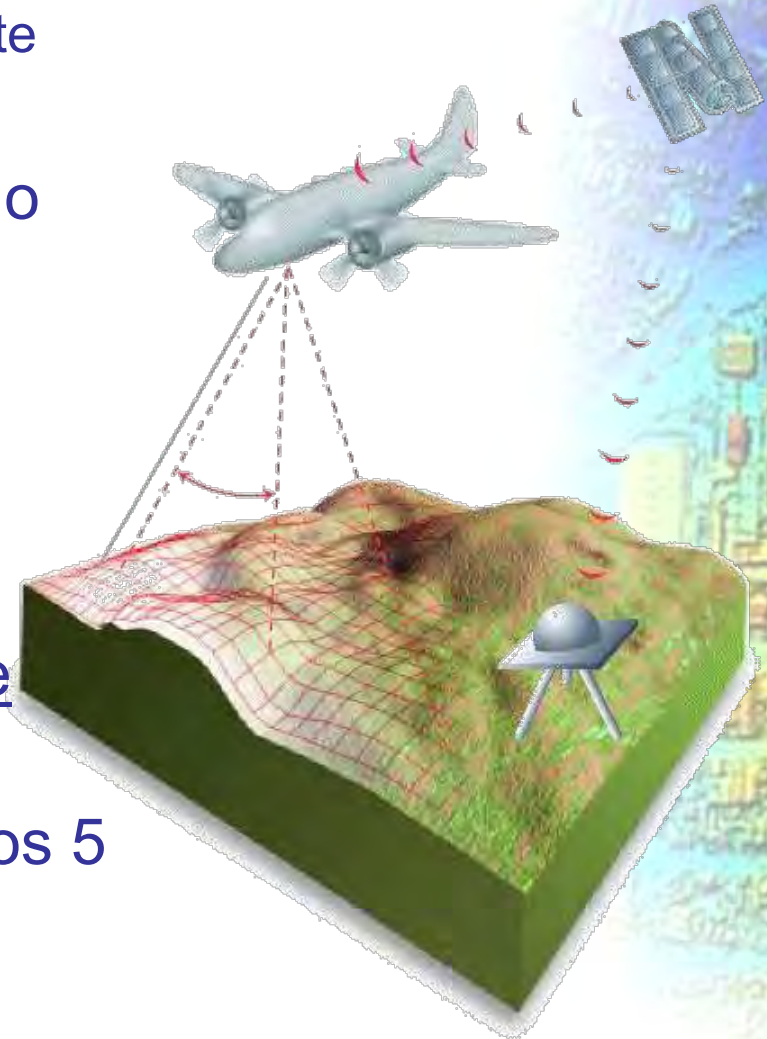
# O Perfilador a LASER ALS50 para Mapeamento ...

# Introdução

- Perfilamento a LASER Aerotransportado (ALS - Airborne LASER Scanning)
  - Ultrapassa a primeira década de existência comercial.
- Estado Atual
  - ALS fundamentado como uma ferramenta viável e valiosa para o cartógrafo;
  - Coleta de dados de elevação e retificação de ortofotocartas.
- Cartografia “acomodou” a tecnologia
  - Ferramenta de qualidade altimétrica - domínio da Fotogrametria Analítica.

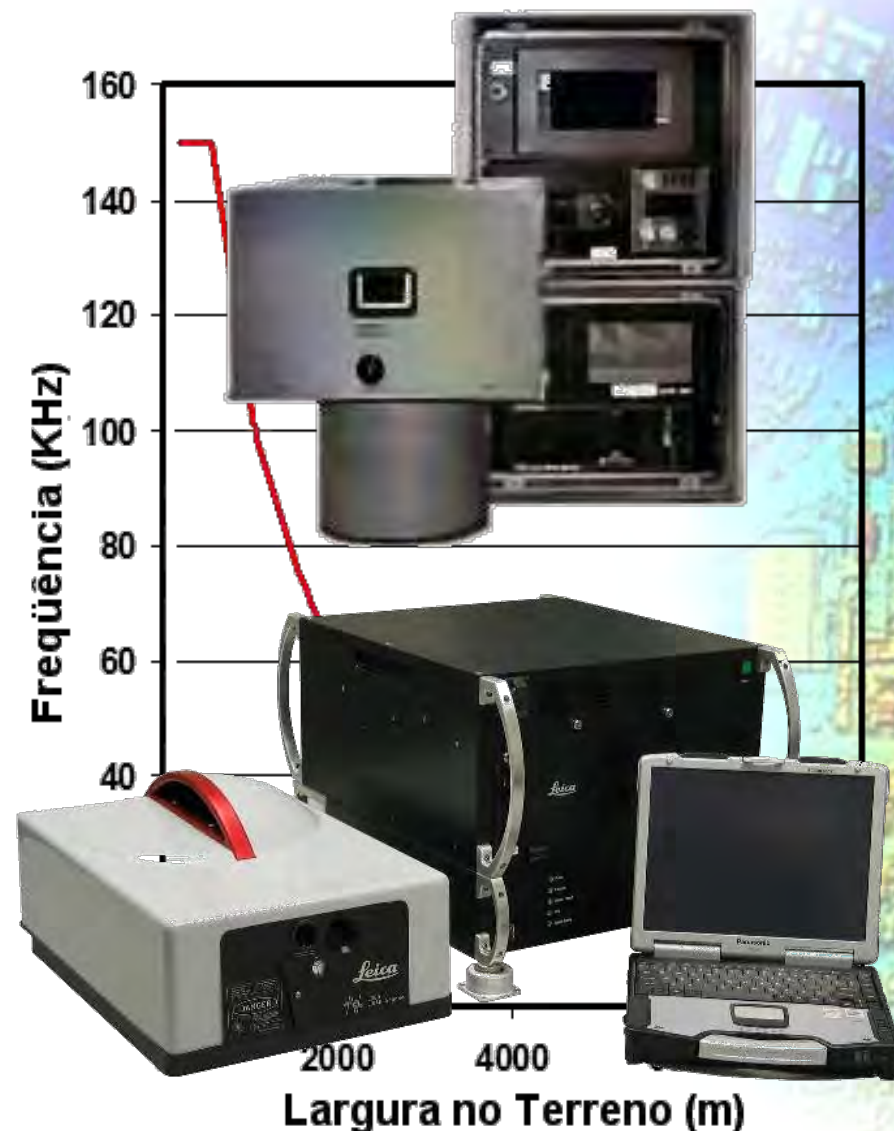
# Mundo ALS

- **Cenários**
  - MDT's em áreas não economicamente viáveis para Fotogrametria;
- **Maiores fabricantes** na disputa do mercado cartográfico
  - maior capacidade de varredura;
  - maior altura de trabalho;
  - melhor detecção de pulsos refletidos;
  - facilidade e segurança de operação.
- **Lançamentos** obedecem a Lei de Moore
- **Crescimento contínuo** nos últimos 5 anos
  - **US\$ 330 milhões** em 2005.



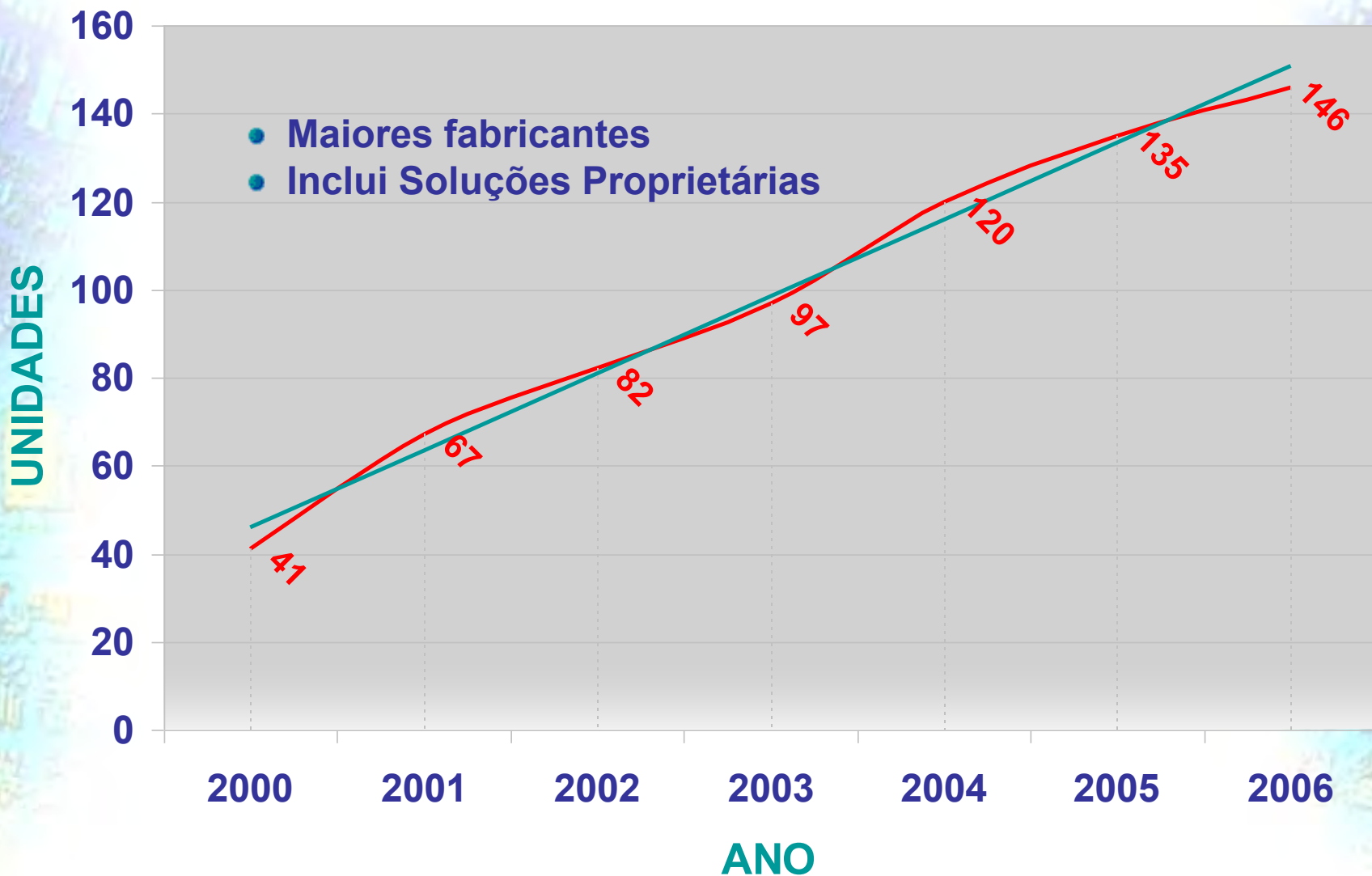
# Evolução

ANO	f (KHz)	H (m)
1993	2	1.000
1995	5	1.200
1998	10	2.000
1999	25	2.000
2001	33	3.000
2002	50	3.000
2003	70	3.000
2004	100	4.500
2006	150	6.000

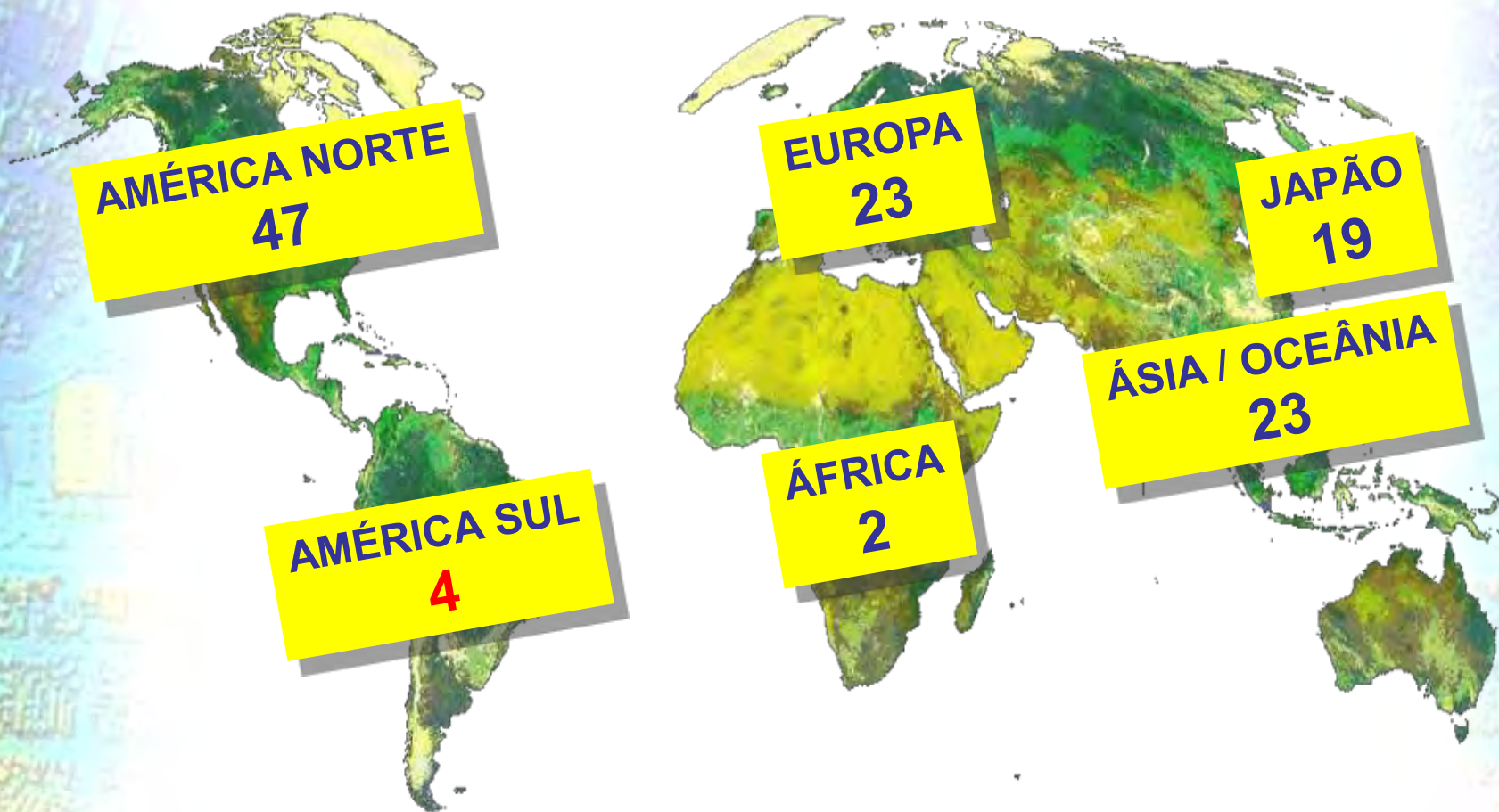




# Unidades Produzidas



# Equipamentos ALS



**TOTAL = 118**

Fonte : Maiores Fabricantes

# Inovações

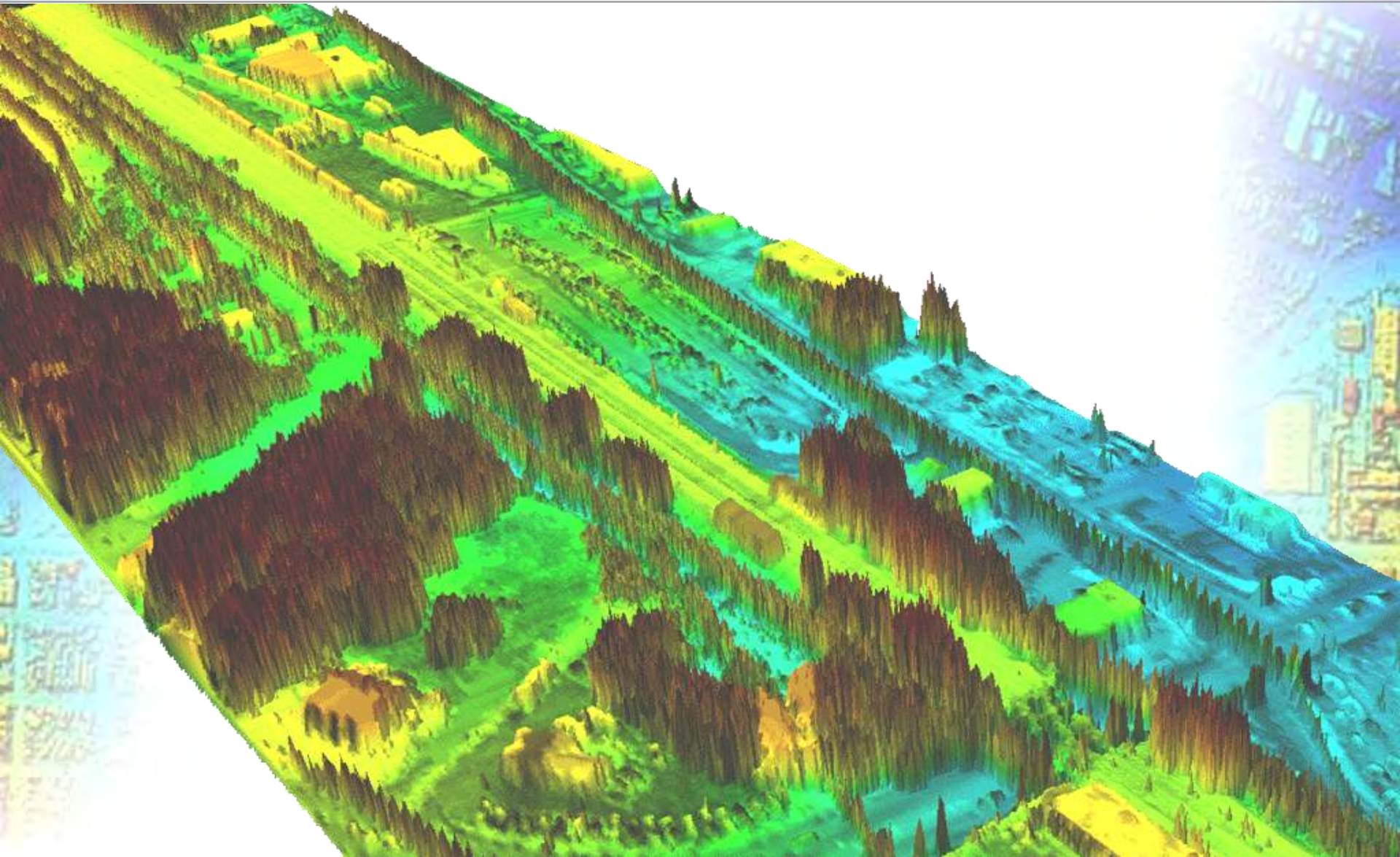
- Maior densidade de pontos (150 KHz)
- Maior ângulo de abertura (75°)
- Frequência de operação variável em modo contínuo de acordo com altitude
- Operação até 6.000 m de altura sem uso de lentes auxiliares
- Maior qualidade nos pulsos LASER nas extremidades da faixa
- Melhor qualidade horizontal (1:5.500 de H; 1:10.000 de H)
- Maior abertura óptica detecta alvos menores a alturas mais altas
- Menor perda de pulso em alvos de baixa reflexão
- Escaner de alta qualidade permite maiores velocidades em aeronaves, mantendo espaçamento dos pontos (frequência de varredura de 90Hz)

# Exemplos

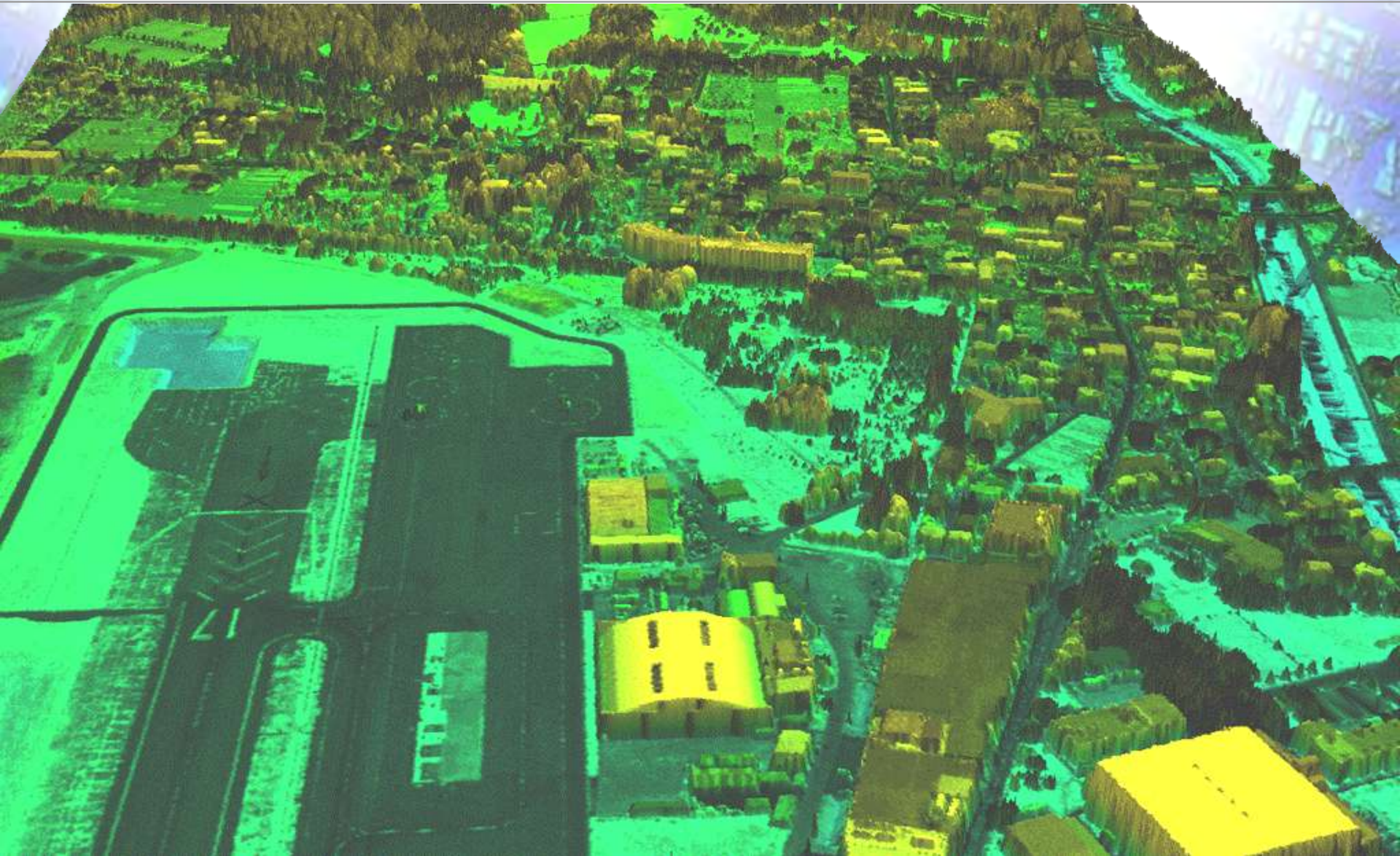


Jul-06

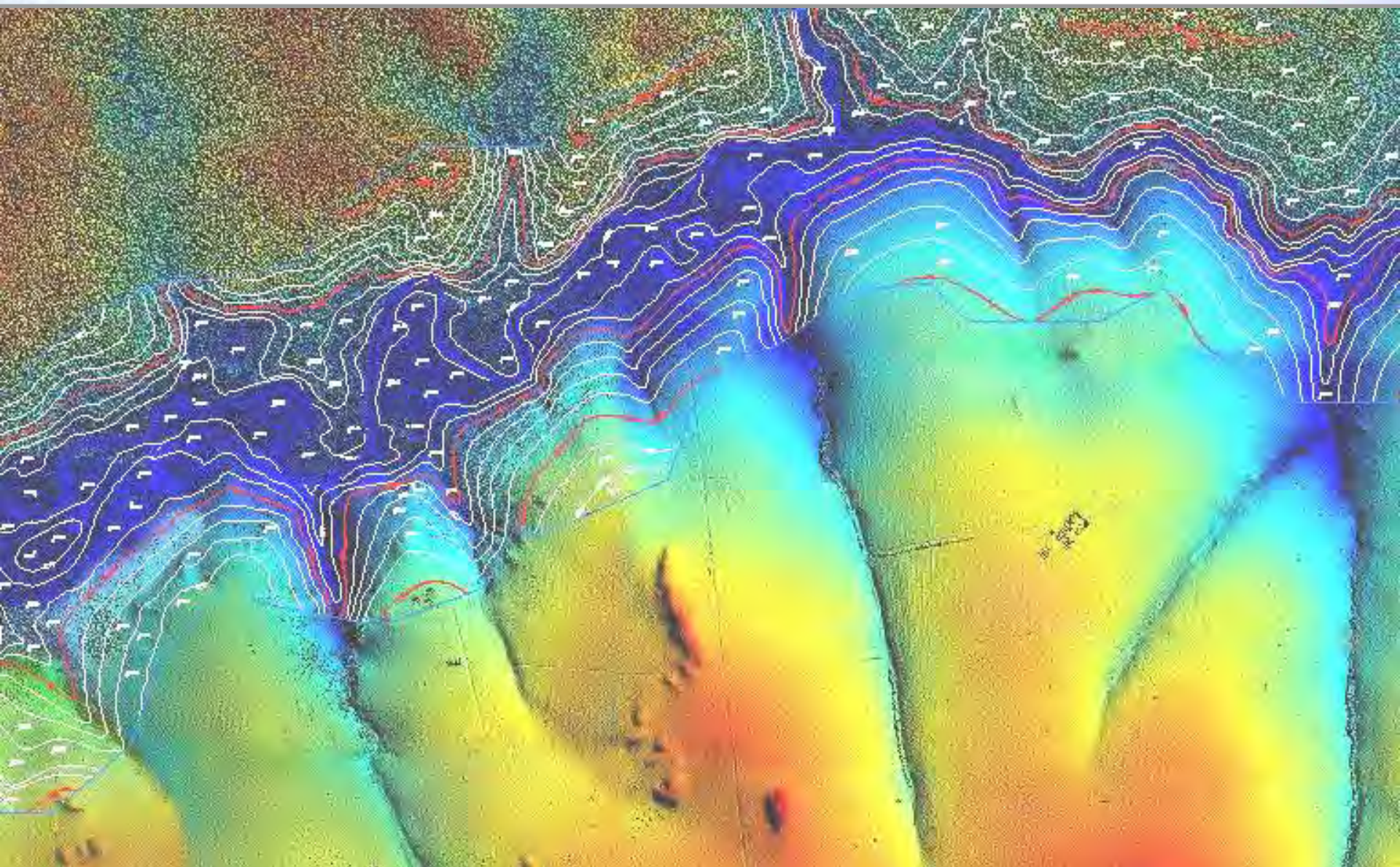
# Exemplos



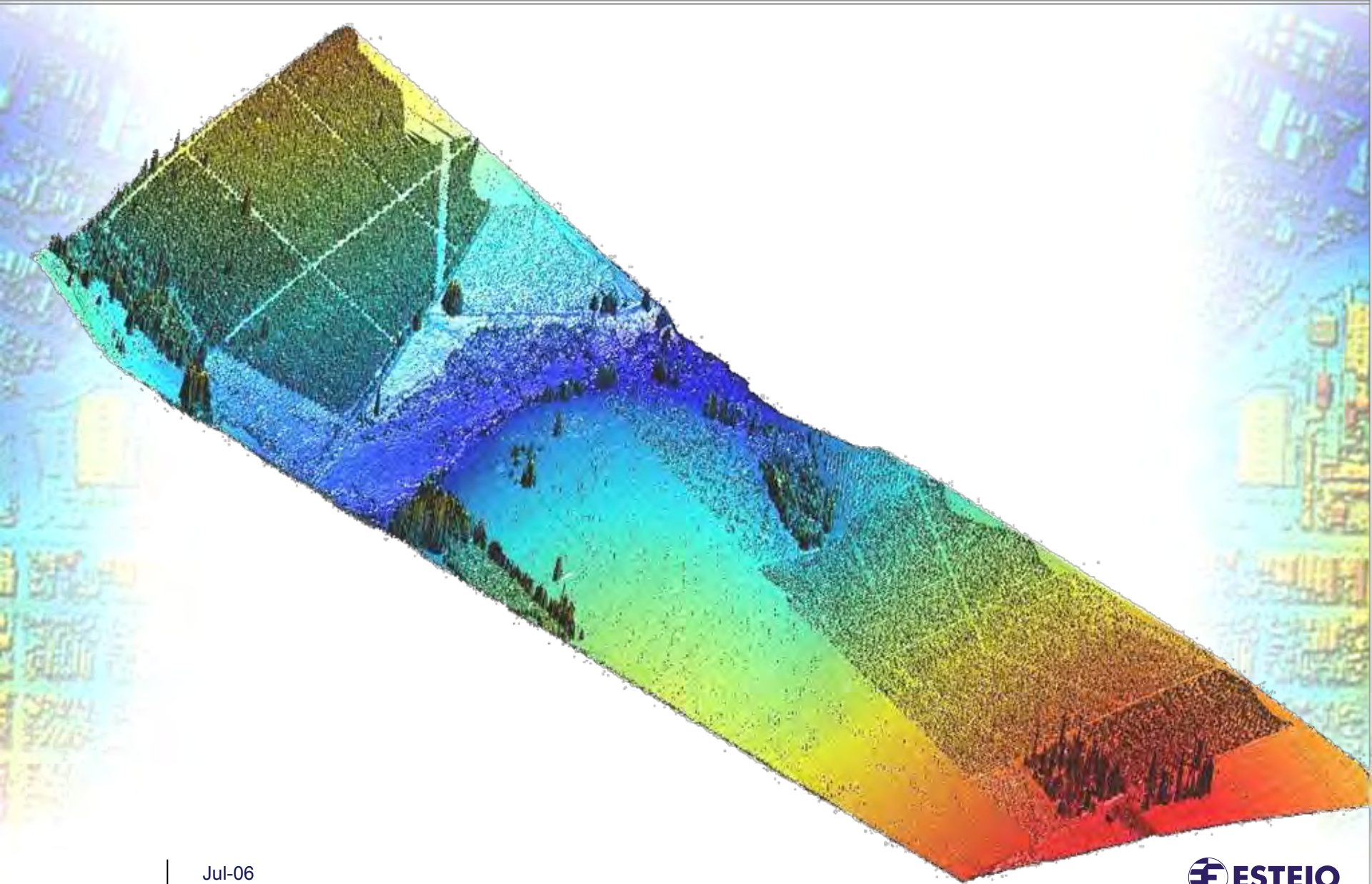
# Exemplos



# Exemplos

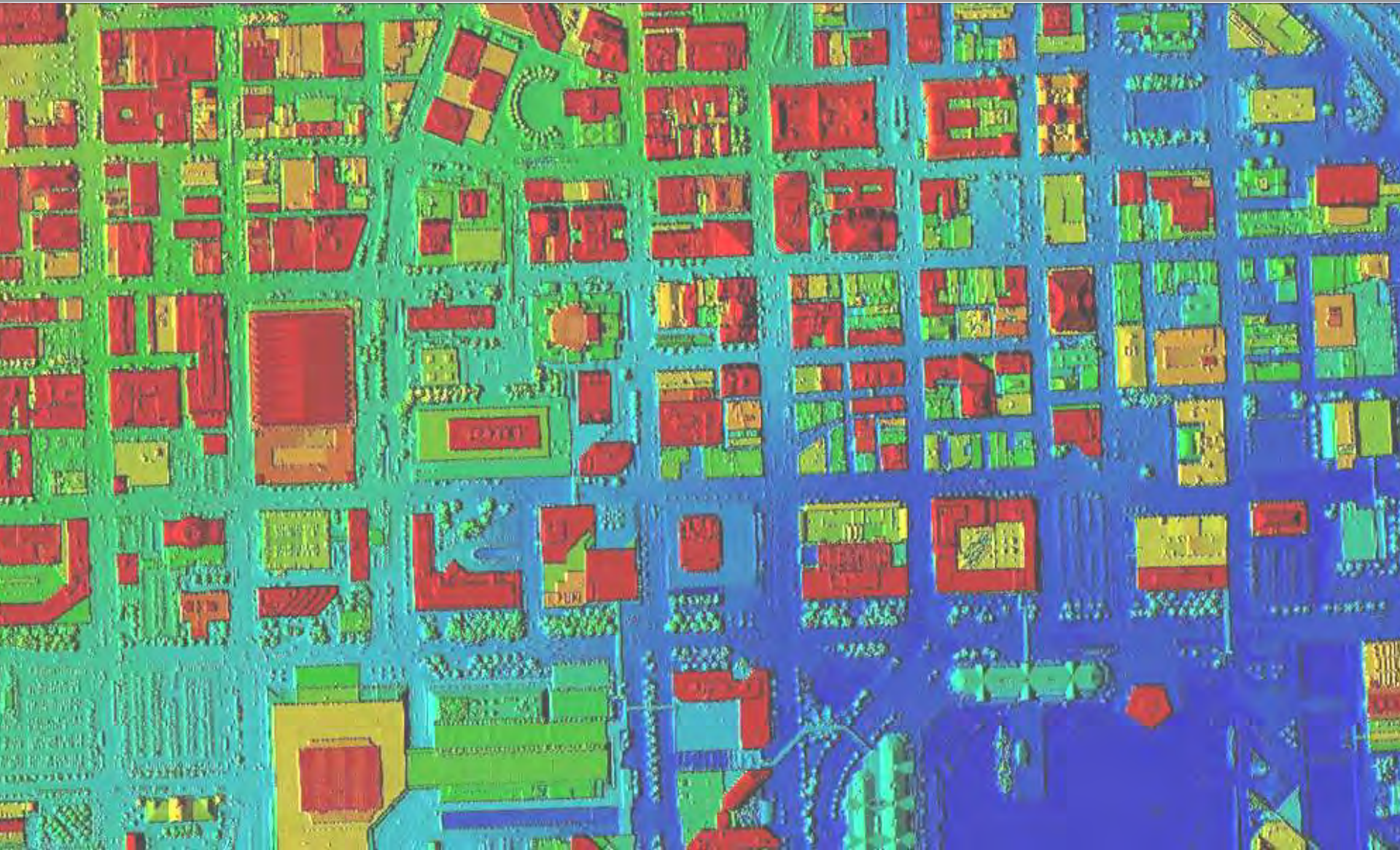


# Exemplos





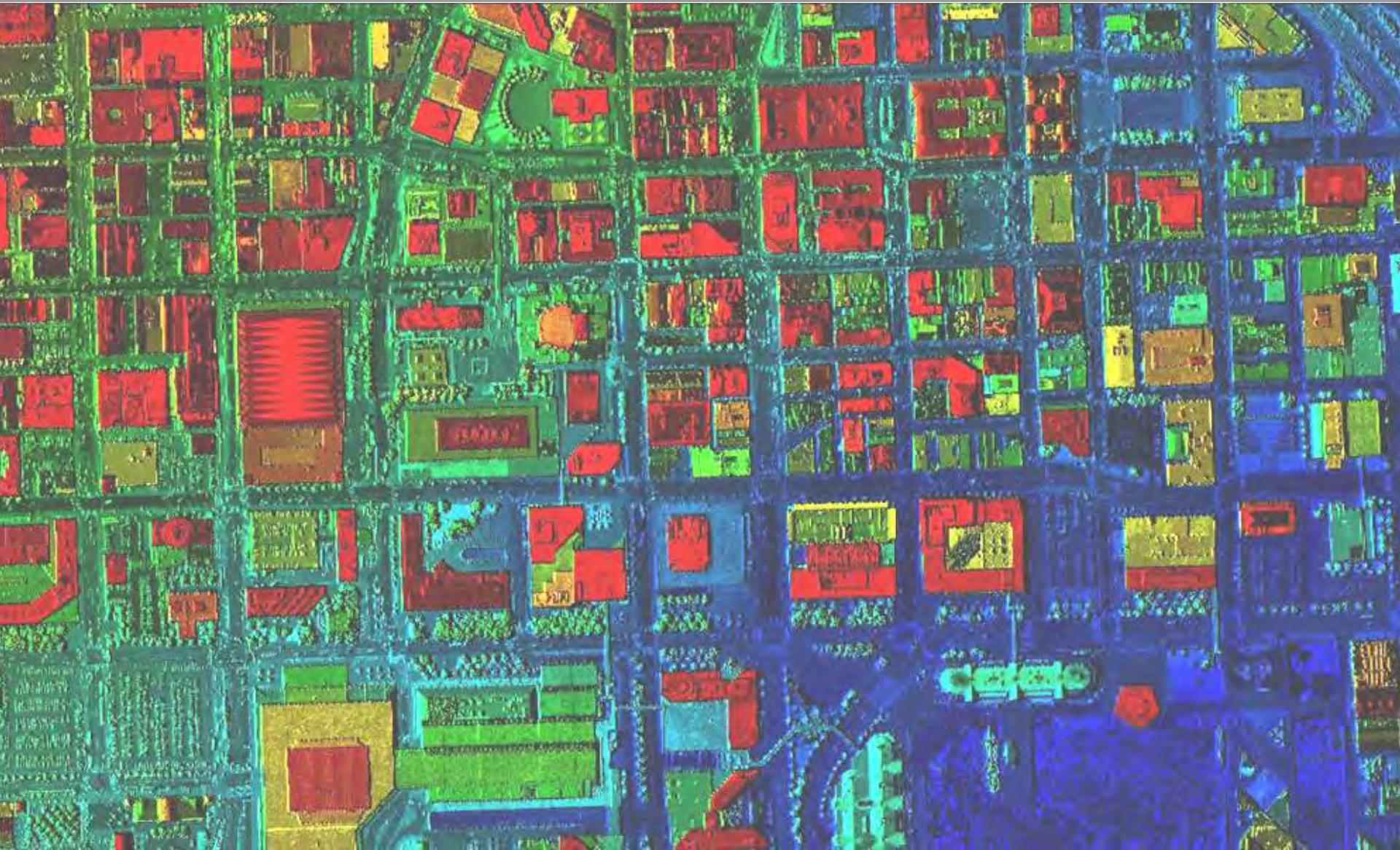
# Exemplos



# Exemplos

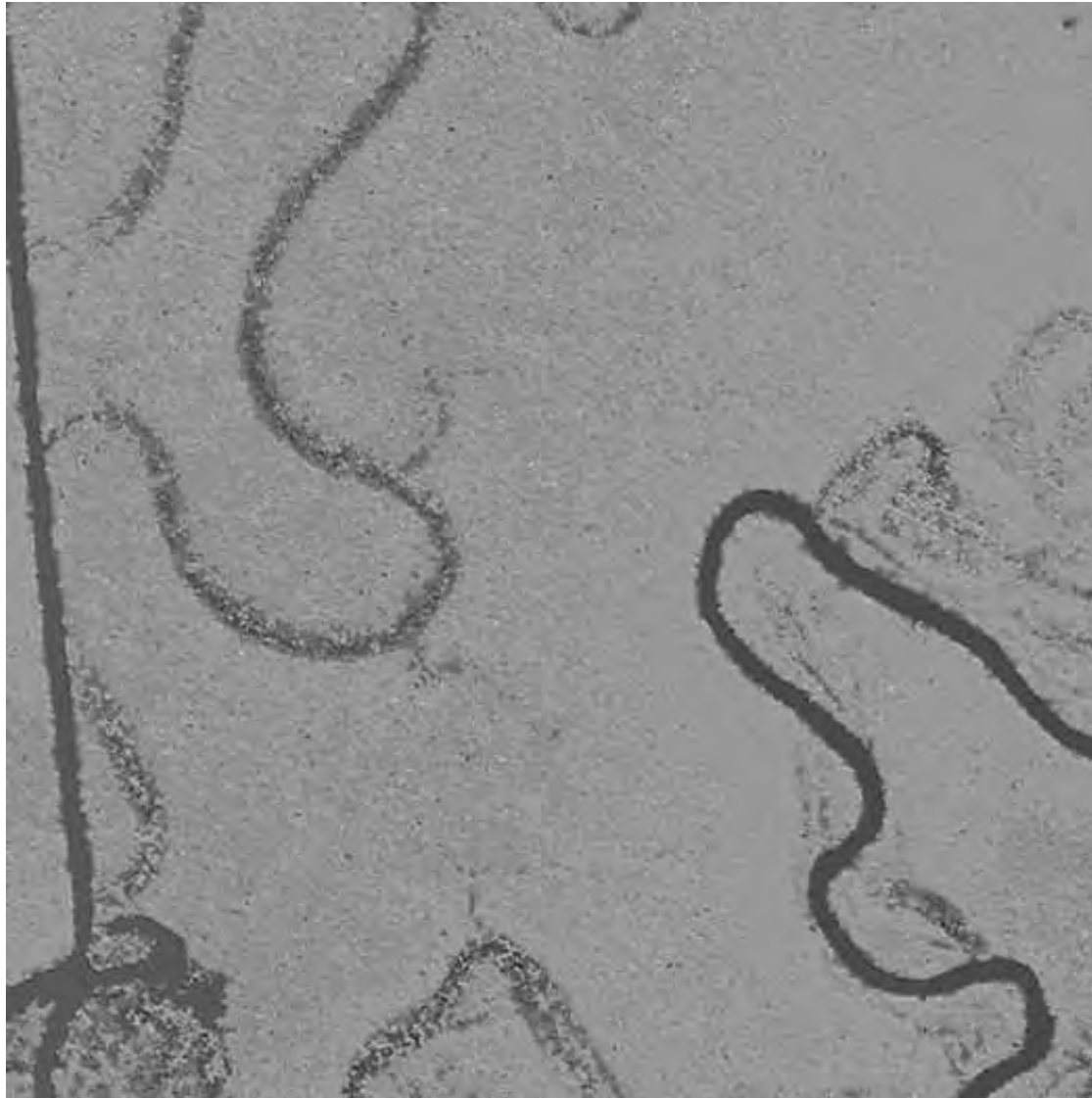


# Exemplos



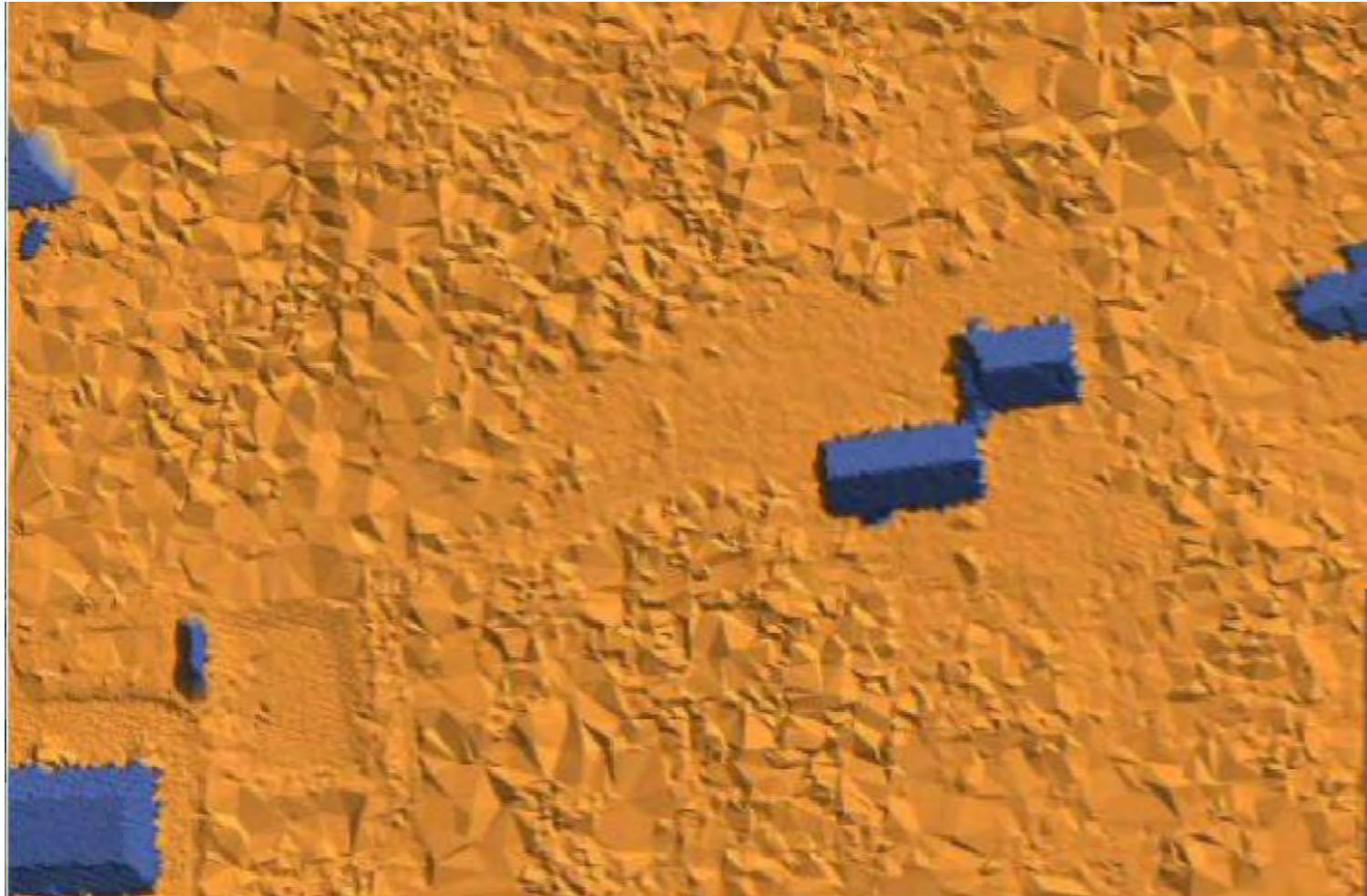
# Mapeamento de Feições “Ocultas”

- Meandros antigos ocultos pela vegetação.



# Mapeamento de Feições “Ocultas”

- Artefatos sob a vegetação.



# Vantagens e Desvantagens

- **Vantagens**

- Diminui prazos e custos, comparado com Fotogrametria
- Aumenta a versatilidade de condições de tempo, cobertura de vegetação e acesso ao local

- **Desvantagens**

- Não vai atender todas as necessidades de todos os usuários, que é o resumo de:
  - "superestima da capacidade do sensor"
    - QUALIDADE H e V e TOLERÂNCIAS PARA CADA TERRENO;
  - "conhecimento parcial de Geodésia e GPS“;
  - "desempenho do sensor" e
  - "tamanho dos dados"

# Qualidade do Perfilamento a LASER

- Logística necessária
  - aeronave, sensor, processamento *in loco*, conhecimento do local e parâmetros de configuração.
- Importância de controle de campo
  - distribuição, constelação, *Datum*.
- Acompanhamento de imagem
  - foto, vídeo ou intensidade.
- Reflexão e penetração na vegetação
  - sub-vegetação, veículos, pontes, água ...
- Volume grande de dados
  - formato e programas para manipulação.

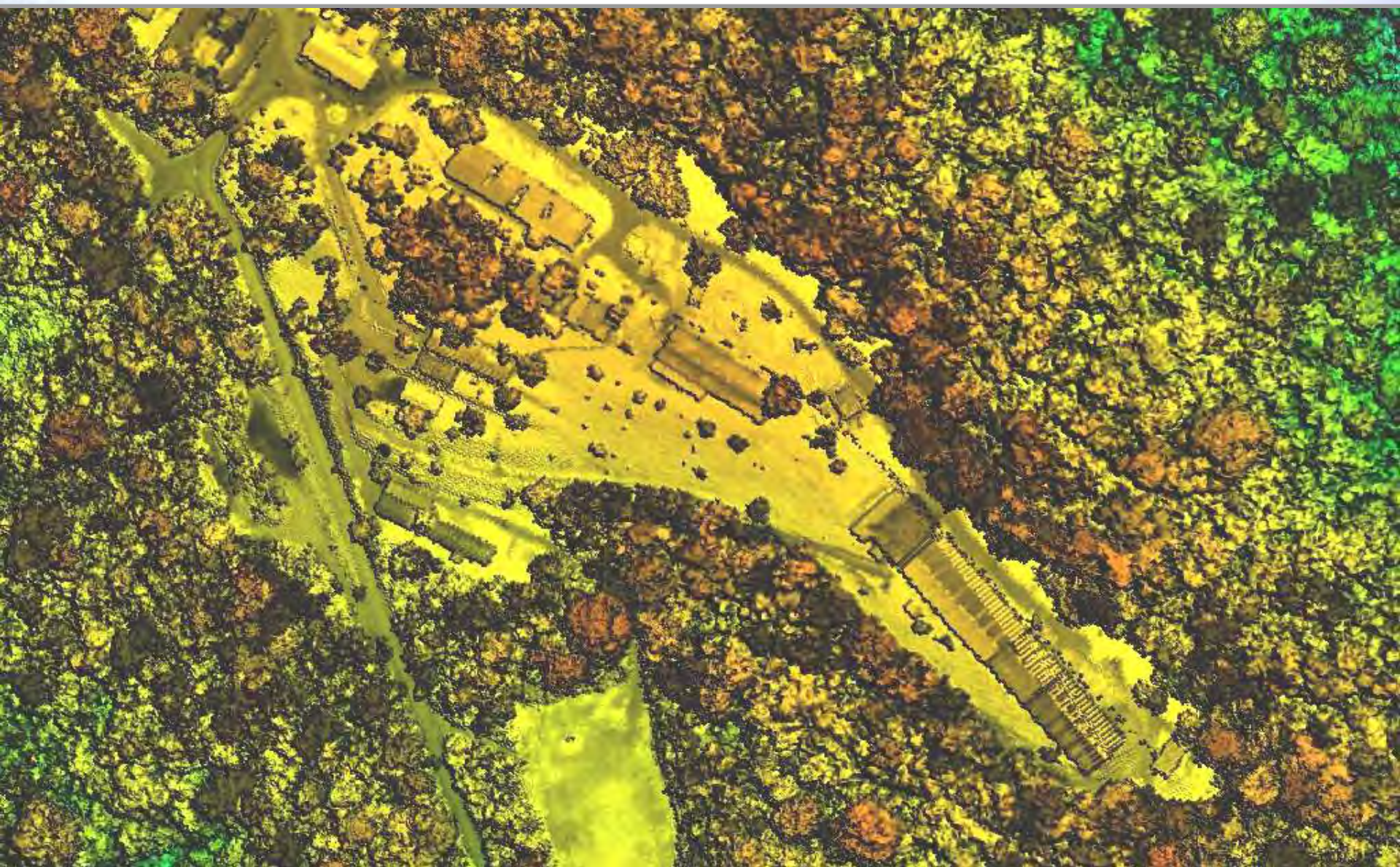
# Qualidade do Perfilamento a LASER

- Áreas com Artefatos (vegetação);
  - 10% a 35% de “last pulse”.
- Áreas de Estudo para Mineração
  - Plantas 1: 5.000 – Curvas 5m
  - Avaliados aprox 5.000 pontos
  - Comparação com seções transversais topográficas espaçadas de 50m com piqueteamento de 20m
  - Grid LASER de 5 m

Média	Maior Diferença
0,34 m	1,82 m



# Áreas Florestadas

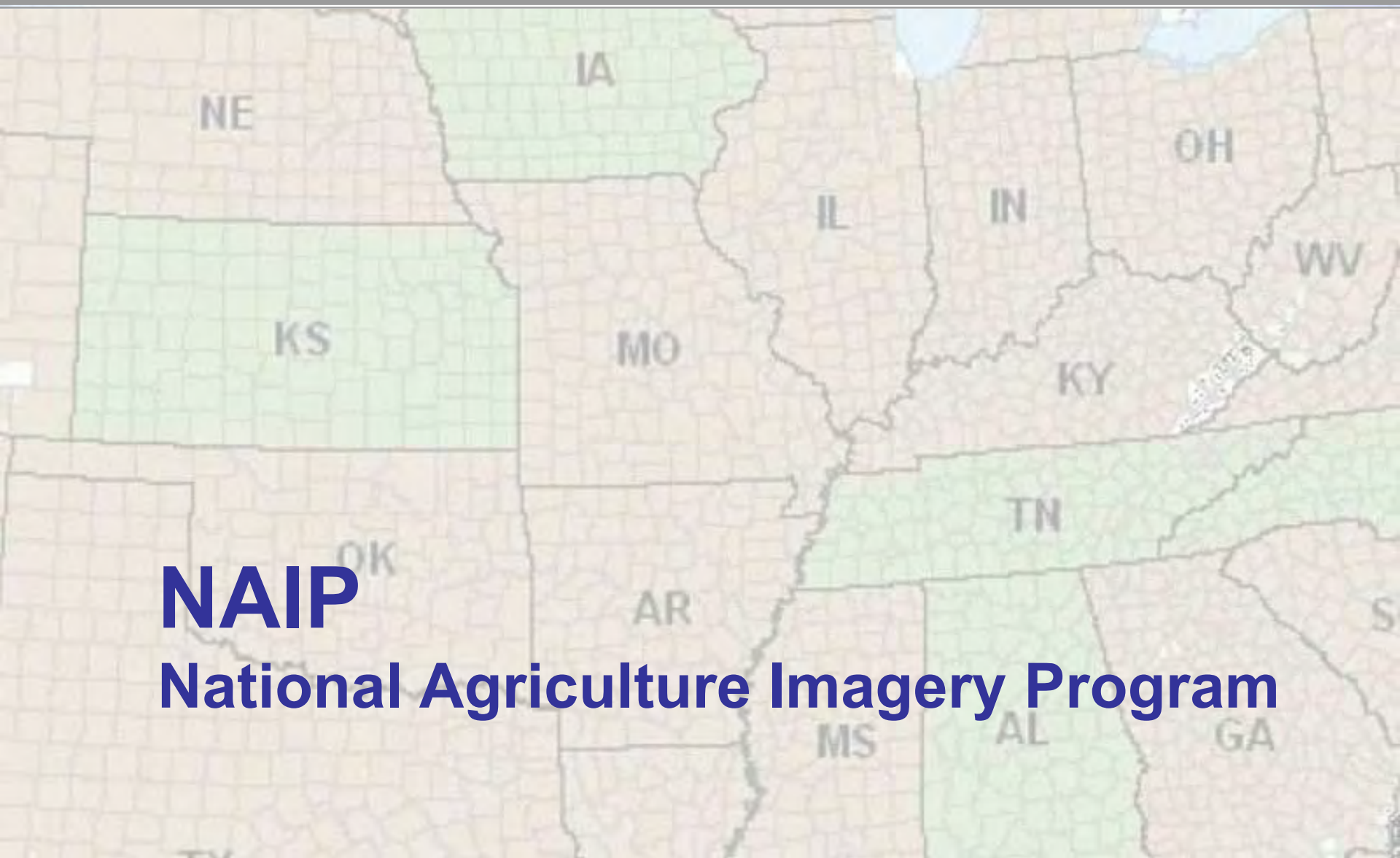


# Qualidade do Perfilamento a LASER

- Áreas de Implantação de Duto
  - Comparação com perfil obtido de poligonal ao longo da diretriz
  - Avaliados 143 km (total 380 km)



	Restituição	Laser	Radar
Diferença Máxima	10,36 m	<b>2,06 m</b>	19,56 m
Diferença Mínima	0,17 m	<b>0,01 m</b>	0,02 m
Média	2,54 m	<b>0,71 m</b>	6,07 m
EMQ	2,54 m	<b>0,60 m</b>	4,29 m



**NAIP**

**National Agriculture Imagery Program**

# NAIP (National Agriculture Imagery Program)

- **Objetivo**

- Aquisição de Imagens Aéreas Digitais durante o período de safra americana de acordo com as diretrizes do USDA com atualização cíclica de 5 anos;

- **Especificações**

- Ortoretificação (deformação radial e terreno);  
DOQQ – Digital Ortho Quarter Quad – 3,75' x 3,75'
- Resolução;  
1m - Atualização de ortofotos;  
2m – Acompanhamento da safra;  
(vôo 1:40.000 – H=6.000m - escaner 50µm para filme);
- Acurácia de 5m;
- Projeção UTM;
- Arquivos georreferenciados em alta resolução e com compressão;

# NAIP (National Agriculture Imagery Program)

- **Orçamento**

- US\$ 28,5 milhões;
- 2,6 milhões mi<sup>2</sup> (6,7 milhões km<sup>2</sup>);

- **Execução**

- 10 empresas;
- Prazo de 1 ano (3 meses para cobertura);
- Entrega de Ortos no ano de aquisição;

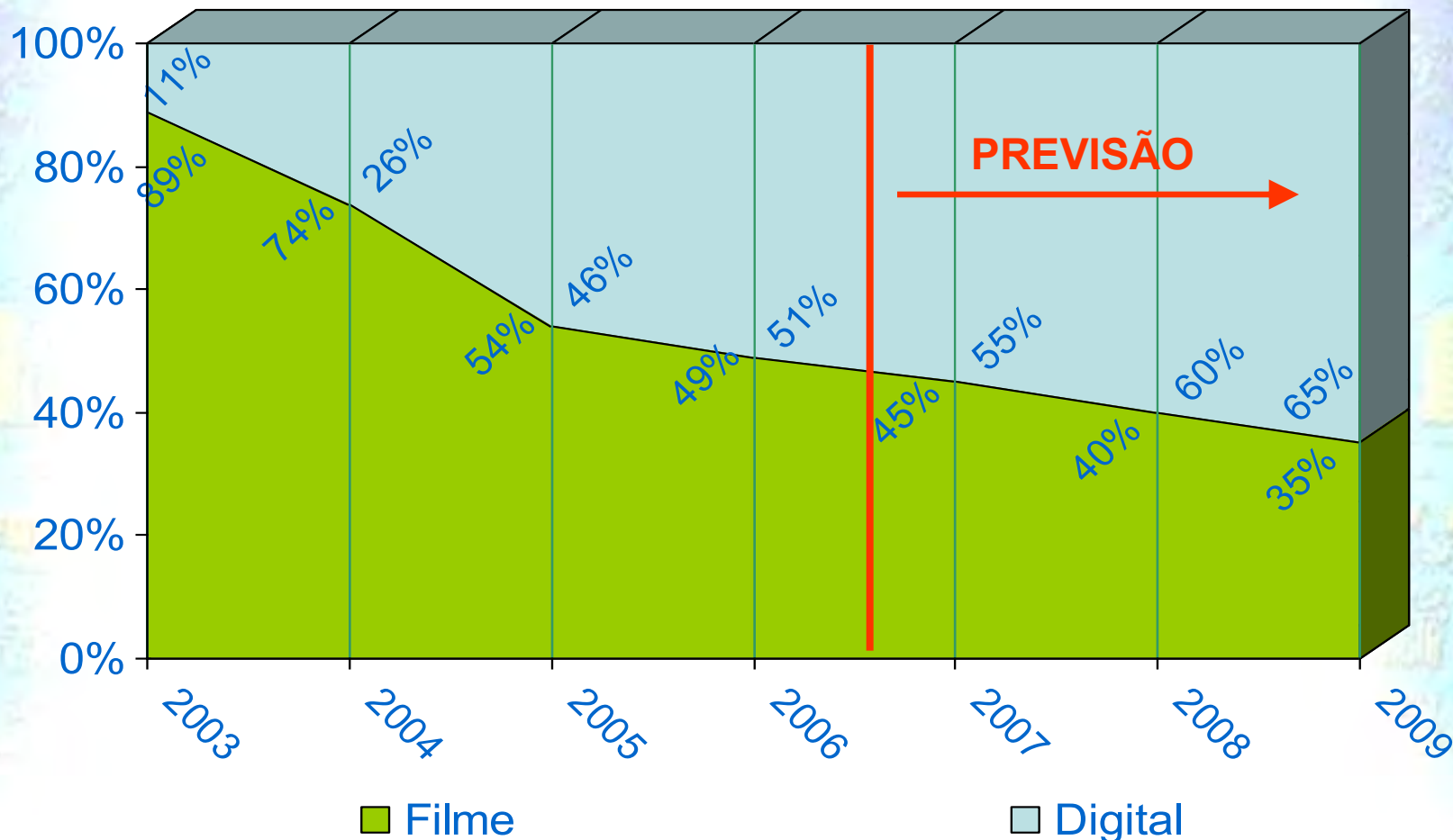
- **Tecnologia**

- Câmaras Convencionais e Digitais para imagens coloridas e IR;
- Imagens de Satélite (?)

***“Although commercial satellite can be used, it hasn’t been to date.”***

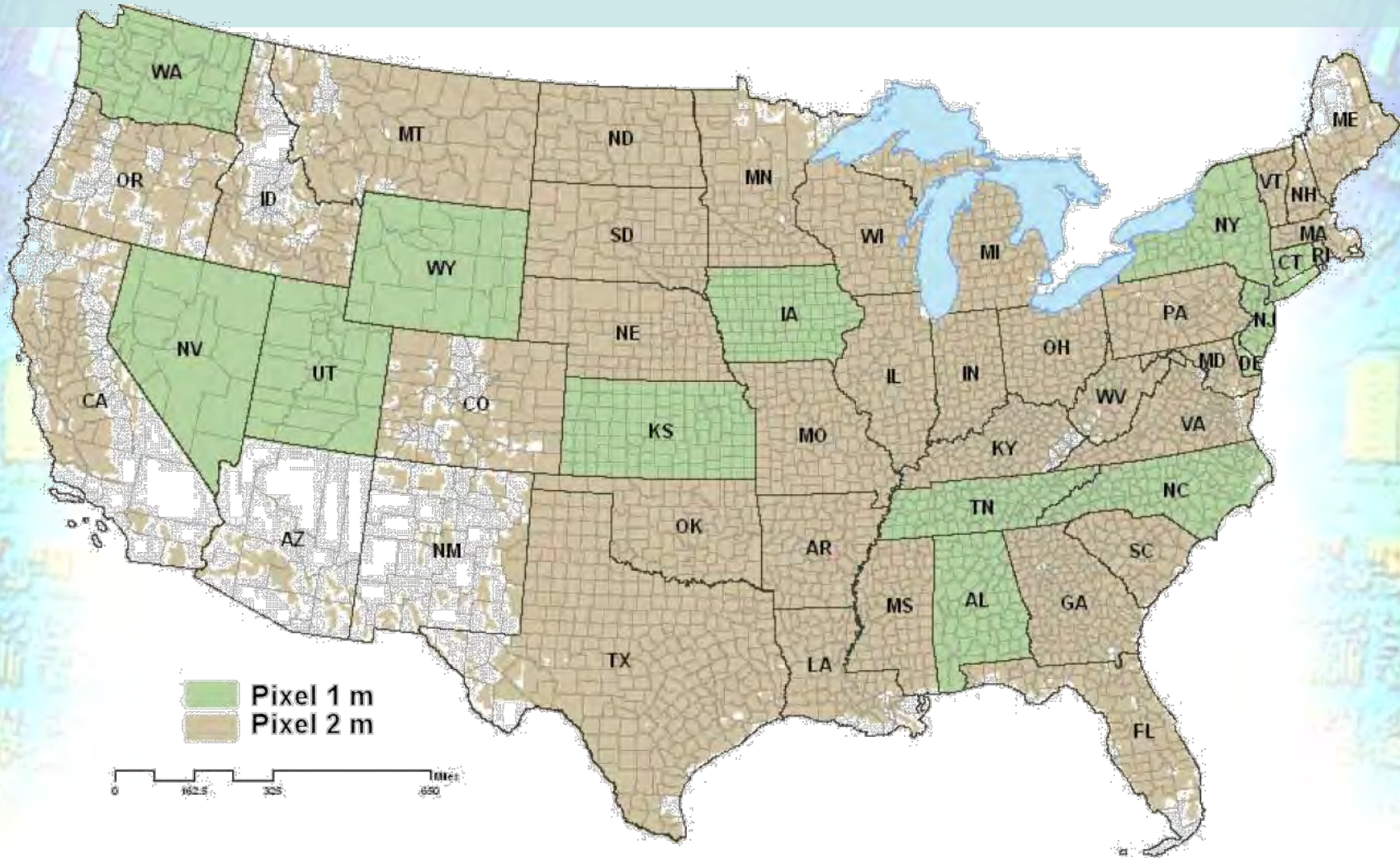
# NAIP (National Agriculture Imagery Program)

## Relação Filme x Digital (Maio, 2006)



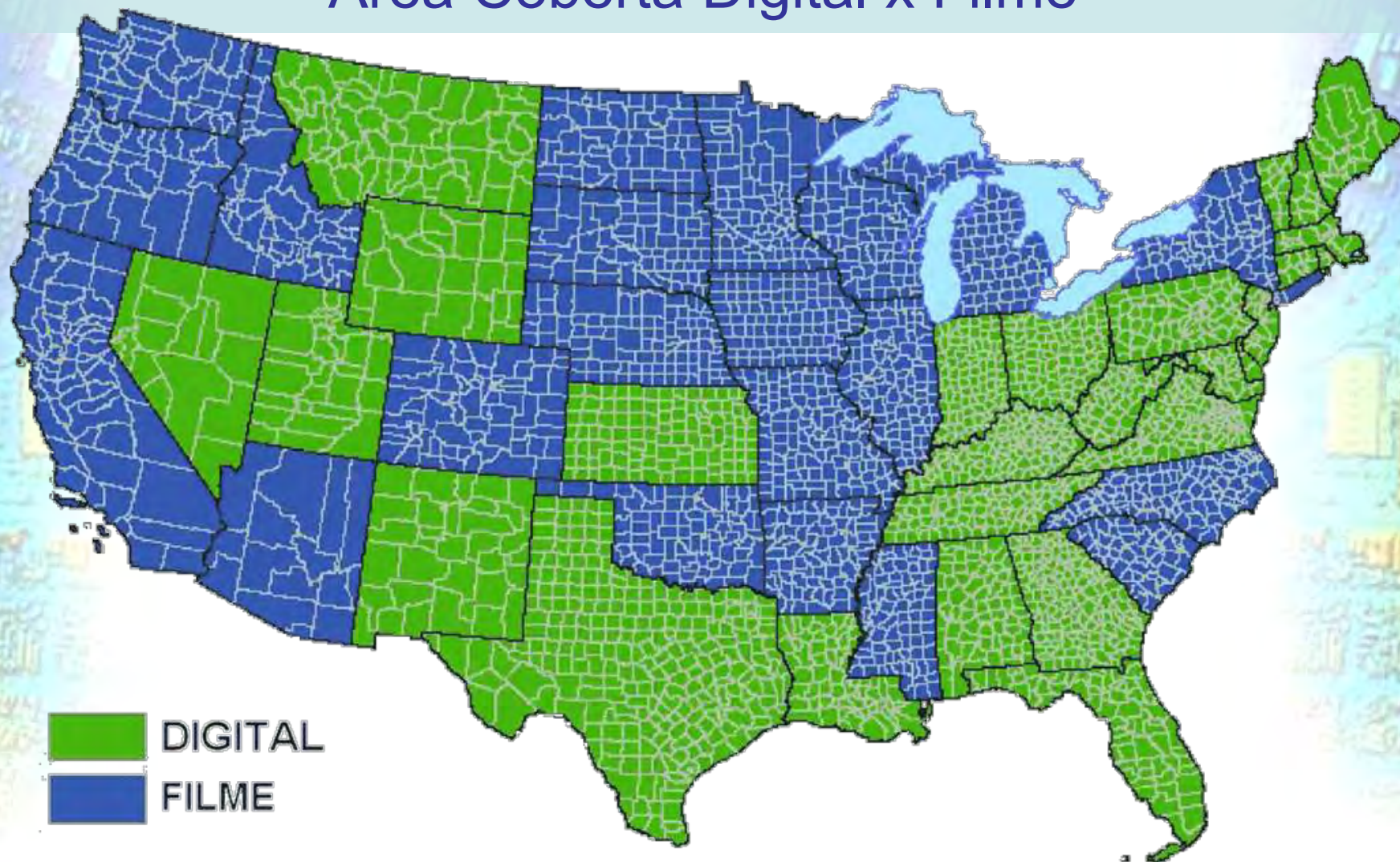
# NAIP (National Agriculture Imagery Program)

Área Coberta Pixel 2m x Pixel 1m



# NAIP (National Agriculture Imagery Program)

## Área Coberta Digital x Filme







**PAMAP**  
**Pennsylvania Mapping Program**

# PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)

- **Objetivo**

- Programa cooperativo para estabelecer uma base geoespacial precisa para a comunidade (segurança, administração, desenvolvimento econômico, decisão, planejamento regional e estadual, educação, emergência, turismo, e geração de adicional renda – Safran, 2006);

- **Especificações**

- Ortorretificação (deformação radial e terreno);  
GSD de 0,30 m;  
(vôo 1:19.200 – H=3.000m - escaner 12,5 $\mu$ m para filme);
- LiDAR para obtenção de curvas com 0,60m de equidistância e para MDT usado na retificação;  
Esp ptos 1,4 m – H=1.500m – larg 1.200m – 30% recob – 5,6 M ptos (3 X 3 km) – formato LAS
- 150 pontos de controle - GPS

*While slightly more expensive than film capture alone, the combination of imagery and lidar provides a much more valuable product ...*

# PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)

- **Área em 2006**

- 21 condados;
- 16.000 mi<sup>2</sup> (41.000 km<sup>2</sup>);

- **Execução**

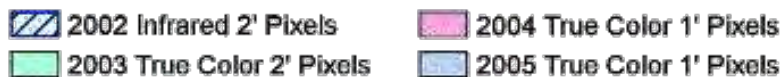
- Empresas de Aerolevanteamento e LiDAR;
- Contratos anuais com re-execução a cada 3 anos;
- 2003 a 2005 executado – 2006 nova fase;

- **Tecnologia**

- Câmaras Convencionais e Digitais para imagens coloridas e IR;
- LiDAR;
- GPS.

# PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)

## Área Coberta por Ano



# PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)



# PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)

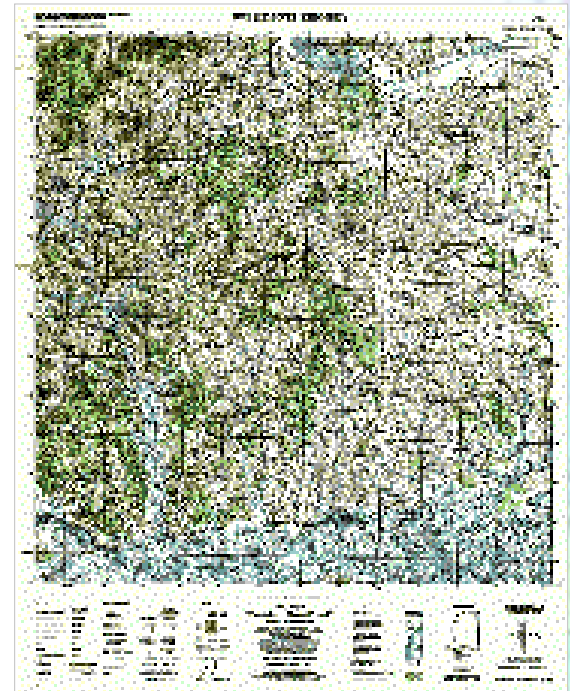




**Exemplo de  
Cobertura Digital e  
Perfilamento a LASER**

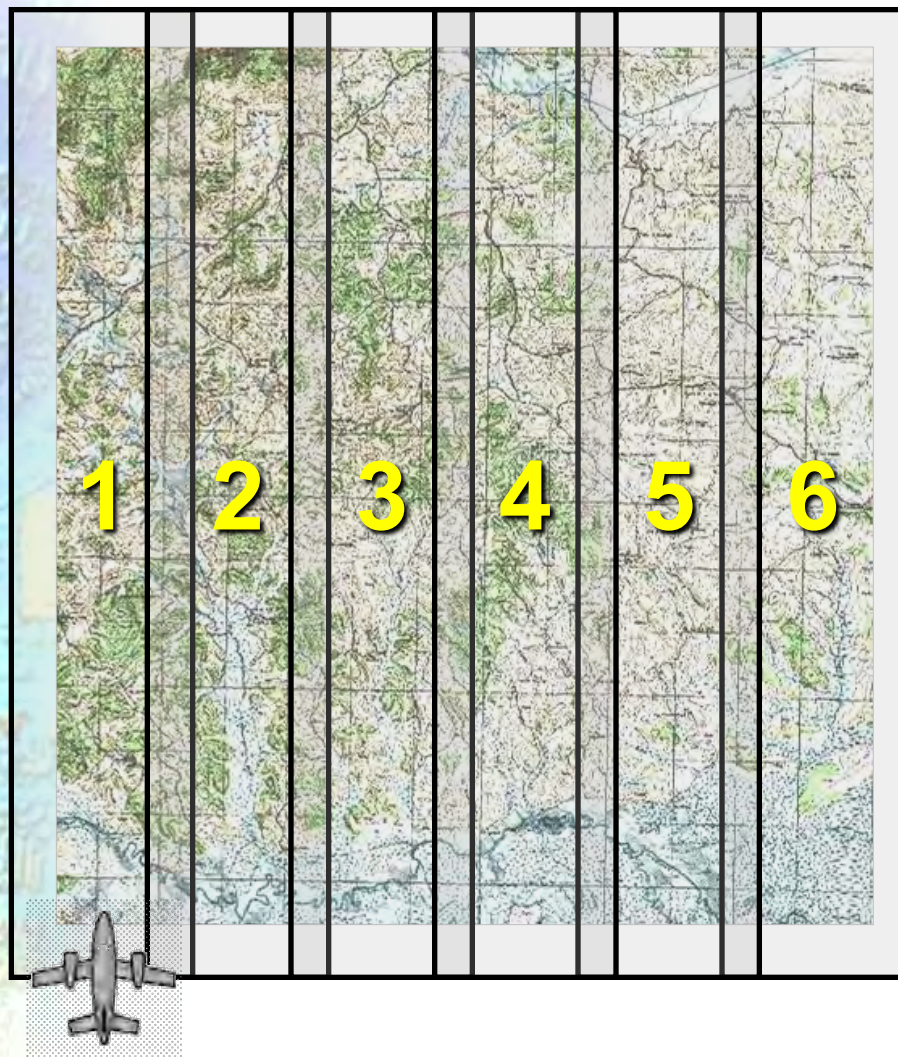
# Cobertura Aérea Digital e LASER

- **Exemplo**
  - Carta 1:50.000
- **Características**
  - Área = 725 km<sup>2</sup>;
  - Maior dimensão por carta = 27,7 km;
  - Equidistância = 20m;
- **Objetivo**
  - Ortofoto Digital
  - retificação diferencial por correlação de imagem (MDE);
  - Apoio Terrestre (4 pontos);
  - Acurácia horizontal de 15m a 1 $\sigma$ ;
  - Imagem RGB;
  - Perfilamento a LASER com espaçamento menor que 10m;
  - Captação Fotogramétrica de elementos planimétricos: hidrografia, rede viária e vegetação;
  - Curvas de nível com equidistância de 10m.





# Parâmetros por Carta



GSD = 0,60 m

H = 4.800m

Recobrimento = 20%

Sensores = RGB, PAN

Número de faixas = 6

Larg Faixa = 6.000m

Img Faixa = 6 GB

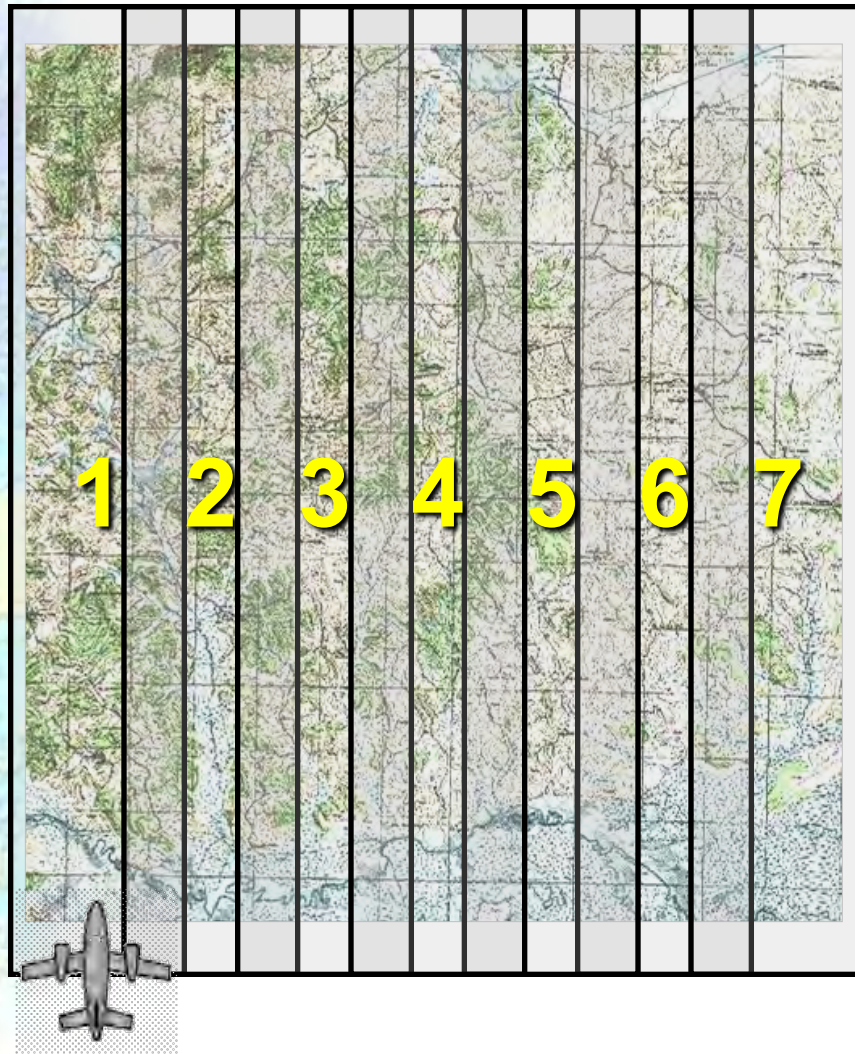
Dados Brutos = 80 GB

Tempo de Vôo = ~ 2h

Esp ptos MDE = 25m

Ptos MDT = 1,2 M

# Parâmetros por Carta



Abertura =  $60^\circ$

Taxa = 25 KHz

H = 5.000m

Recobrimento = 30%

Retornos = 4

Número de faixas = 7

Larg Faixa = 5.500m

Dados Brutos = 9 GB

Tempo de Vôo = ~ 3h

Esp médio ptos = 7 m

Ptos Nuvem = 15 M

## **OBRIGADO PELA ATENÇÃO !**

Para mais detalhes sobre as tecnologias apresentadas, favor consultar:

[www.esteio.com.br/camarasaereasdigitais/](http://www.esteio.com.br/camarasaereasdigitais/)

[www.lidar.com.br/](http://www.lidar.com.br/)

[www.esteio.com.br](http://www.esteio.com.br)

OU

[amauri@esteio.com.br](mailto:amauri@esteio.com.br)

[valther@esteio.com.br](mailto:valther@esteio.com.br)