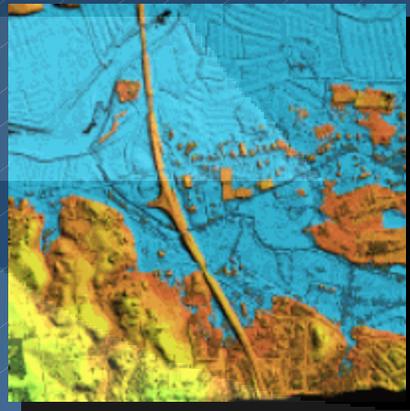


# Perfilamento a LASER

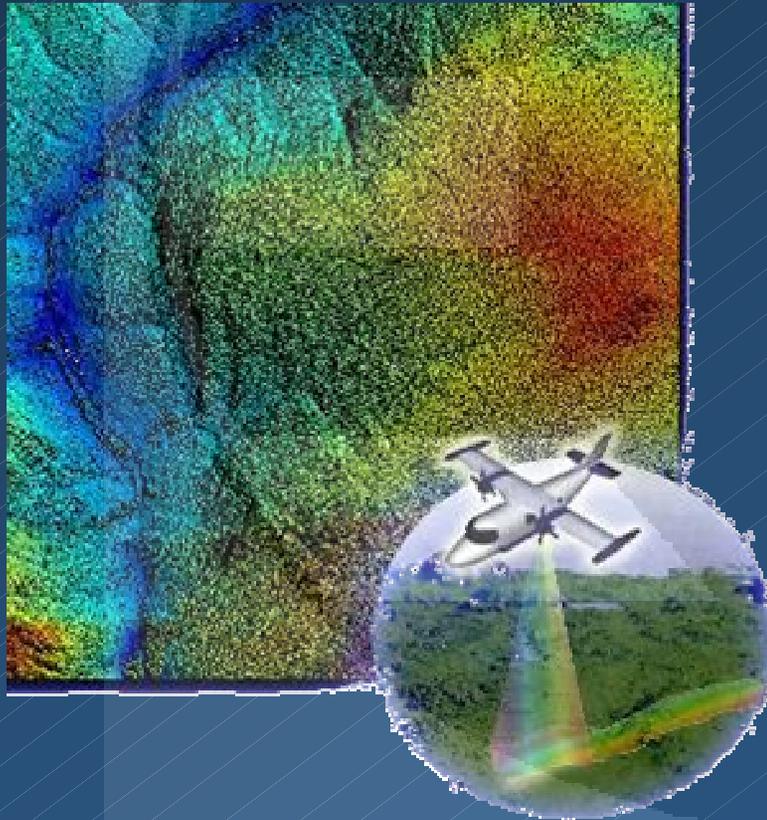
## *Estado Atual*

Amauri Alfredo Brandalize  
ESTEIO S.A.



# Airborne LASER Scanning (ALS)

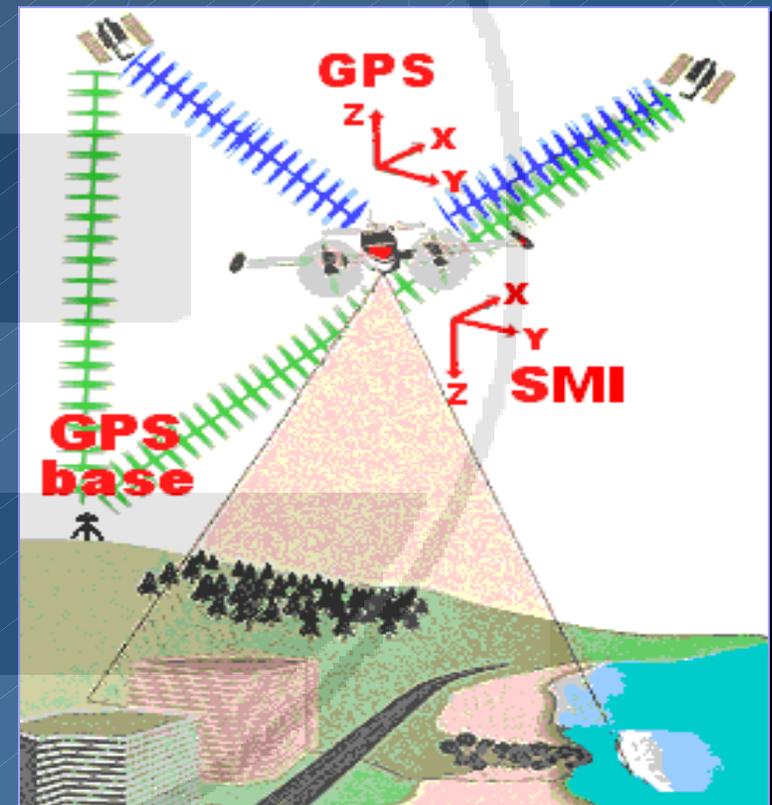
- ◆ Sistema aerotransportado que adquire **dados digitais de elevação do terreno** com precisão equivalente ao GPS, mas de forma muito mais eficaz.



- ◆ Surgiu pela necessidade dos usuários de obter modelos digitais de elevação (**DEM - Digital Elevation Model**) de maneira mais rápida e com maior densidade onde os métodos tradicionais (GPS, correlação de imagem) não eram suficientes ...

# Princípio de Funcionamento

- ◆ **Pulso LASER** direcionado para o solo;
- ◆ Pulsos emitidos com determinada **freqüência**;
- ◆ Varredura da superfície com **registro da distância** do sensor até esta superfície;
- ◆ **Registro da posição inercial** de cada pulso emitido
- ◆ Registro da **Intensidade** de retorno do pulso;
- ◆ **Varredura no sentido transversal** à linha de vôo;
- ◆ **Ângulo de abertura** configurável.



# Acrônimos e Definições

- ◆ **LiDAR – Light Detecting And Ranging**
  - ↳ Define a tecnologia empregada nos sistemas LASER, ou seja, detecção e medição de luz
- ◆ **ALS – Airborne LASER Scanning**
  - ↳ Termo utilizado por pesquisadores e traduzido para Perfilamento a LASER Aerotransportado
- ◆ **MDT – Modelo Digital de Terreno**
  - ↳ Representação numérica do conjunto regular ou irregular de pontos que definem o terreno. Traduzido de *Digital Terrain Model (DTM)*
- ◆ **MDE / MDS – Modelo Digital de Elevação / Superfície**
  - ↳ Representação numérica do conjunto regular ou irregular de pontos que definem uma superfície. Traduzido de *Digital Elevation / Surface Model (DEM/DSM)*
- ◆ **TIN (Triangle Irregular Network)**
  - ↳ Modelo do terreno formado por triângulos adjacentes e não superpostos calculados a partir de pontos com coordenadas tridimensionais irregularmente distribuídos em uma superfície.

- ◆ **Posicionamento dos Componentes na Aeronave SAE**  
(Serviços Aéreos Especializados);



- ◆ **Homologação**
  - **CTA** (Centro Tecnológico Aeroespacial)
  - **DAC** (Dep Aviação Civil)



# Evolução dos Equipamentos

- ◆ Tecnologia com **20 anos**, mas para aplicações de mapeamento, tem-se desenvolvido nos últimos 7 a 8 anos ...

**1993**

**protótipo ALTM (1 km @ 2kHz)**



**2004**

**ALTM 3100 (3 km @ 100 kHz)**



# Principais Fabricantes

Optech



## ◆ Optech

▫ modelos : ALTM 1210, 2025, 2033, 3070, 3100

## ◆ Leica

▫ modelo : ALS 40, ALS 50

## ◆ Azimuth

◆ modelo : Aeroscan

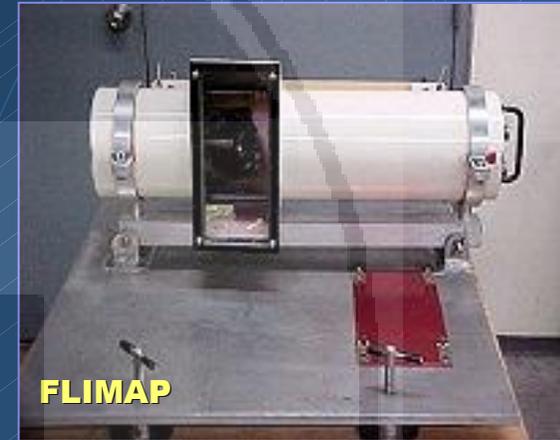
◆ Maio 2001 - adquirida pela LH

## ◆ SAAB Topeye

▫ modelo : Topeye

# Outros Fabricantes / Adaptados

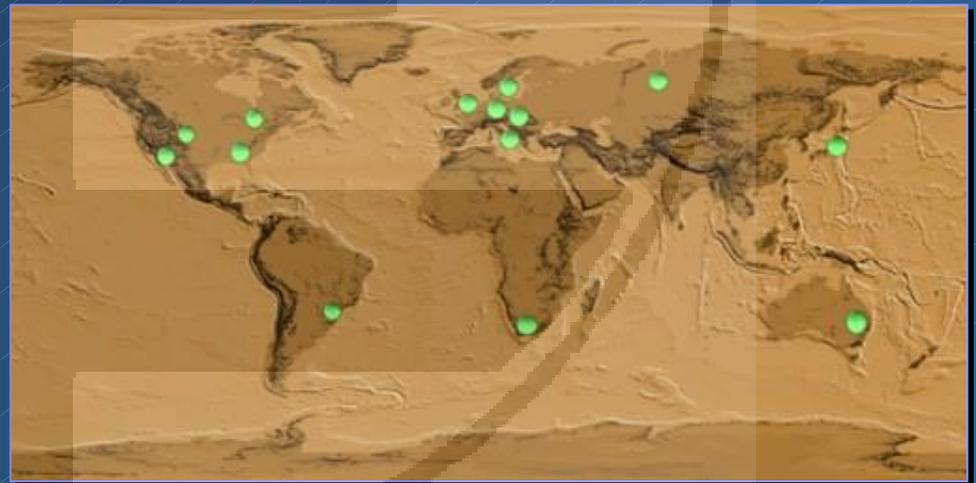
- ◆ **Laseroptronix (Suécia)**
  - ↳ helicóptero
- ◆ **Fugro Inpark (Holanda) – FLIMAP**  
(Fast Laser Imaging & Mapping)
  - ↳ helicóptero
- ◆ **Mosaic Inc. (USA) – ALMIS**  
(Airborne Laser Mosaic Imaging System)
- ◆ **Nortech Intl (Canadá) – ATLAS**  
(Airborne Topographic LiDAR System)
- ◆ **Terrapoint (USA) – ALTMS**  
(Airborne Laser Topographic Mapping System)
- ◆ **TopoSys - Falcon**



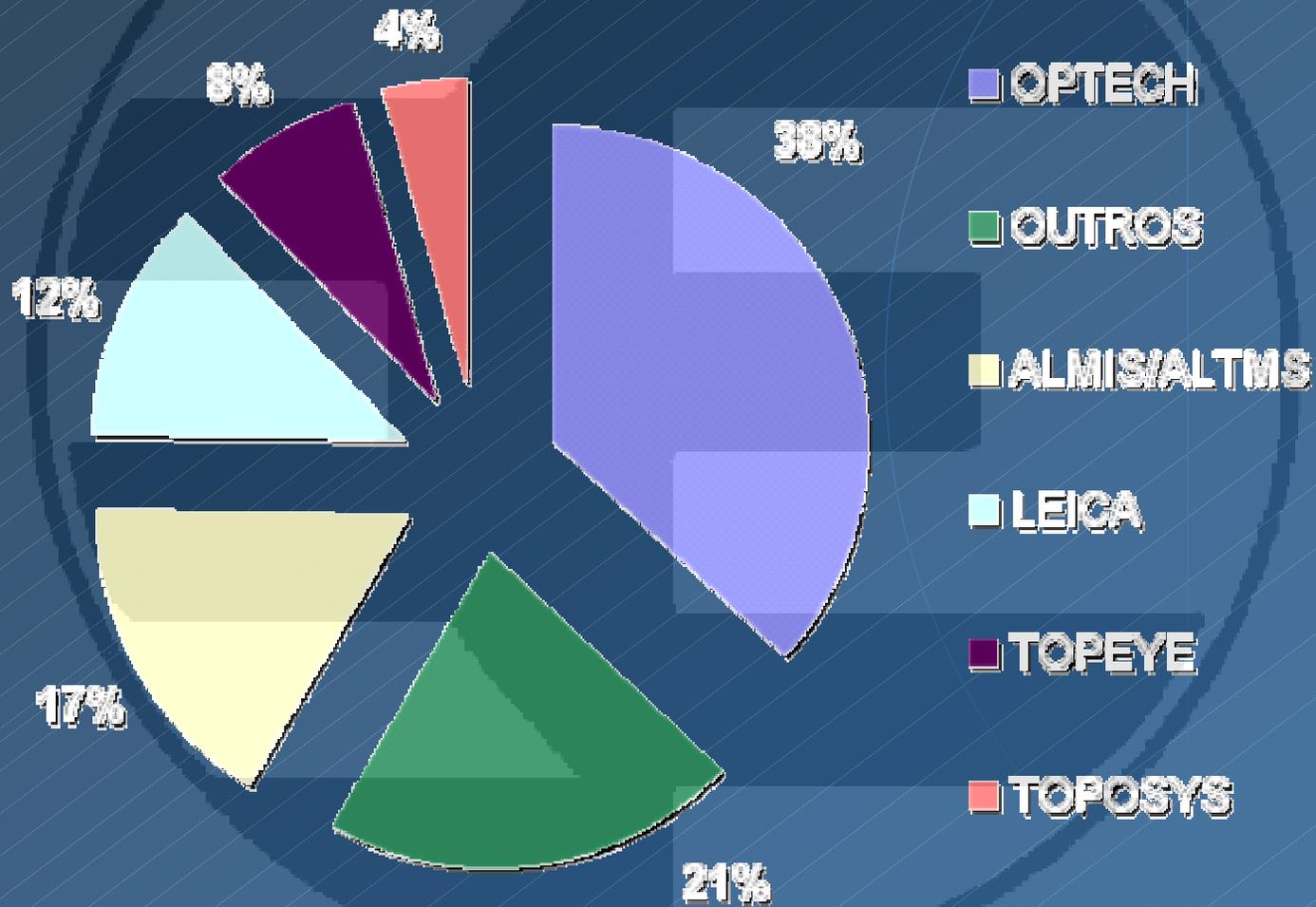
<b>Provedores</b>	<b>60</b>
<b>Consultores</b>	<b>11</b>
<b>Fabricantes</b>	<b>10</b>
<b>Publicações</b>	<b>6</b>
<b>Pesquisa/Governo</b>	<b>4</b>
<b>Desenvolvedores Programas</b>	<b>4</b>
<b>Associações</b>	<b>1</b>

## ◆ **OPTECH Inc. (Canadá)**

- **Cerca de 80 sensores produzidos ...**
- **Mais de 35 sensores em utilização ...**

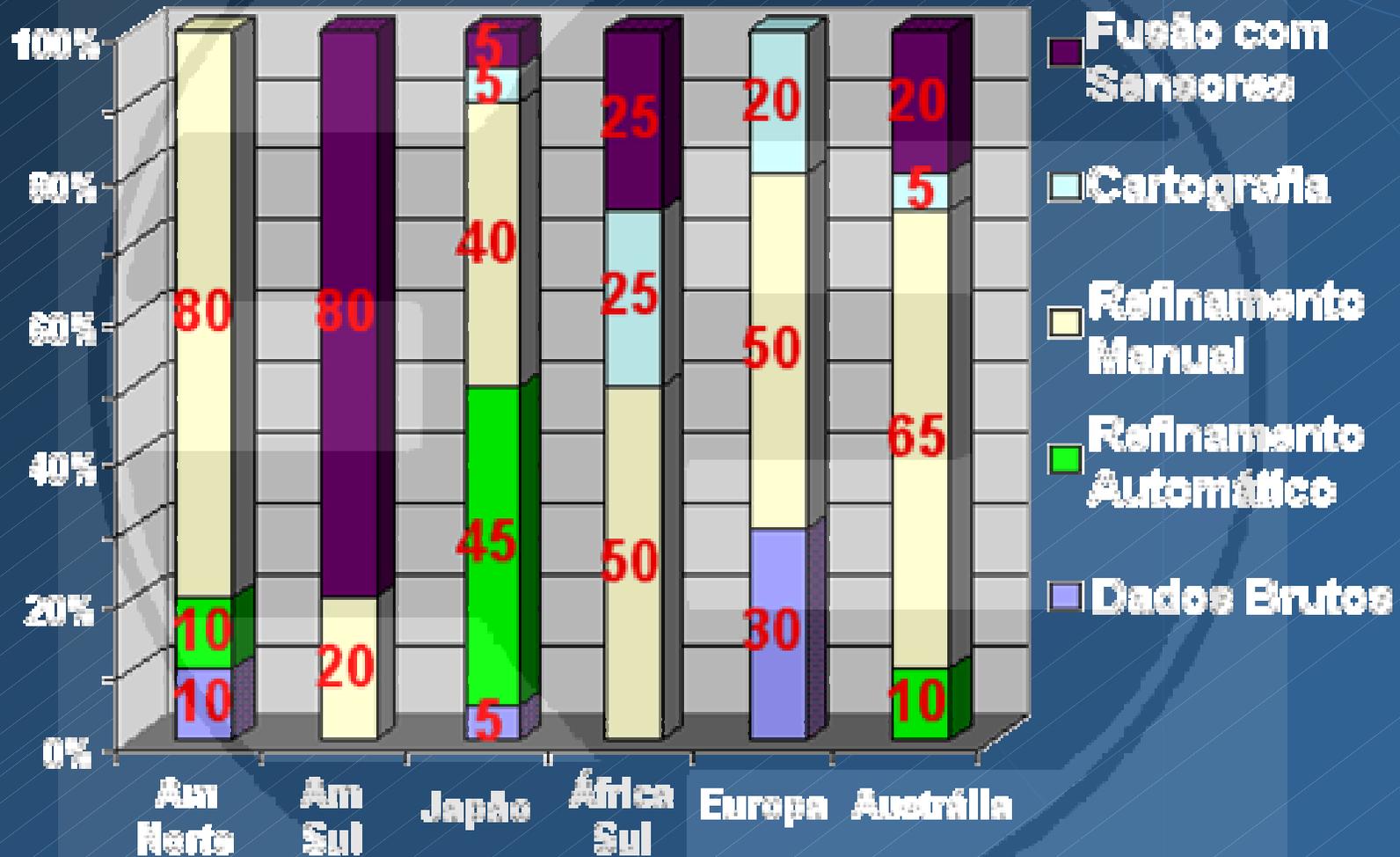


# Usuários por Sistema LiDAR



Fonte LiDAR Directory 2004

# Utilização de Dados LiDAR



Fonte ALS: Beyond Its Formative Years – D.Jonas and P.Byrne  
 Australian Spatial Science Conference, 2003

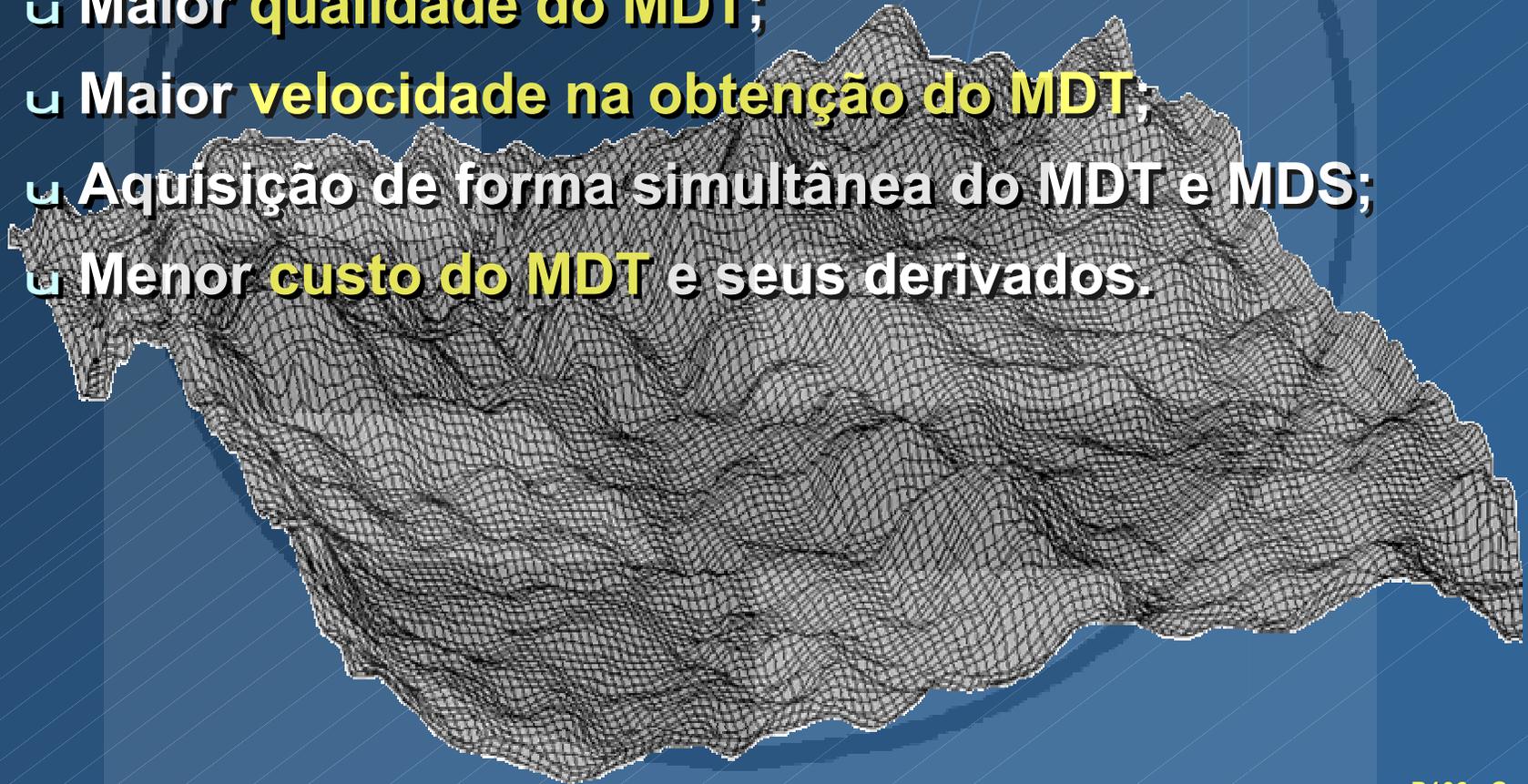
# Outros componentes - Acessórios

- ◆ **Filmadora Digital (quase todos)**
- ◆ **Câmara Métrica Digital “Pequeno Formato”**
- ◆ **CCD full color 4K x 4K**
- ◆ **Abertura 63° x 46° (1290 x 860m a 1000 m)**
- ◆ **Resolução = 40 cm**



# Contribuições do Perfilamento a LASER

- ◆ O Perfilamento a LASER vem contribuir significativamente nos seguintes aspectos:
  - Maior **qualidade do MDT**;
  - Maior **velocidade na obtenção do MDT**;
  - Aquisição de forma simultânea do MDT e MDS;
  - Menor **custo do MDT** e seus derivados.



# Menor Custo do MDT e Derivados

## Estudo Comparativo de Custo

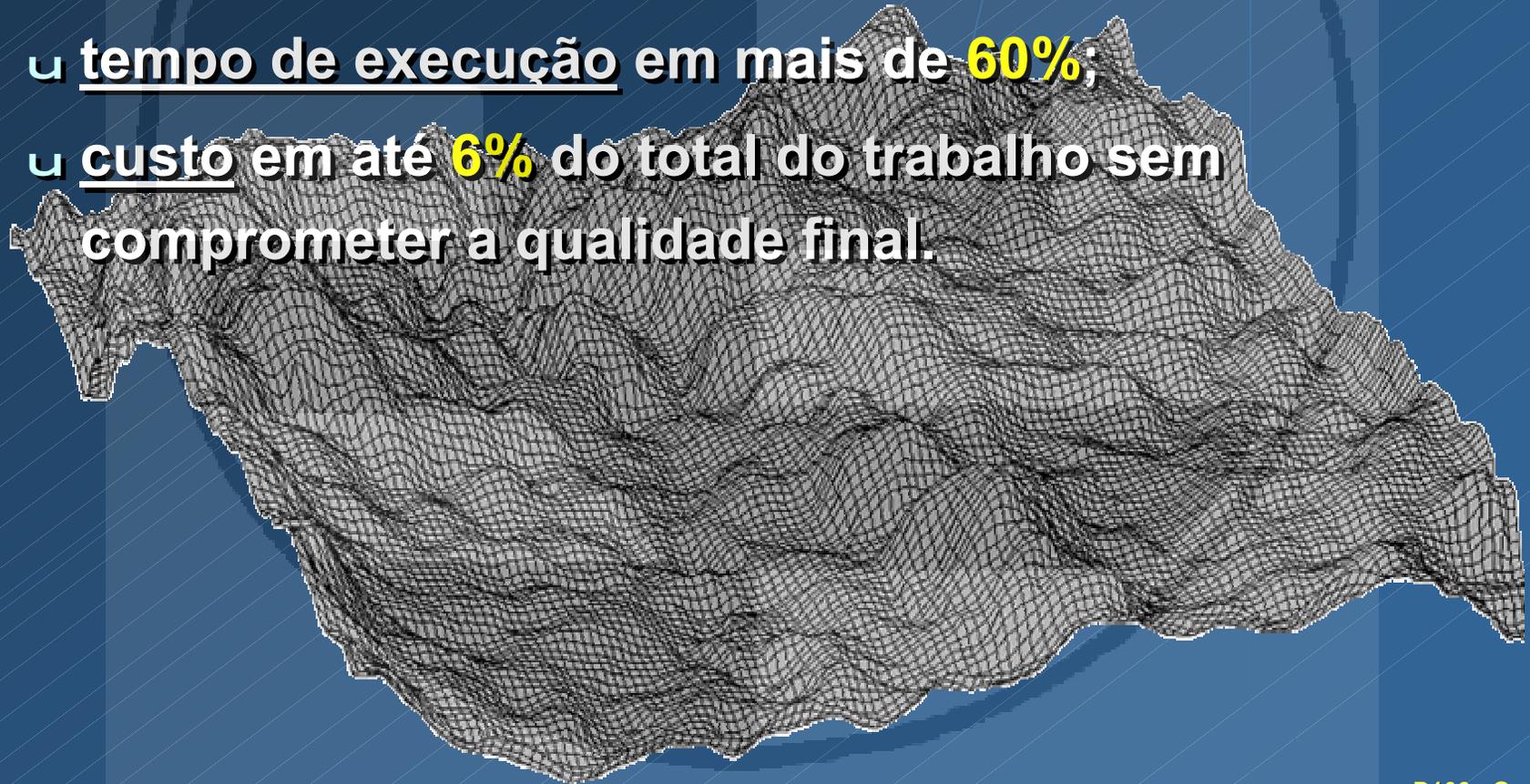
Cob. Aerofotogramétrica	7%	7%	Cob. Aerofotogramétrica
Apoio Terrestre	5%	5%	Apoio Terrestre
Aerotriangulação	3%	3%	Aerotriangulação
Restituição Planimétrica	29%	29%	Restituição Planimétrica
<b>Restituição Altimétrica</b>	<b>15%</b>	<b>13%</b>	<b>Perfilamento à LASER</b>
<b>Edição Altimétrica</b>	<b>11%</b>	<b>6%</b>	<b>Edição Altimétrica (LASER)</b>
Edição Planimétrica	10%	10%	Edição Planimétrica
Ortofoto	12%	12%	Ortofoto
Produto Final	8%	8%	Produto Final
<b>Total do Mapeamento</b>	<b>100%</b>	<b>92%</b>	<b>Total do Mapeamento</b>
<b>Dif. De custo Restituição*</b>	<b>15%</b>		
<b>Dif. De custo Edição*</b>	<b>49%</b>		
<b>Diferença de custo Total*</b>	<b>8%</b>		

\* Totalmente dependente das condições locais, precisão e especificação.

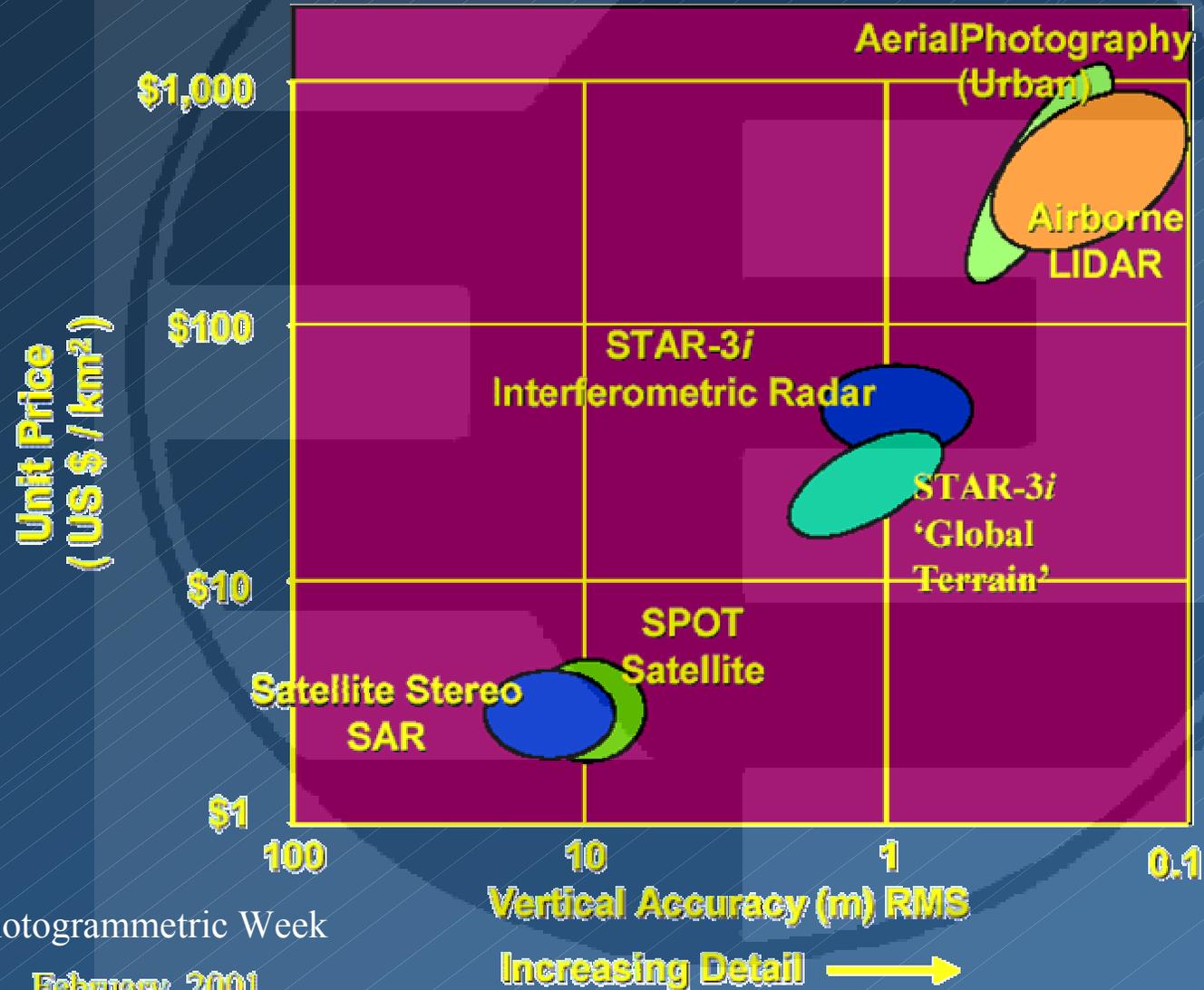
# Menor Custo do MDT e derivados

Segundo HUBER (IPC, 2000), esta alternativa metodológica pode reduzir :

- ↳ tempo de execução em mais de **60%**;
- ↳ custo em até **6%** do total do trabalho sem comprometer a qualidade final.



## DEM Cost vs Vertical Accuracy



# Consulta Específica - BDMG

**CONSULTA ESPECÍFICA SOBRE PERFILAMENTO A LASER**  
**Carta BDMG ao Ministério da Defesa (03/12/01)**

**Esta atividade é controlada pela legislação de**  
**Aerolevantamentos ?**

Essa atividade configura-se como aerolevante e como tal é controlada pelos seguintes documentos legais:

- u Decreto-Lei nº 1177, de 21 de junho 1971;
- u Decreto nº 2278, de 17 de junho de 1997;
- u Portaria nº 0637, de 05 de março de 1998.

# Consulta Específica - BDMG

## CONSULTA ESPECÍFICA SOBRE PERFILAMENTO A LASER Carta BDMG ao Ministério da Defesa (03/12/01)

**Por se tratar de atividade envolvendo vôo para mapeamento, a empresa que executa este trabalho deve ser inscrita no Ministério da Defesa ?**

A atividade de mapeamento envolvendo esta tecnologia configura-se como aerolevanteamento e como tal a empresa para executar esse serviço deve ser inscrita neste ministério. (Art. 6 do Decreto-Lei N. 1.177 de 21/06/71)

**Art. 2º DECRETO N.º 2.278: A fase aeroespacial de aerolevanteamento é caracterizada por operação técnica de captação de dados da parte terrestre, aérea ou marítima do território nacional, por meio de sensor instalado em plataforma aérea ou espacial, complementada por operação de registro de tais dados, utilizando recursos da própria plataforma captadora ou de estação receptora localizada à distância.**

# Consulta Específica - BDMG

## **CONSULTA ESPECÍFICA SOBRE PERFILAMENTO A LASER Carta BDMG ao Ministério da Defesa (03/12/01)**

**Por se tratar de atividade envolvendo voo para mapeamento, a empresa que executa este trabalho deve ser inscrita no Ministério da Defesa ?**

Além das exigências próprias da legislação pertinente à contratação de serviços, a empresa deverá:

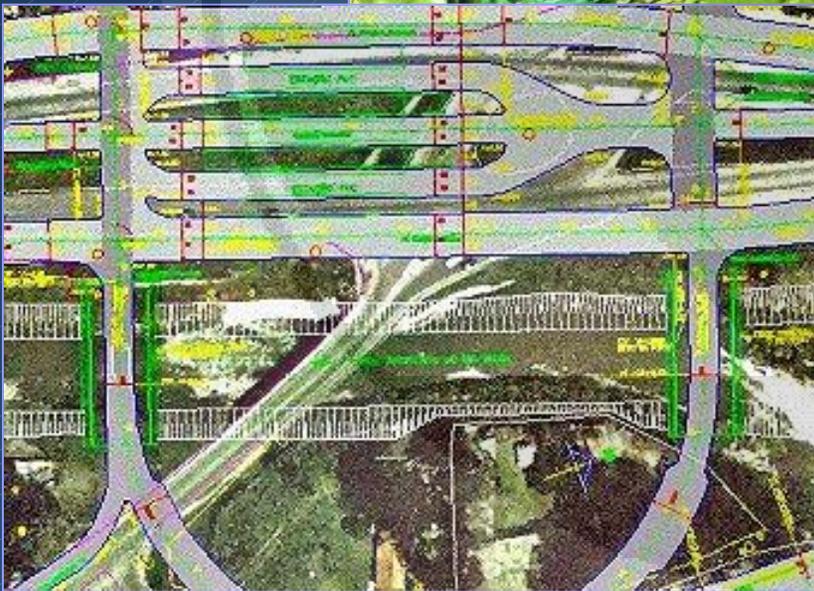
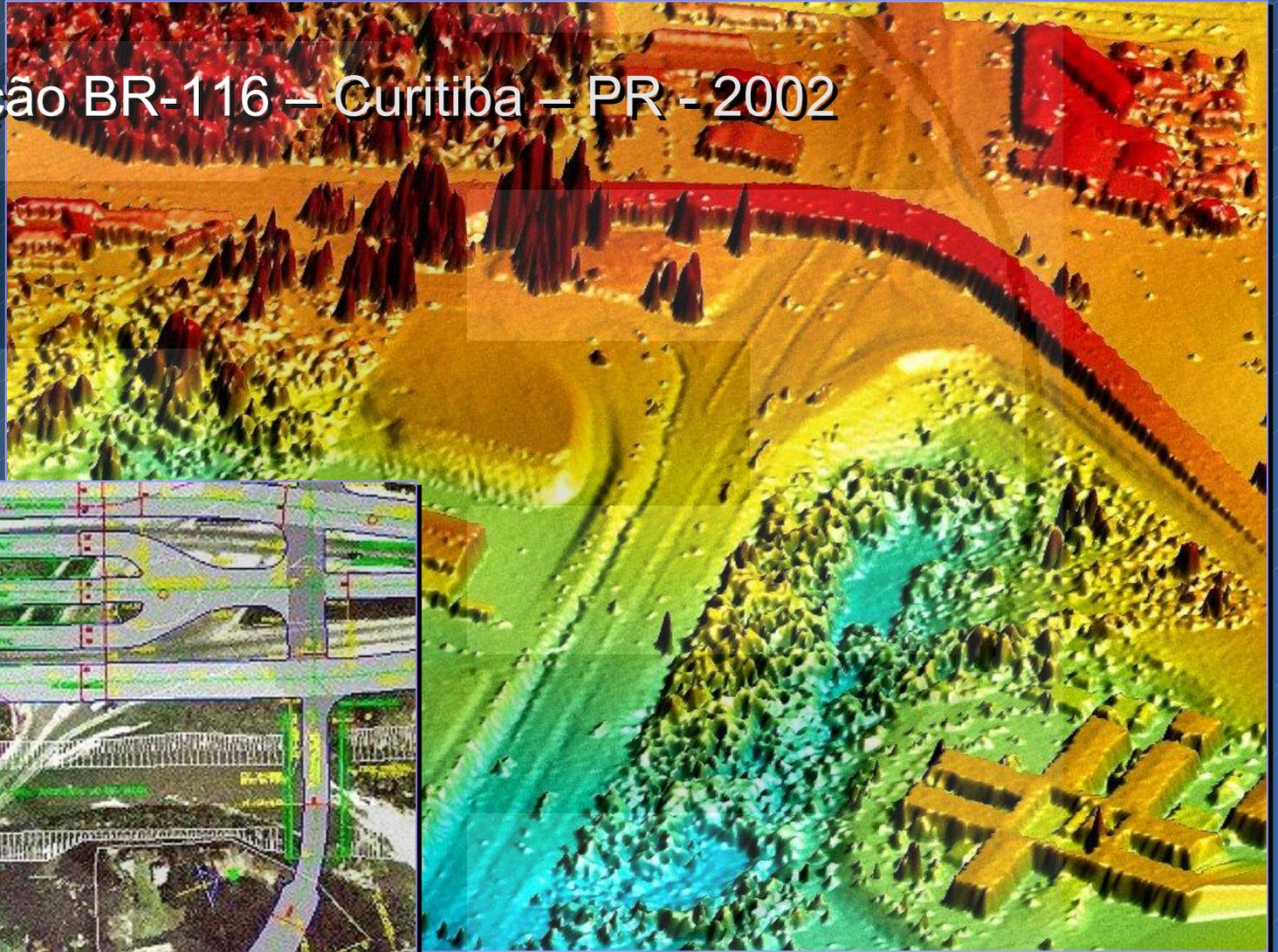
- Ser inscrita neste Ministério;
- Possuir homologação dos sensores da nova tecnologia à LASER de perfilamento do terreno instalados em aeronave de sua operação (propriedade), obtido junto aos órgãos competentes do Comando da Aeronáutica (DAC, CTA).

# Serviços Executados

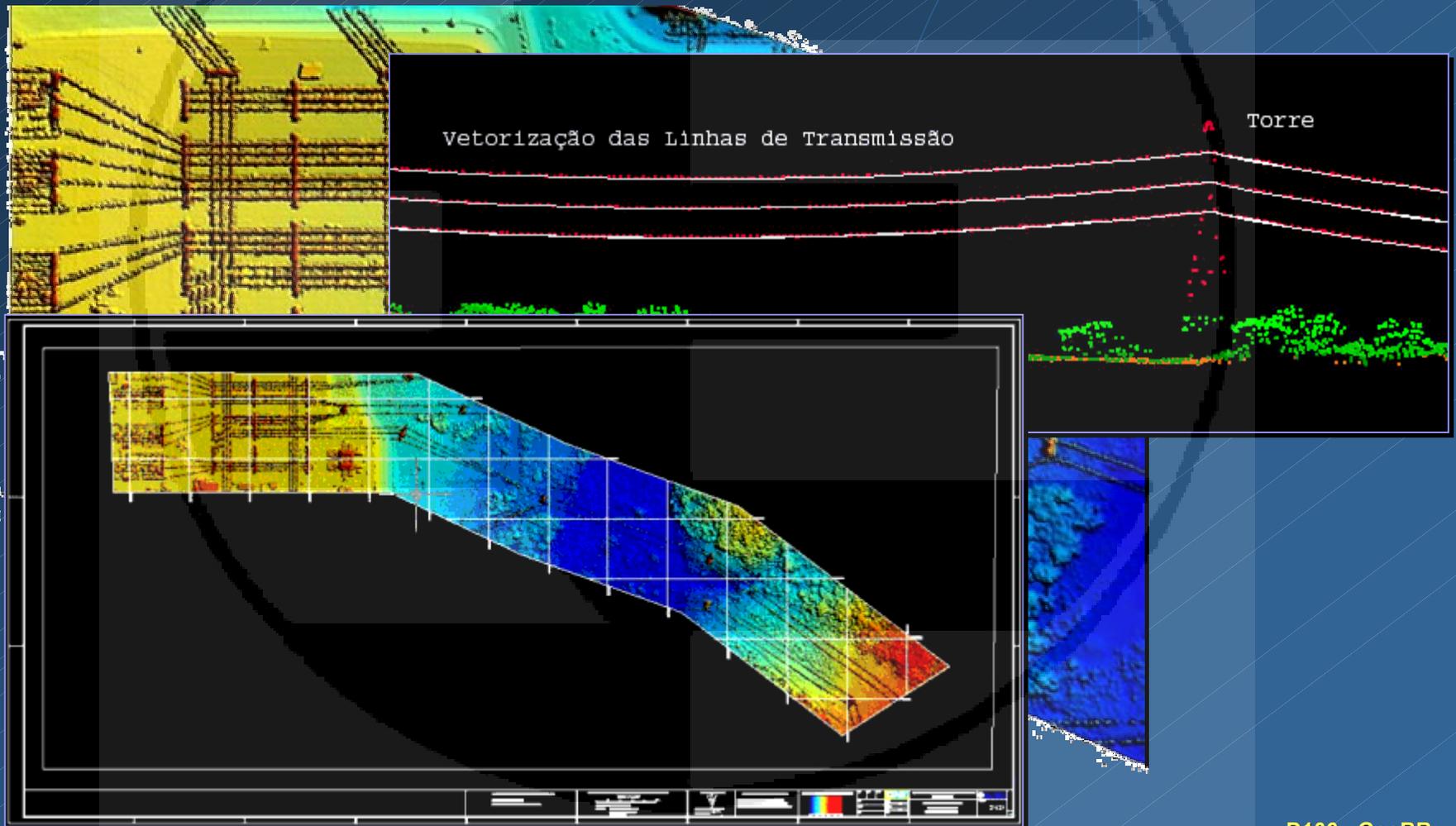
- ◆ **Engenharia Rodoviária**
  - MDT, projeto de duplicação e reestruturação;
- ◆ **Linha de Transmissão**
  - Posição das torres, interferências e catenária dos cabos;
- ◆ **Faixa de Servidão de Dutos**
  - Perfil da faixa, MDT, interferências;
- ◆ **Áreas Urbanas**
  - MDE (volume urbano) , MDT e derivação de curvas de nível;
- ◆ **Áreas de Mineração**
  - MDE, MDT;
- ◆ **Áreas Florestadas**
  - MDT (interesse para potencial hidráulico), mapeamento de feições.

# Exemplo – Rodovia

- ◆ Urbanização BR-116 – Curitiba – PR - 2002

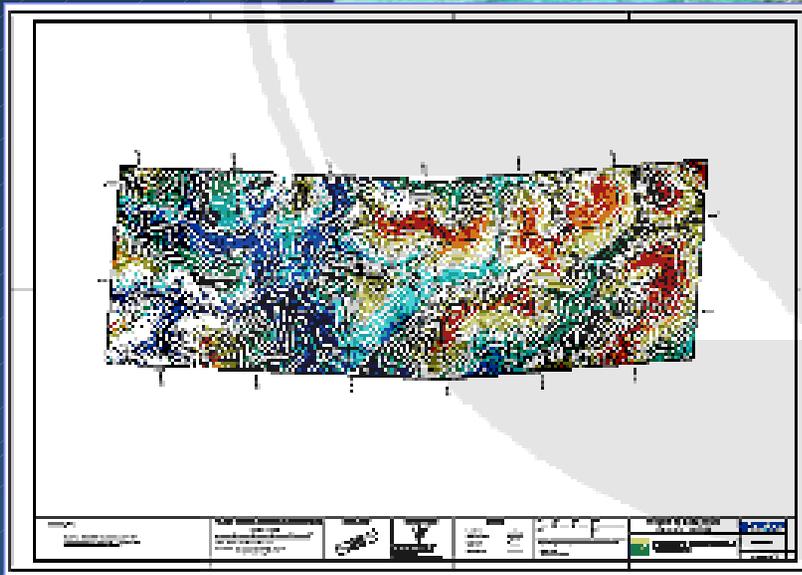
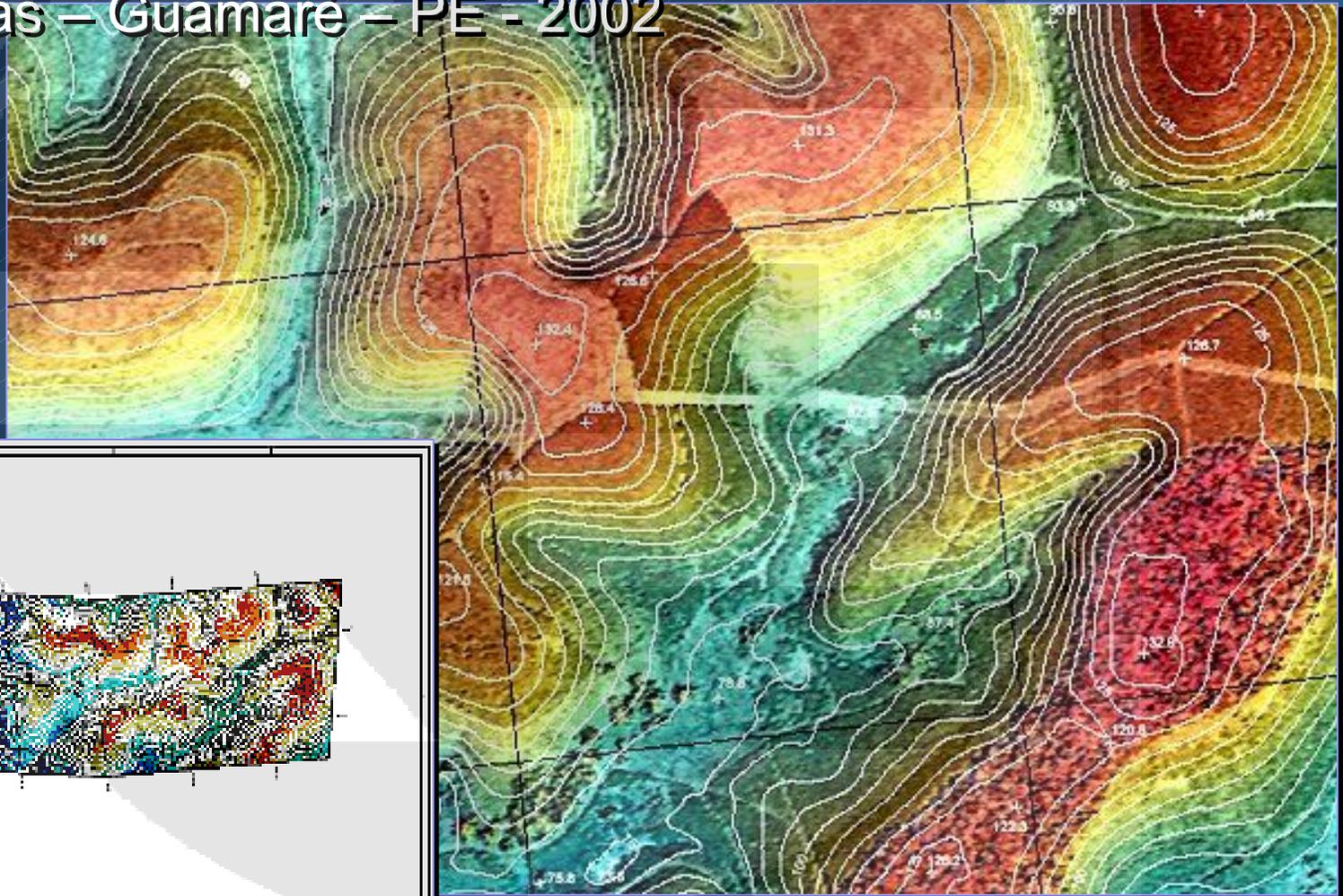


- ◆ LT 345 kV Interlagos – São Roque – São Paulo - 2003



# Exemplo – Dutos

- ◆ Petrobras – Guamaré – PE - 2002



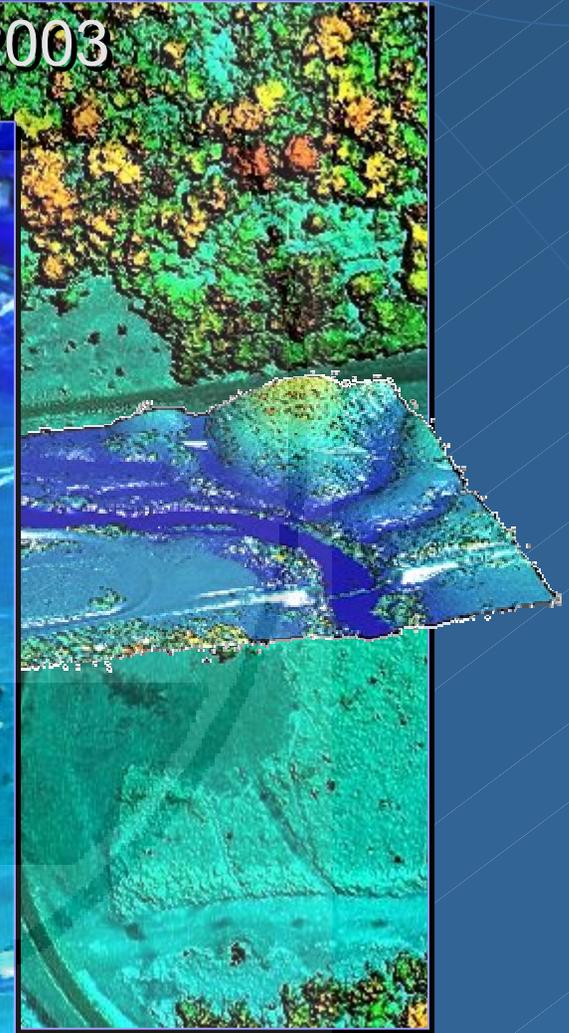
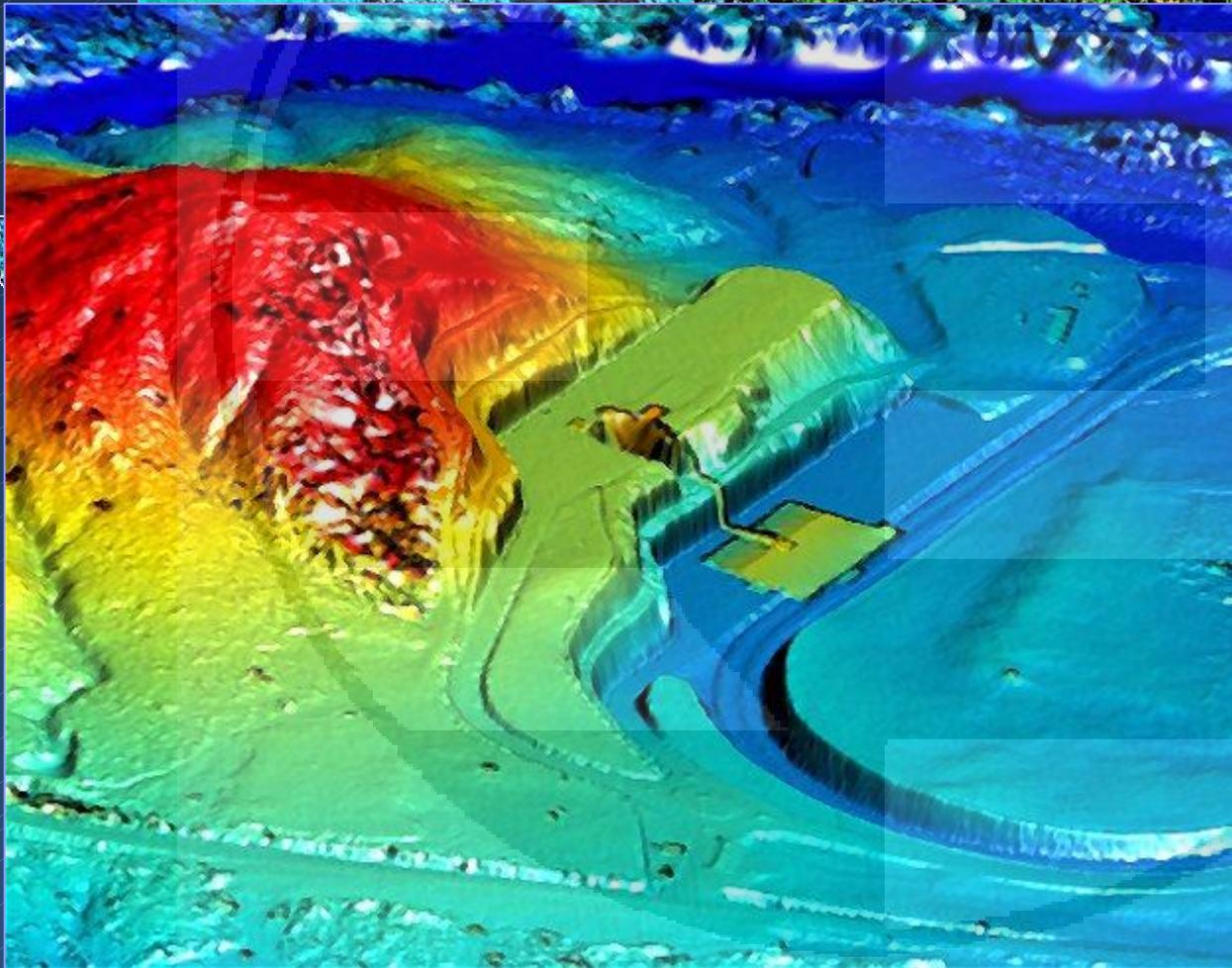
# Exemplo – Urbano

- ◆ Praça da República – Centro de São Paulo - 2004



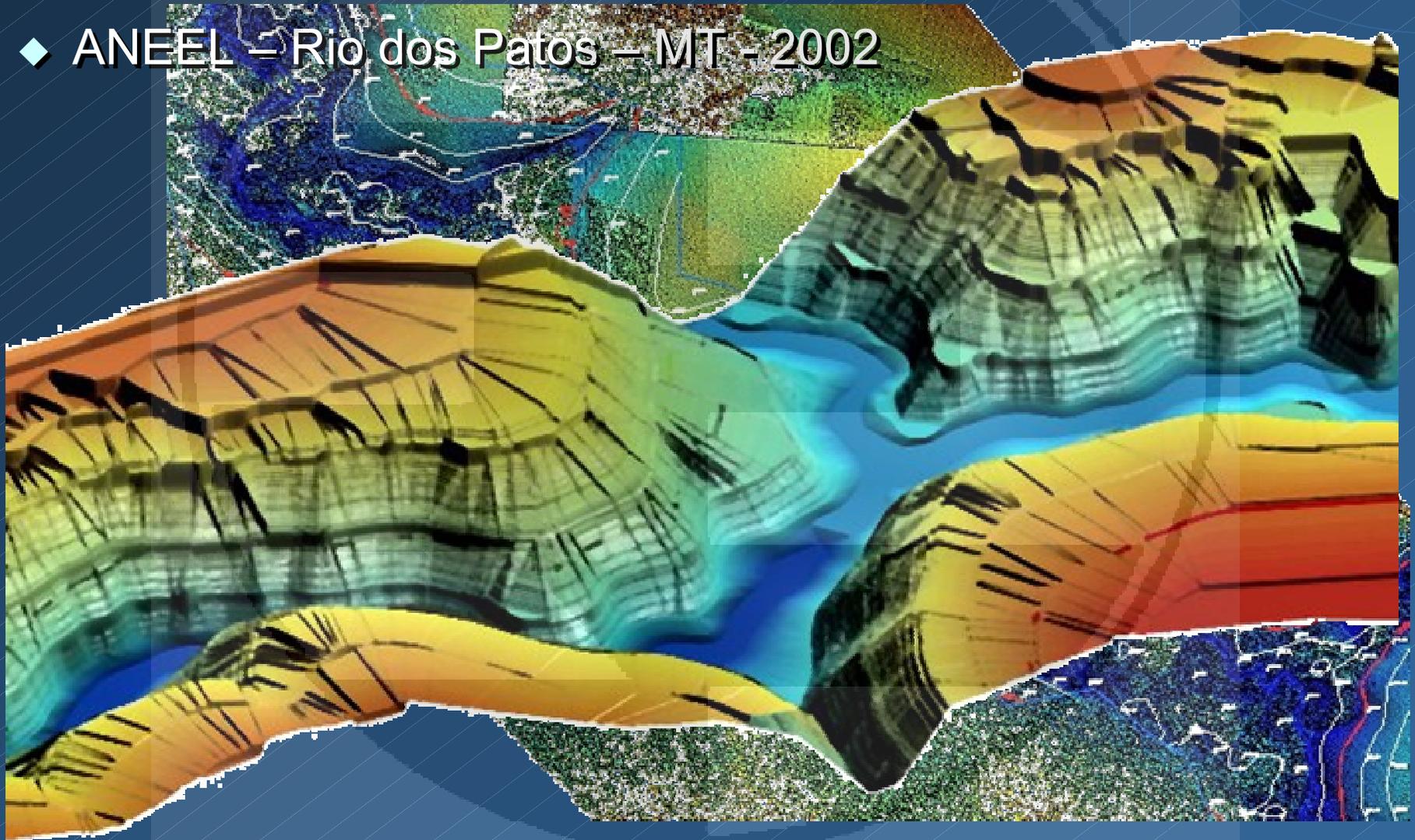
# Exemplo – Mineração

- ◆ Mineração SALOBO – Santarém – PA - 2003



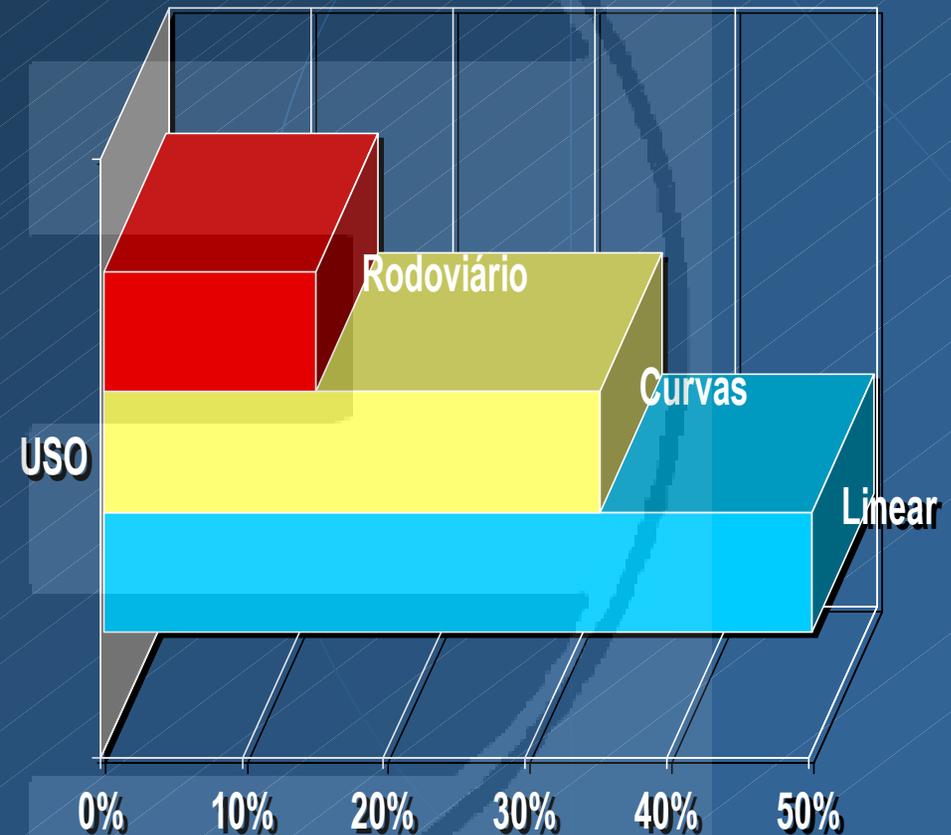
# Exemplo – Florestas

- ◆ ANEEL – Rio dos Patos – MT - 2002



# Serviços Executados

- ◆ Até 2003 - **6.250 km<sup>2</sup>** de levantamentos com esta tecnologia
  - **50%** de levantamentos em faixas (linear) com MDT e perfil do terreno;
  - **35%** para derivação de altimetria (curvas de nível) com MDT;
  - **15%** para a engenharia rodoviária com MDT e perfil extraído do MDT.



# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 1 - ESTEIO S.A. - HORIZONTAL

### Área de Calibração - Supermercado Carrefour

Dados	Divergência (mrad)	Pulso	Média (m)	Desvio Padrão (m)	Amostr a (# de Pontos)	EMQ (m)	Altura de vôo (m)
Dia 31401	0,3	First	-0,123	0,513	4	<b>0,527</b>	1150
		Last	-0,075	0,296	4	<b>0,305</b>	
		First	0,113	0,238	245	<b>0,263</b>	
		Last	0,205	0,322	239	<b>0,381</b>	
Dia 31701	0,3	First	0,060	0,348	6	<b>0,354</b>	1150
		Last	0,073	0,393	6	<b>0,400</b>	
		First	-0,139	0,284	143	<b>0,316</b>	
		Last	-0,125	0,314	147	<b>0,338</b>	

- As amostras menores (4 e 6) correspondem a pontos de controle monumentados;
- As amostras maiores (~140 e ~240) correspondem a pontos identificáveis na área do estacionamento (pintura, canteiros).

# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 1 - ESTEIO S.A. - VERTICAL

### Área de Calibração - Supermercado Carrefour

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

- As primeiras amostras correspondem a um levantamento com pequena divergência (0,3 mrad);
- A comparação foi feita com feições niveladas na área teste.

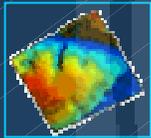
# Qualidade LASER na Prática

## ◆ **Caso 2 - ESTEIO S.A. - Corredor**

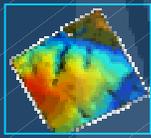
### **OSBRA - PETROBRAS Replan-Brasília**



**Ortofoto 1:1.000 com 700 m X 700 m (0,49 km<sup>2</sup>)**



**Hipsometria derivada de curvas de nível equidistantes de 1 m obtidas por fotogrametria (~17.500 ptos)**



**Hipsometria derivada de pontos LASER (*last pulse*) com densidade de 1 ponto por 10 m<sup>2</sup> (~49.000 ptos)**

- ◆ **Duas superfícies TIN para comparação de MDT derivado dos pontos da fotogrametria e dos pontos LASER;**
- ◆ **80.000 pontos de MDT comparados (centróides);**
- ◆ **Derivação de curvas de nível dos pontos LASER.**

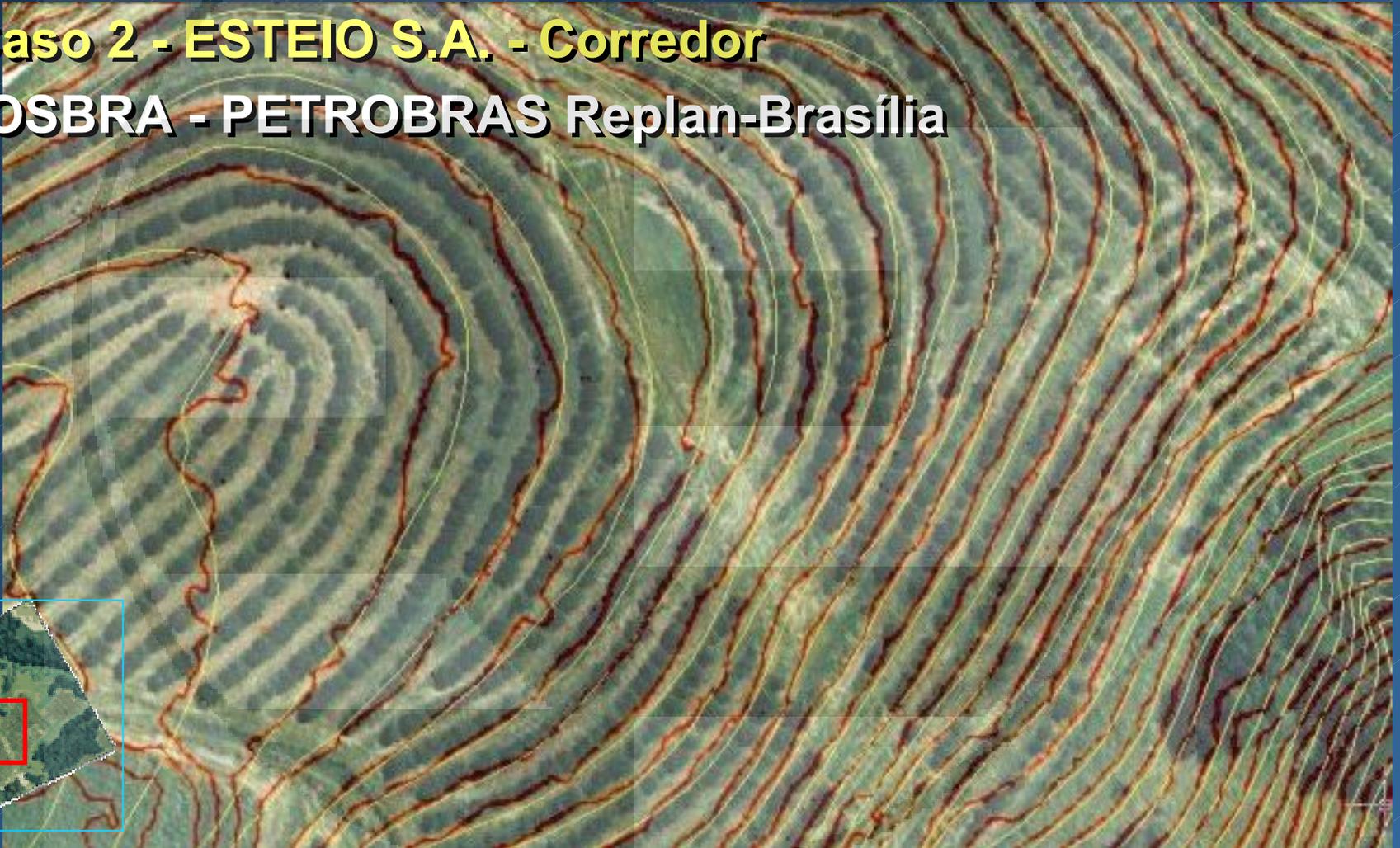
# Qualidade LASER na Prática

## ◆ **Caso 2 - ESTEIO S.A. - Corredor**

### **OSBRA - PETROBRAS Replan-Brasília**

- ◆ **Processamento de Curvas de Nível derivadas do MDT LASER e sua comparação com a Fotogrametria**
  - ↳ **Captação Fotogramétrica em estação digital DPW 770 NT da LH Systems - Escala de vôo 1:8.000 - Resolução imagem 25  $\mu$  (1.016 dpi)**
  - ↳ **Perfilamento a LASER 25 KHz - Altura de vôo 1.200 m - divergência 0,3 mrad - abertura 40° - densidade de pontos diminuída no pré-processamento (final 1 pto cada 10 m<sup>2</sup>)**

- ◆ **Caso 2 - ESTEIO S.A. - Corredor OSBRA - PETROBRAS Replan-Brasília**



derivada MDT LASER



restituída

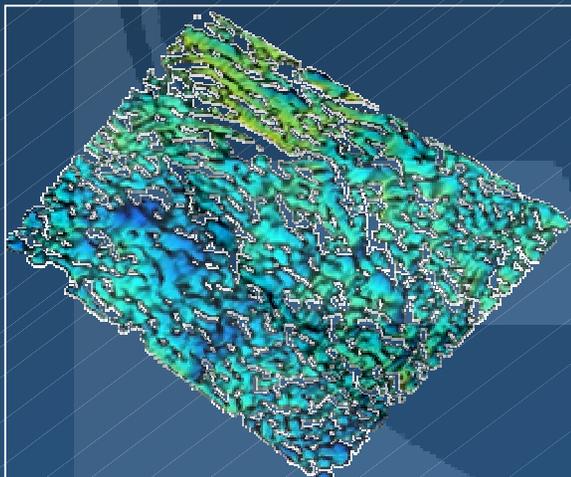
# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 2 - ESTEIO S.A. - Corredor

OSBRA - PETROBRAS Replan-Brasília

<i>Diferença máxima</i>	1,05 m
<i>Diferença mínima</i>	-1,24 m
<i>Média</i>	<b>0,17 m</b>
<i>Desvio Padrão</i>	0,22 m

**Total de pontos :**  
**81.731**



<i>Intervalos</i>	<i>No. Pontos</i>	<i>Freq</i>
dZ >= 2m	0	0,0%
1m <= dZ < 2m	38	0,0%
0,75m <= dZ < 1m	974	1,2%
0,50m <= dZ < 0,75m	6.309	7,7%
0,25m <= dZ < 0,50m	21.625	26,5%
0,10m <= dZ < 0,25m	29.849	36,5%
0m <= dZ < 0,10m	22.936	<b>28,1%</b>

**91,1 %**

# Qualidade LASER na Prática

## ◆ **Caso 3 - ESTEIO S.A. - Rodovia**

### **SP-270 (Raposos Tavares) - Duplicação Assis-Prudente**

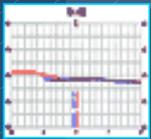
**Comparação de Seções Transversais derivadas dos pontos topográficos (nivelamento de eixo / borda da pista e pto esparsos - 3 a 5 m) e dos pontos LASER;  
Seções Transversais de comparação espaçadas de 20 m em 20 km de pista (1.023 pontos).**



**Ortofoto 1:2.000 com largura de 400 m**



**Curvas de Nível derivadas de MDT LASER**



**Seção Transversal sobre MDT LASER e Topográfico**

# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 3 - ESTEIO S.A. - Rodovia

### SP-270 (Raposos Tavares) - Duplicação Assis-Prudente

<i>Média</i>	<b>0,21</b>
<i>Desvio Padrão</i>	<b>0,12</b>
<i>Diferença Máxima</i>	0,61
<i>Diferença Mínima</i>	-0,22
<i>Moda</i>	0,13

Total de pontos :  
**1.023**



<i>Intervalo</i>	<i>N. Ptos</i>	<i>Freq</i>
dZ >= 0,5 m	10	1,0%
0,4 m >= dZ < 0,5 m	44	4,3%
0,3 m >= dZ < 0,4 m	173	16,9%
0,2 m >= dZ < 0,3 m	289	28,3%
0,1 m >= dZ < 0,2 m	327	31,9%
0,0 m >= dZ < 0,1 m	180	17,6%

**99,0 %**

**77,9 %**

**17,6%**

# Qualidade LASER na Prática

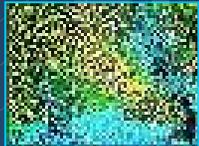
## ◆ **Caso 4 - ESTEIO S.A. – Área Florestada**

### **Mineração SALOBO**

**Comparação de MDT do Perfilamento a LASER com MDT derivado de curvas de nível a partir de pontos topográficos com nivelamento executado pelo contratante;**



**Mosaicagem de Vídeo**



**Curvas de Nível (5 m) derivadas de MDT LASER**

- ◆ **Vôo noturno com abertura de 10° a 1.000 m de altura;**
- ◆ **Duas superfícies TIN para comparação de MDT derivado dos pontos da topografia e dos pontos LASER – 7 km<sup>2</sup>;**
- ◆ **4.368 pontos de MDT comparados (malha regular 40m).**

# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 4 - ESTEIO S.A. – Área Florestada Mineração SALOBO

<i>Diferença máxima</i>	17,31 m
<i>Diferença mínima</i>	-15,55 m
<i>Média</i>	<b>0,34 m</b>
<i>Desvio Padrão</i>	2,96 m
<i>EMQ</i>	2,98 m

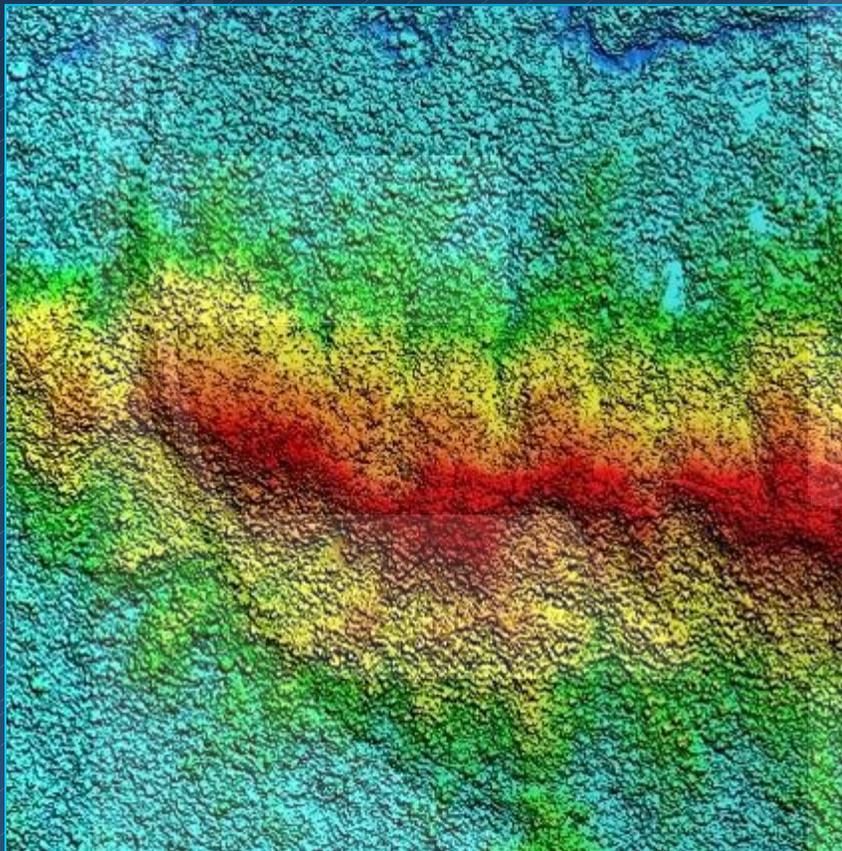
**Total de pontos :**  
**4.368**

Intervalos	No.Ptos	Freq
dZ >= 6m	246	5,6%
6m > dZ >= 5m	134	3,1%
5m > dZ >= 4m	217	5,0%
4m > dZ >= 3m	373	8,5%
3m > dZ >= 2m	615	<b>14,1%</b>
2m > dZ >= 1m	1038	<b>23,8%</b>
1m > dZ >= 0,5m	793	<b>18,2%</b>
dZ < 0,5 m	952	<b>21,8%</b>

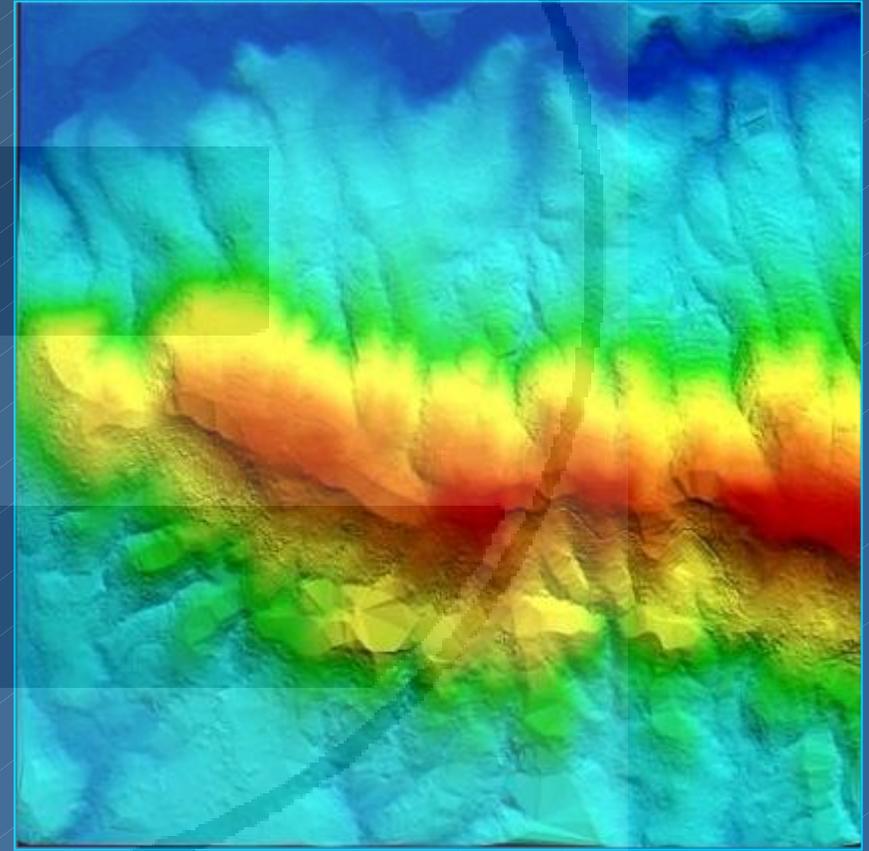


# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 4 - ESTEIO S.A. – Área Florestada**  
**Mineração SALOBO**



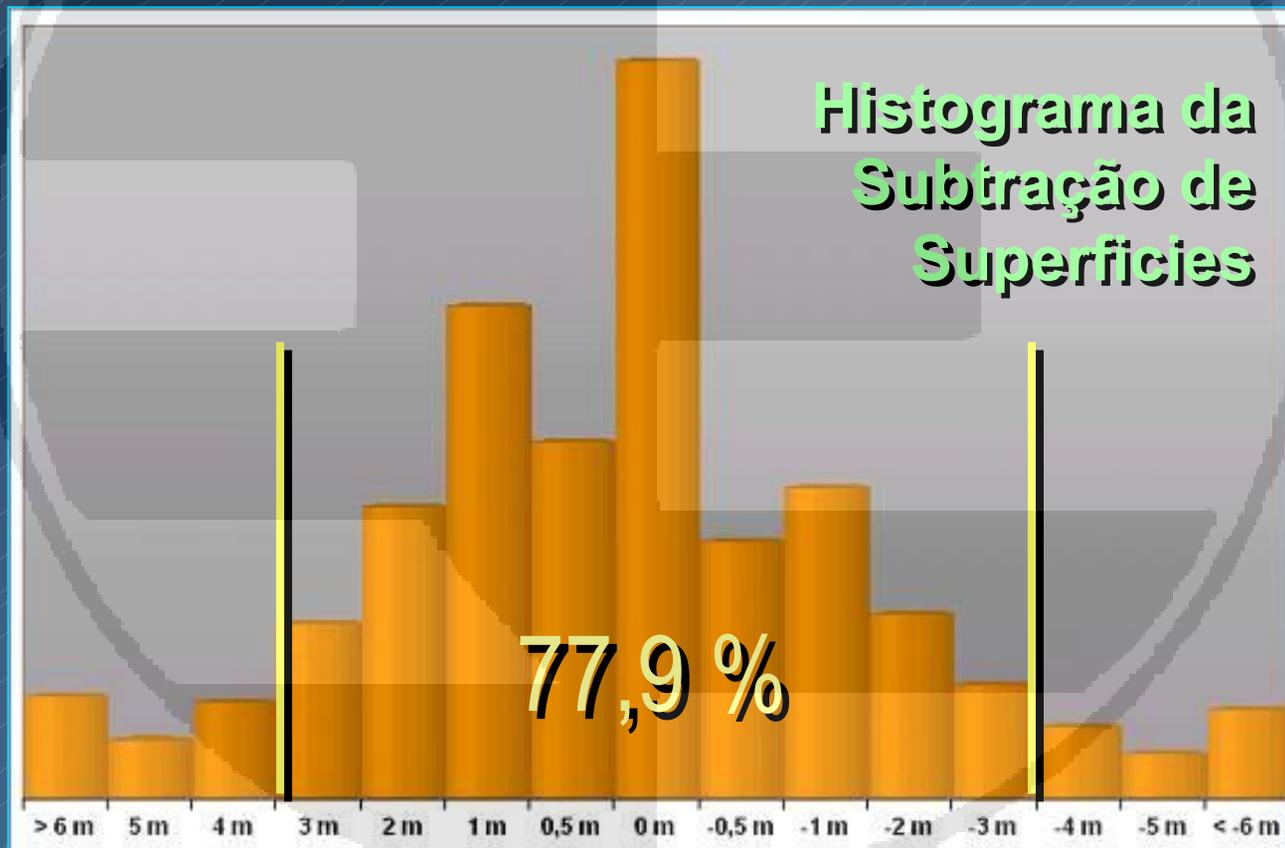
**MDE**



**MDT**

# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 4 - ESTEIO S.A. – Área Florestada**  
**Mineração SALOBO**



# Qualidade LASER na Prática

## ◆ **Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana**

**Bairro Água Verde – Curitiba -PR**

**Comparação de Perfilamento a LASER com :**

1. **Pontos GPS** com nivelamento geométrico em locais de características marcantes (ondulado, plano ...);
2. **Pontos de Aerotriangulação** (20 pontos);
3. **MDT** derivado de Captação Altimétrica em aparelhos analíticos (9.676 pontos).

## ◆ **Coberturas Aéreas**

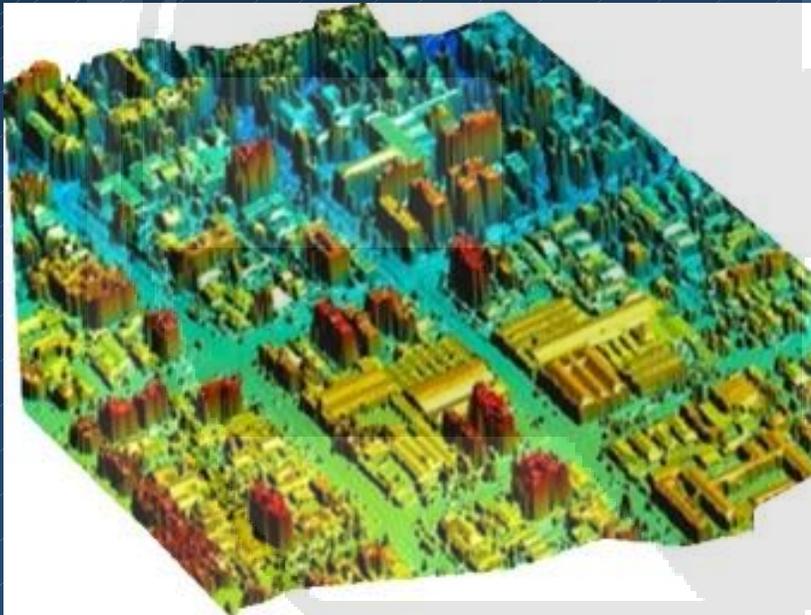
**Distância focal 153 mm e 300 mm - ano 2000 e 2002 - escalas 1:8.000 e 1:4.000;**

## ◆ **Perfilamento a LASER**

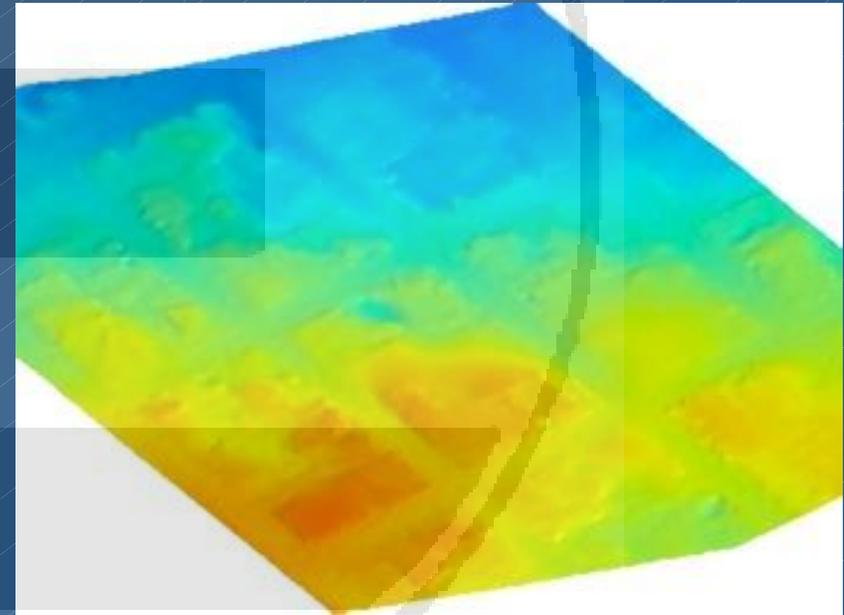
**Altura de vôo = 1.000 m – ano 2003.**

# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana**  
**Bairro Água Verde – Curitiba -PR**



**MDE**



**MDT**

# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana**

Bairro Água Verde – Curitiba –PR

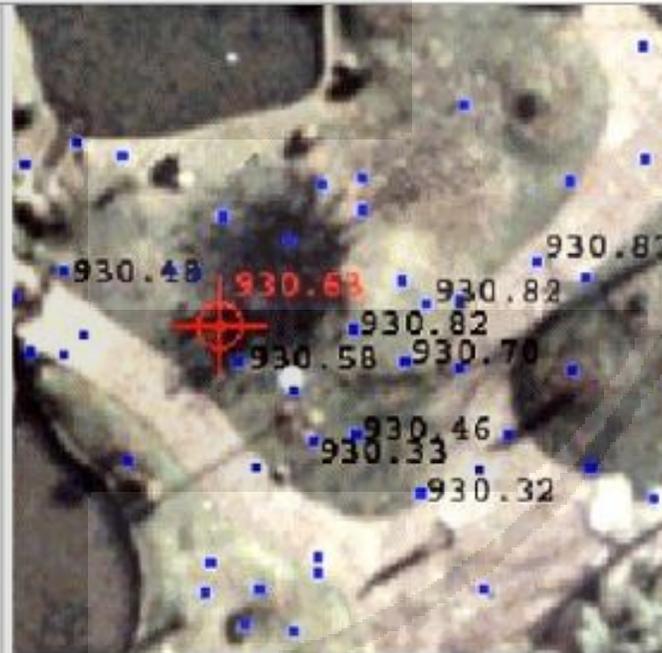
## 1. PONTOS GPS

Cota dos pontos GPS X Cota de pontos LASER nas proximidades

Região 1 - Praça do Japão



Vista Geral do Ponto GPS 1005



Detalhe do Ponto GPS 1005



# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana

Bairro Água Verde – Curitiba –PR

### 1. PONTOS GPS

Cota dos pontos GPS X Cota de pontos LASER nas proximidades

Região 3 - Av. Getúlio Vargas



Vista Geral do Ponto GPS 1017



Detalhe do Ponto GPS 1017

# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana**  
**Bairro Água Verde – Curitiba –PR**  
**1. PONTOS GPS**

**Resultados encontrados por Região**

<b>Cota GPS (m)</b>	<b>Cota LASER (m)</b>	<b>GPS - LASER (m)</b>
930,63	930,48	0,15
	930,87	-0,24
	930,58	0,05
	930,70	-0,07
	930,82	-0,19
	930,82	-0,19
	930,46	0,17
	930,32	0,31
	930,33	0,30

Média (m)	<b>0,03</b>
Desvio Padrão (m)	<b>0,21</b>
Diferença máxima (m)	<b>0,31</b>
Diferença mínima (m)	<b>-0,24</b>

# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana

Bairro Água Verde – Curitiba –PR

### 1. PONTOS GPS

Tabela de Resultados encontrados por Região (em metros)

REGIÃO	PTOS	MÉDIA	DP	DIF MÁX	DIF MÍN
1- ondulado	9	<b>0,03</b>	0,21	0,31	-0,24
2- plano	12	<b>0,01</b>	0,09	0,14	-0,12
3- lote	10	<b>-0,05</b>	0,12	0,16	-0,20
4- cruzamento	12	<b>0,03</b>	0,17	0,23	-0,20

# Qualidade LASER na Prática

## ◆ Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana

Bairro Água Verde – Curitiba –PR

### 2. PONTOS AEROTRIANGULAÇÃO

Cota dos pontos ajustados de Aerotriangulação nas ligações de modelos ou faixas X Cota de pontos LASER nas proximidades

Medição instrumental em estação analítica ZEISS PLANICOMP com resolução de 5  $\mu\text{m}$

Ajuste de Aerotriangulação com  $\sigma_0 = 12 \mu\text{m}$  (EMQ = 0,13 m) para planimetria e  $\sigma_0 = 17 \mu\text{m}$  para altimetria (EMQ = 0,08 m)

	Captação Fotogramétrica	Perfilamento a LASER
<b>Média (m)</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>
<b>Desvio Padrão (m)</b>	0,29	0,11
<b>Diferença Máxima (m)</b>	0,50	0,28
<b>Diferença Mínima (m)</b>	-0,71	-0,13
<b>Erro Médio Quadrático (m)</b>	<b>0,28</b>	<b>0,11</b>

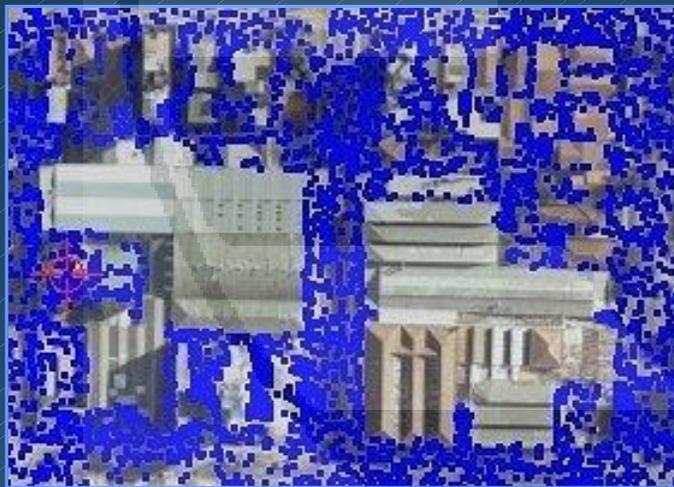
# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana**

Bairro Água Verde – Curitiba –PR

3. MDT

Comparação de MDT's com base na altimetria extraída das curvas de nível captadas pela Fotogrametria Convencional e outra derivada da "nuvem" de pontos LASER



“Nuvem” de Pontos LASER



Pontos Fotogrametria

# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana**  
**Bairro Água Verde – Curitiba –PR**  
**3. MDT**

## Resultados obtidos na Subtração de Superfícies

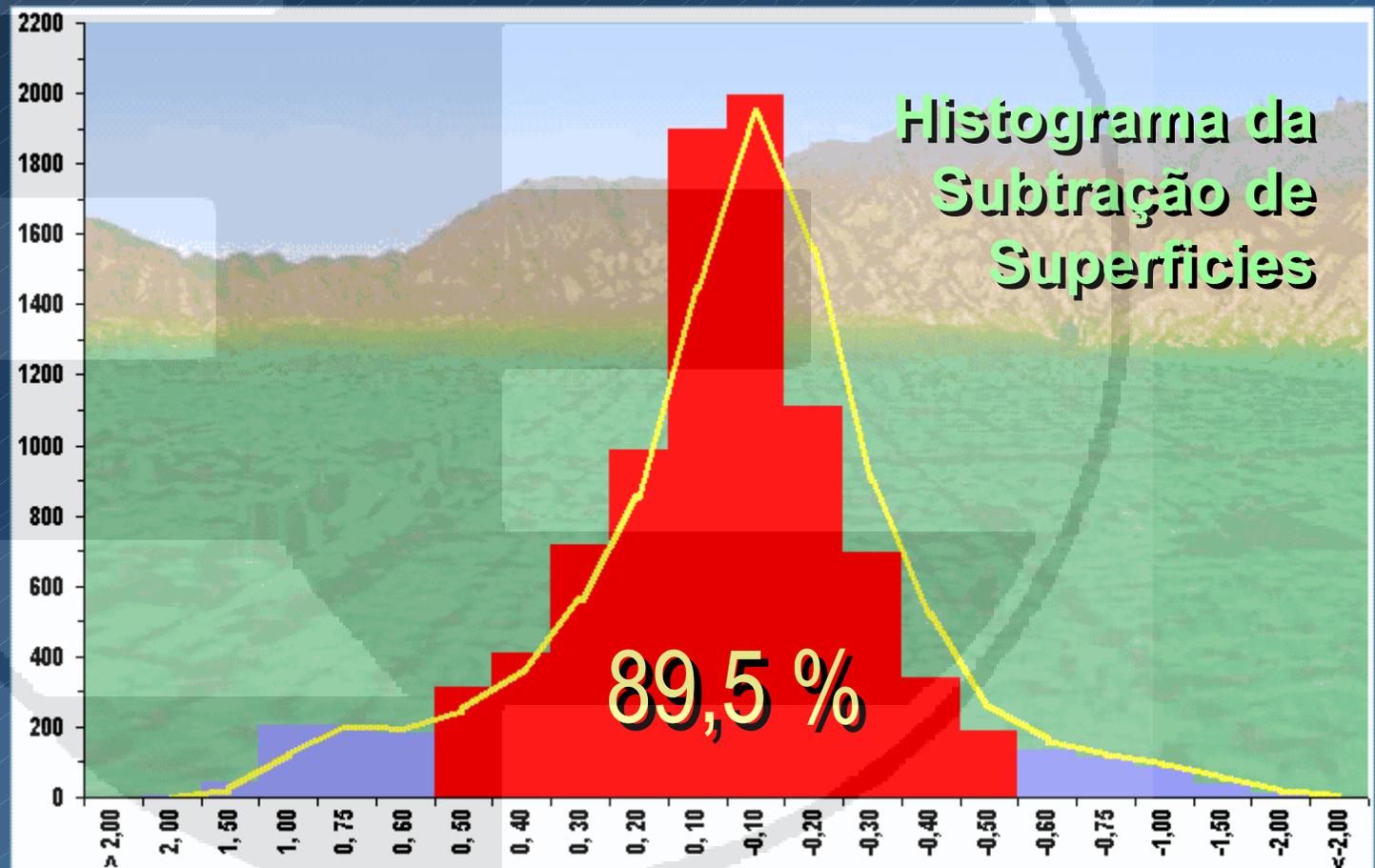


Intervalo	Número de Pontos	Percentual	% Acumulado
> 1,5 m	13	0,1 %	100 %
1,25 m < dif < 1,49 m	22	0,2 %	99,9 %
1,00 m < dif < 1,24 m	59	0,6 %	99,7 %
0,75 m < dif < 0,99 m	294	3,0 %	99,1 %
0,50 m < dif < 0,74 m	637	6,6 %	96,1 %
<b>0,25 m &lt; dif &lt; 0,49 m</b>	<b>1860</b>	<b>19,2 %</b>	<b>89,5 %</b>
<b>0,10 m &lt; dif &lt; 0,24 m</b>	<b>2899</b>	<b>30,0 %</b>	<b>70,3 %</b>
<b>&lt; 0,09 m</b>	<b>3892</b>	<b>40,3 %</b>	<b>40,3 %</b>

PONTOS DA COMPARAÇÃO	9.676
MÉDIA DAS DIFERENÇAS	<b>0,026 m</b>
DESVIO PADRÃO	0,316 m
ERRO MÉDIO QUADRÁTICO (EMQ)	<b>0,355 m</b>

# Qualidade LASER na Prática

- ◆ **Caso 5 - ESTEIO S.A. – Área Urbana**  
Bairro Água Verde – Curitiba –PR  
3. MDT



- ◆ Workshop '3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data' -Dresden, Alemanha - Outubro 2003
- ◆ **A COMPARISON OF FOREST CANOPY MODELS DERIVED FROM LIDAR AND INSAR DATA IN A PACIFIC NORTHWEST CONIFER FOREST**

Hans-Erik Andersen

(University of Washington, College of Forest Resources)

Robert J. McGaughey, Ward W. Carson, Stephen E. Reutebuch

(USDA Forest Service)

Bryan Mercer, Jeremy Allan

(Intermap Technologies Corp)

**Comparação de dados (MDE e MDT) de InSAR banda X e P e dados de LiDAR com dados fotogramétricos de uma área florestada com 5,2 km<sup>2</sup> na Capitol State Forest, estado de Washington, USA.**

- ◆ Workshop '3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data' -Dresden, Alemanha - Outubro 2003

	LiDAR – foto (m)		InSAR – foto (m)	
	Copas	Terreno	Copas	Terreno
<b>Média</b>	<b>-2,24 (-1,24 *)</b>	<b>0,02</b>	<b>-5,03 (7,03 **)</b>	<b>-0,27</b>
<b>Mín</b>	<b>-10,20</b>	<b>-2,86</b>	<b>-35,25</b>	<b>-4,52</b>
<b>Máx</b>	<b>3,06</b>	<b>2,82</b>	<b>20,92</b>	<b>3,59</b>
<b>DP</b>	<b>2,72</b>	<b>1,51</b>	<b>8,76</b>	<b>2,12</b>

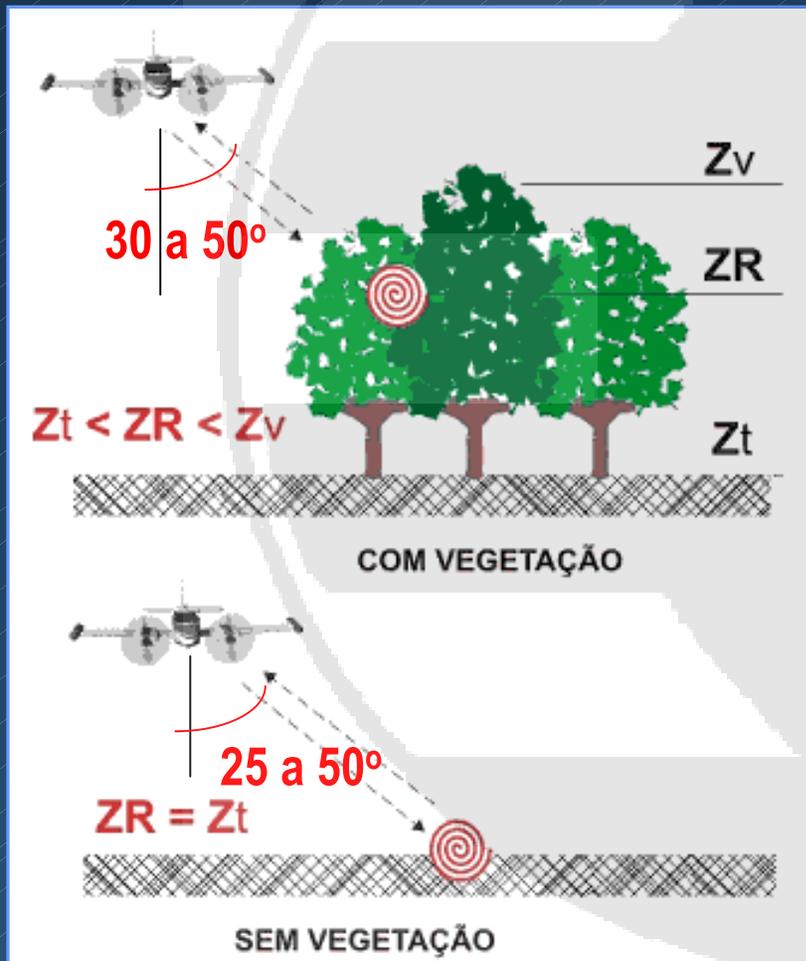
(\*) Diferença média entre LiDAR e foto foi avaliada como um metro menos devido à diferença de datas entre a aquisição do LASER e as medições fotogramétricas (março de 99 e Junho de 2000)

(\*\*) De maneira análoga, a diferença média entre InSAR e foto deve ser cerca de 2 m maior devido ao efeito de crescimento (Junho de 2000 e Setembro de 2002)

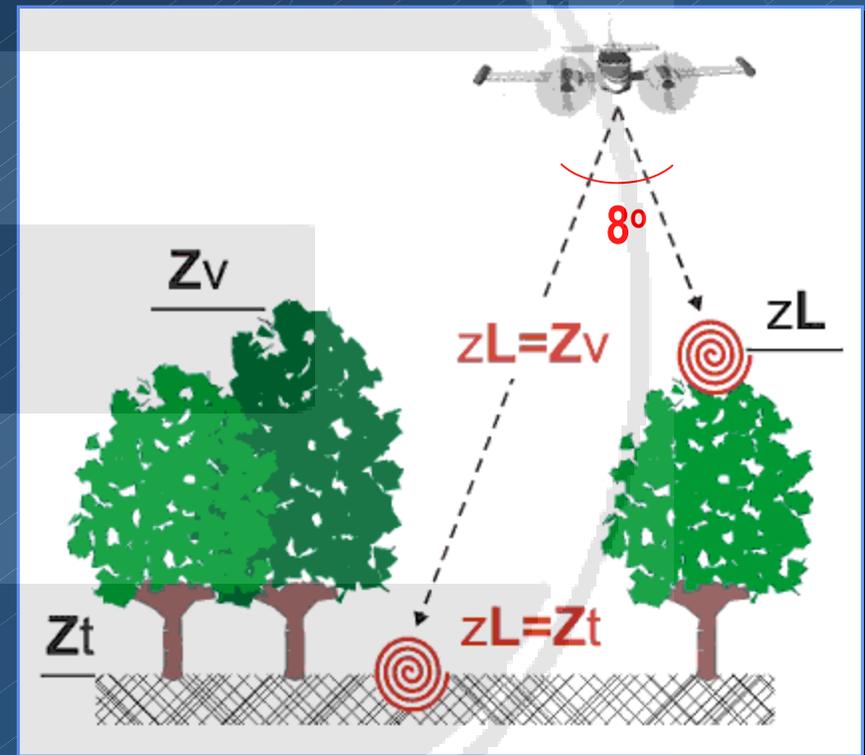
AMOSTRA : 68 pontos em Copas e 27 pontos no terreno

- ◆ Workshop '3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data' -Dresden, Alemanha - Outubro 2003
- ◆ **CONCLUSÕES (Andersen e outros,2003):**
  - LiDAR tem dificuldade em captar a exata posição do topo das coníferas, por isto esta diferença em torno de 1 m;
  - InSAR compromete a perfilagem devido ao seu modelo inclinado de captação que cria "sombras" prejudicando a identificação de detalhes. Isto contrasta com o modelo verticalizado de captação do LiDAR que muitas vezes se mostra mais eficaz que a Fotogrametria.
  - Os dois sistemas fornecem bons resultados para a modelagem de terreno.
  - InSAR é recomendado para áreas mais vastas onde o detalhamento é secundário, enquanto o LiDAR é a tecnologia apropriada para áreas menores ou levantamentos lineares (perfilamentos).

## ◆ Características dos Modelos Operacionais

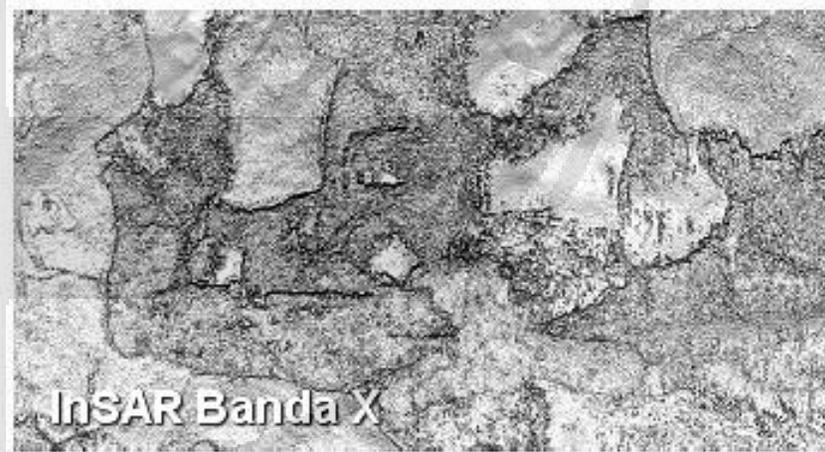
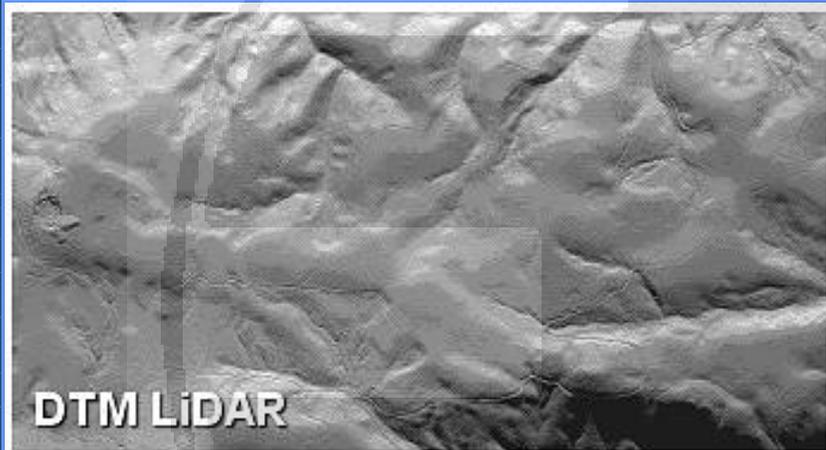


InSAR

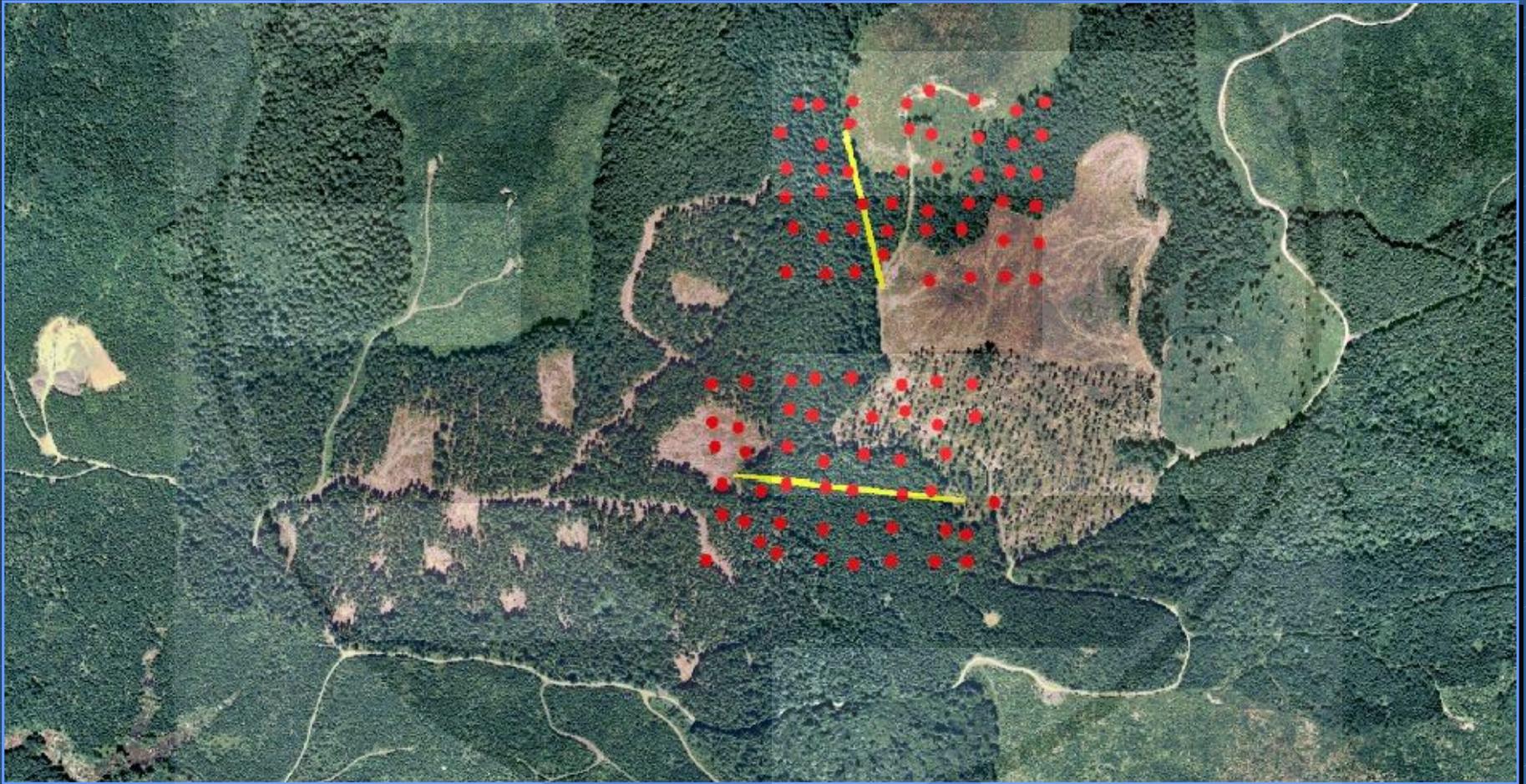


LiDAR

- ◆ Produtos Derivados (Andersen e outros,2003)



- ◆ Imagem das Áreas Teste (Andersen e outros, 2003)



- ◆ Workshop '3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data' -Dresden, Alemanha - Outubro 2003
- ◆ **ITERATIVE BUILDING RECONSTRUCTION FROM MULTI-ASPECT InSAR DATA**

U. Soergel, U. Thoennesen, U. Stilla

(FGAN-FOM Research Institute for Optronics and Pattern Recognition – Alemanha)

A **qualidade** na reconstrução de edificações com base em **dados InSAR** é **limitada** pelo fenômeno inerente ao **processo de obliquidade na tomada da cena**. Especialmente em **áreas densamente urbanizadas** com prédios altos, a **reconstrução é impossível**, já que nem mesmo medidas de elevações são obtidas. Para áreas rurais, industriais onde as edificações são bem destacadas, os resultados são mais promissores.

- ◆ Workshop '3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data' -Dresden, Alemanha - Outubro 2003
- ◆ **AUTOMATIC GENERATION OF BUILDING MODELS FROM LIDAR DATA AND THE INTEGRATION OF AERIAL IMAGES**

F. Rottensteiner

School of Surveying and Spatial Information Systems, The University of New South Wales, Sydney, Australia

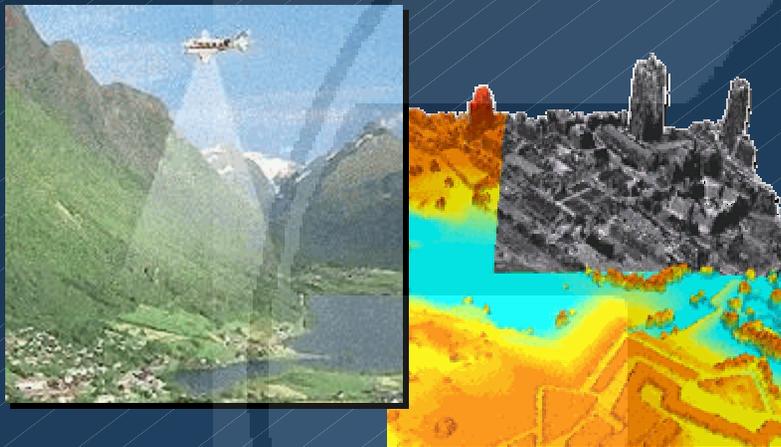
Ch. Briese

IPRS - Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology, Austria

... um método para extração de edificações de **dados LIDAR** em áreas densamente urbanizadas. Os resultados preliminares em um local de teste na cidade de Viena mostraram o **potencial alto do método**. Apresentou-se a integração de imagens aéreas no fluxo de trabalho para obter resultados melhores em um método chamado "multi-sensor-metria" em lugar de Fotogrametria.



# Contato



**ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.**

Rua Reinaldo Machado, 1151 - Prado Velho

Curitiba - Paraná - Brasil

80215-010

fone : +55 41 332-4299

fax : +55 41 332-3273

e-mail : [info@esteio.com.br](mailto:info@esteio.com.br)

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

Diretoria Técnica-Comercial

Eng. Valther Xavier Aguiar

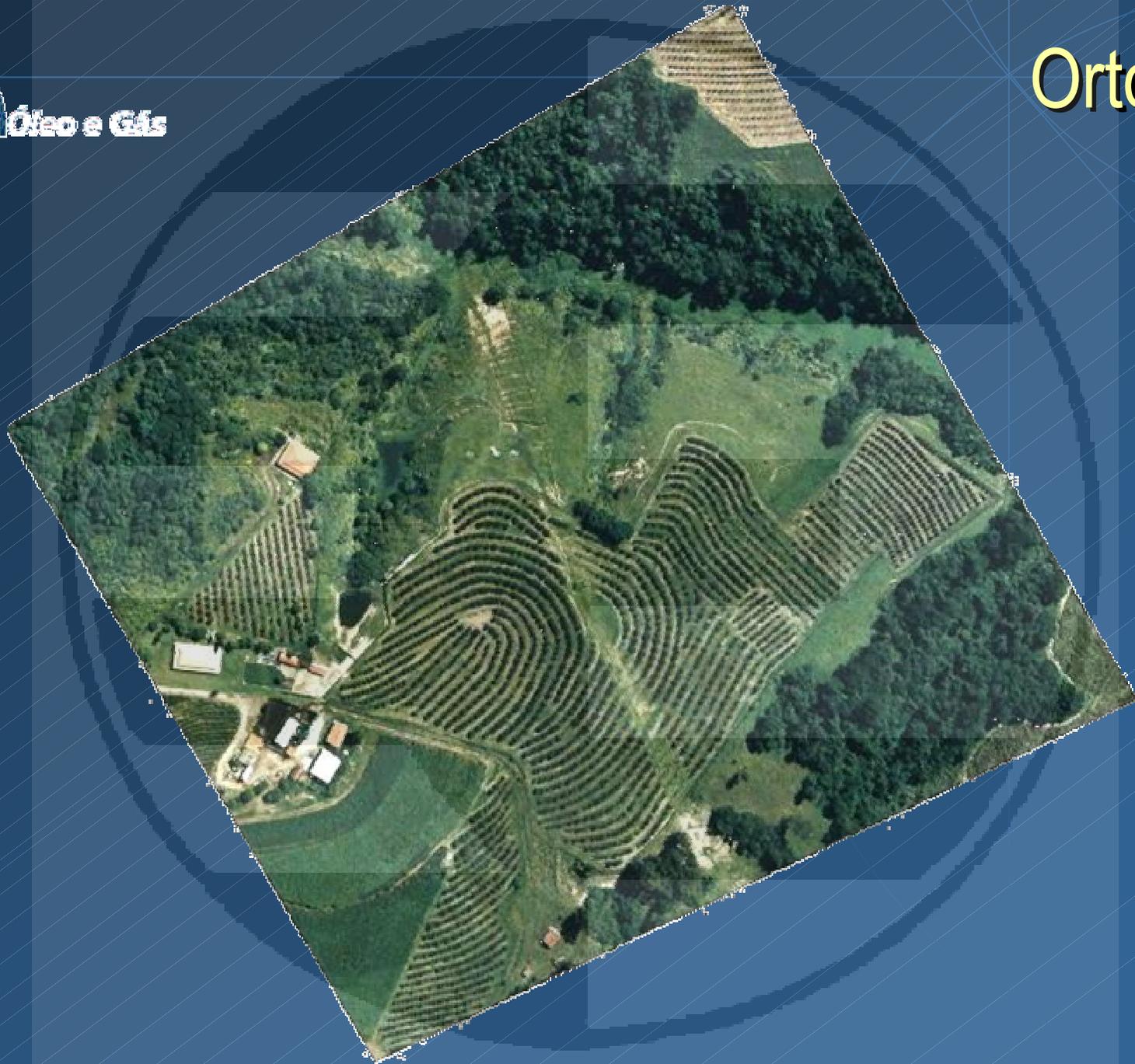
[valther@esteio.com.br](mailto:valther@esteio.com.br)

Diretoria Técnica

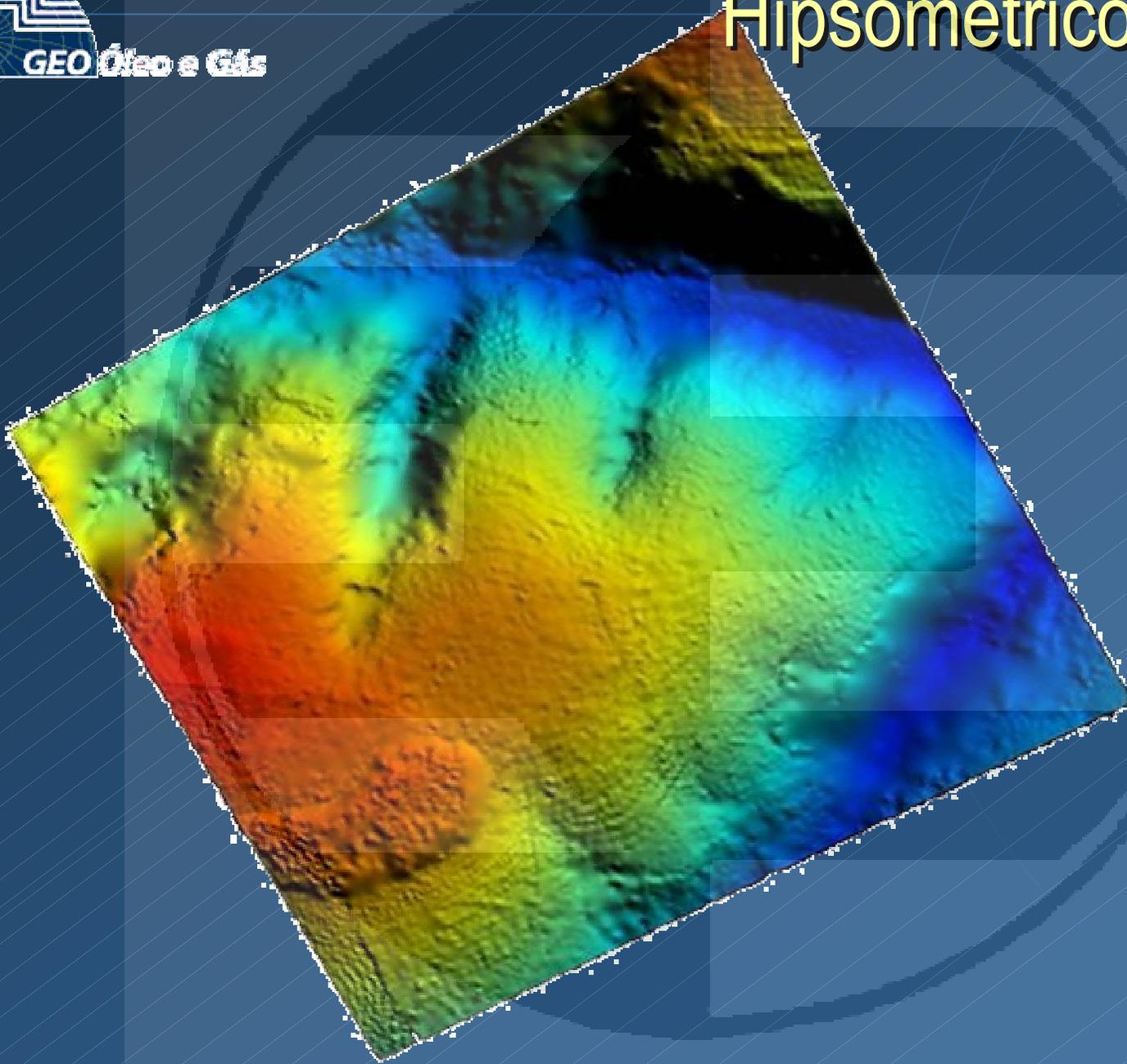
Eng. Amauri Brandalize

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

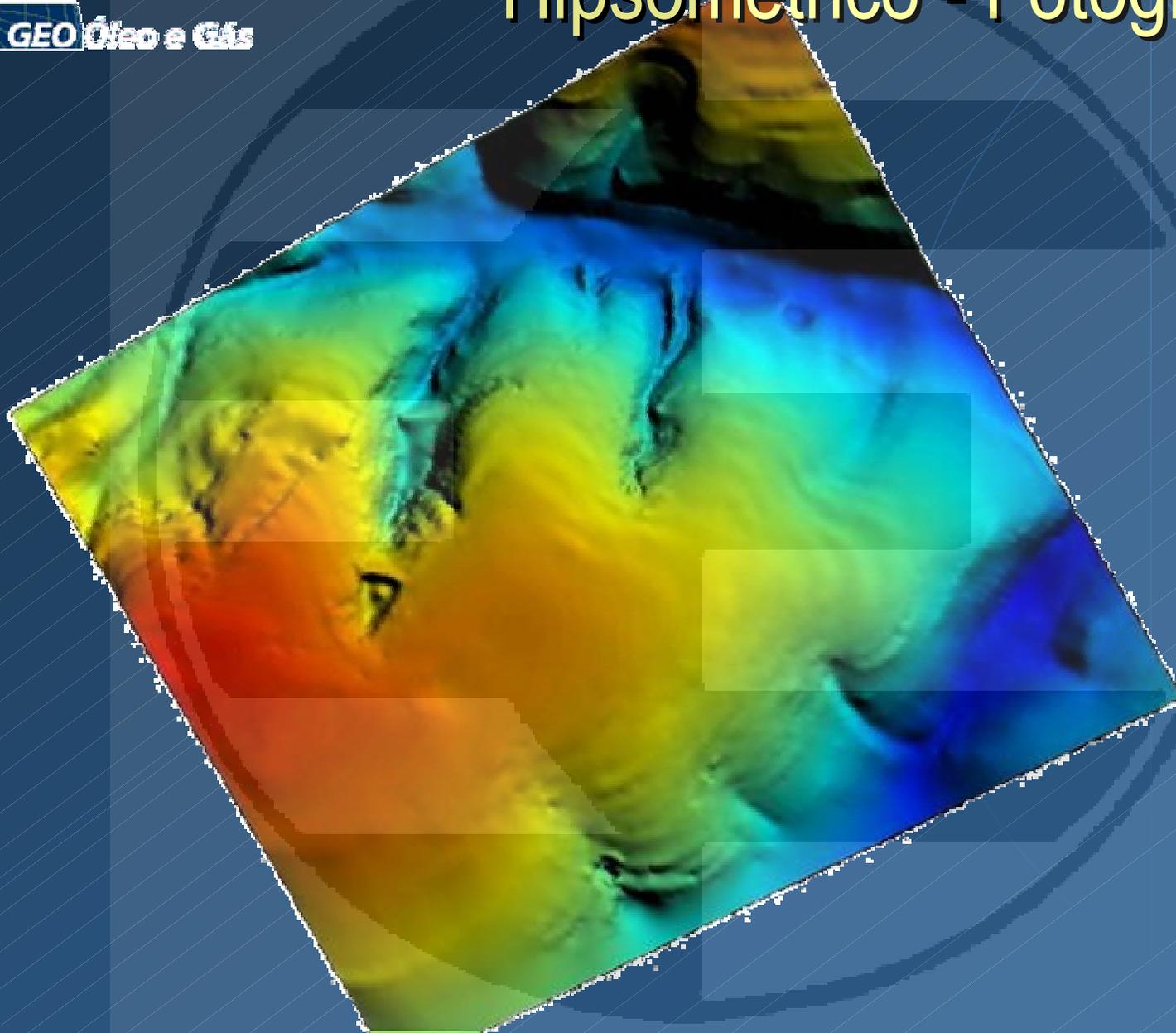
# Ortofoto



# Hipsométrico - LASER



# Hipsométrico - Fotogrametria



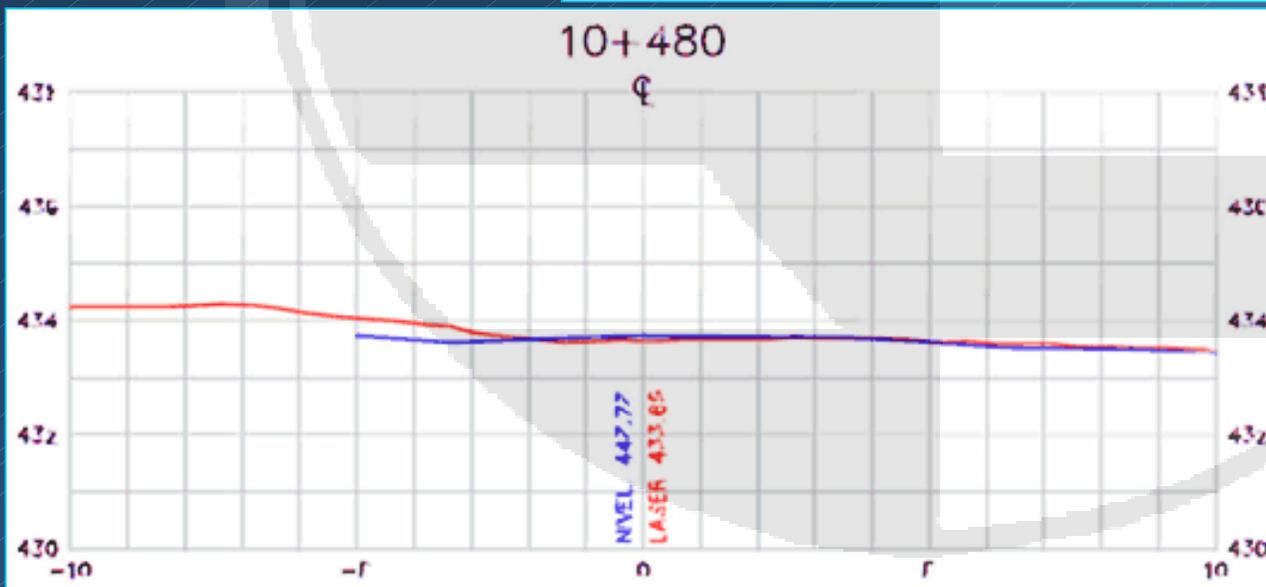
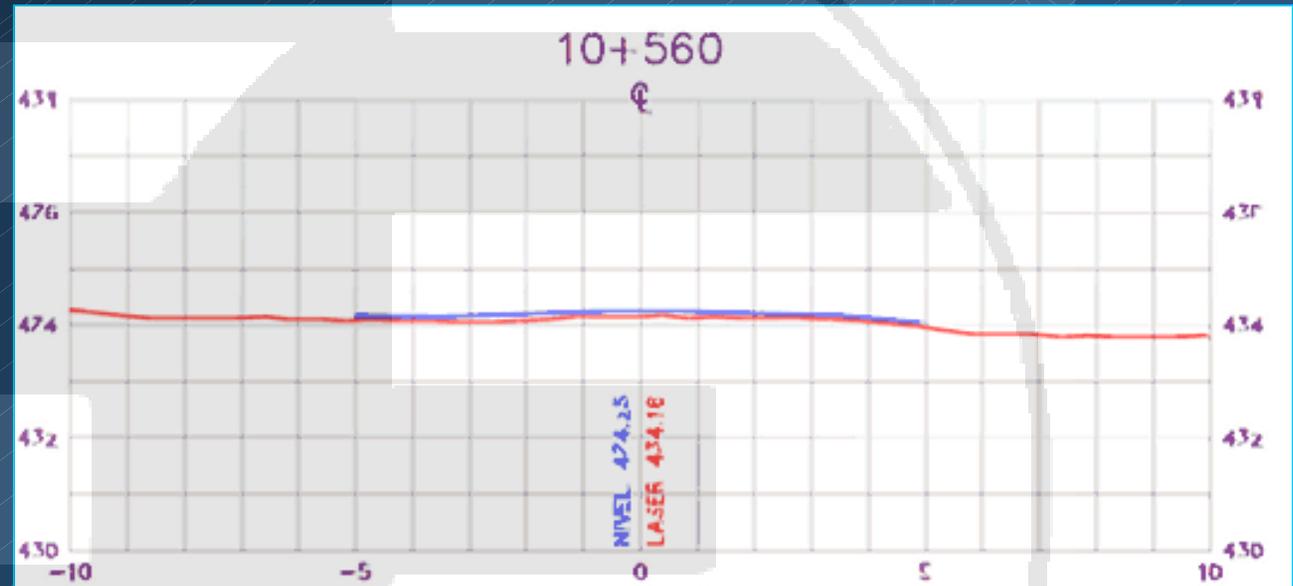
# Ortofoto SP-270



# Curvas de Nível – LASER - SP-270



# Seções Transversais - SP-270



# Mosaico de Vídeo

