



# **Fotogrametria: fundamentos e processos.**

# FOTOGRAFIAS AÉREAS

FX. 15-2908-19-06-78

1:35.000



Rio

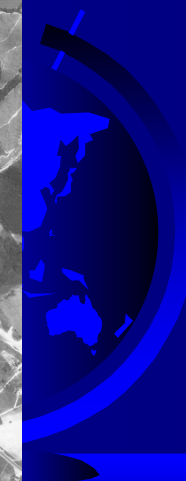
Mata

Lago

Estrada

Cana-de-açúcar

Área Urbana





# FOTOGRAFIAS AÉREAS



## **Histórico**

- ➔ **Origem vinculada a fotografia**  
**1839 – Invenção da fotografia**
- ➔ **1849 - Cel. Aimé Laussedat (fotogrametria no mapeamento topográfico).**
- ➔ **1858 - Gaspar Felix Tournachon (Nadar) Fotografo e Balonista - Vila Francesa de Petit-Becetre, 80 m)**





## **Histórico**

- ⇒ **1860/70 – Fotografias a bordo de balões.**
- ⇒ **1906 – Santos Dumont inventa o avião.**
- ⇒ **1917/20 – I Grande Guerra Mundial.**



## **Histórico**

⇒ **1936/45 – II Grande Guerra Mundial.**

⇒ **Podemos dividir em dois períodos:**

**1860 - 1960 (fotografias aéreas)**

**1960 - hoje (fotografias e imagens)**

⇒ **Desenvolvimento do Sensoriamento Remoto:**

**Matemática; Física; Química**

**Biologia; Ciências da Terra e**

**Computação.**



## Definição:

# Sensoriamento Remoto

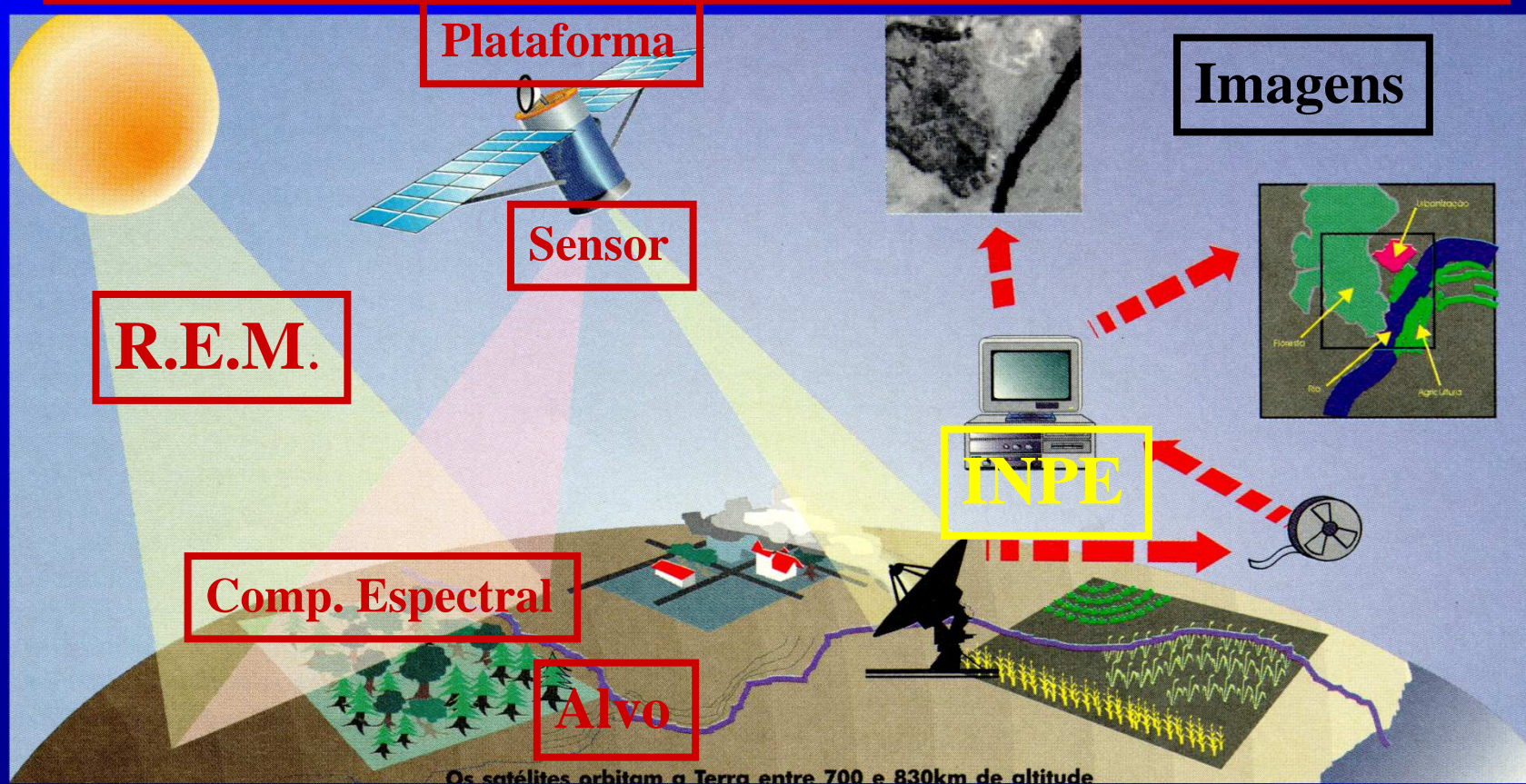
“ É a ciência ou a arte de se **obterem informações** sobre um objeto, área ou fenômeno, através de dados coletados por aparelhos denominados **sensores**, que não entram em contato direto com os alvos em estudo (Crepani, 1983)”





# Princípios Físicos do SR

## Aquisição/Armazenamento/Processamento

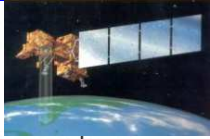




# NÍVEIS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Altitude

920 km



400 km

3000 m



120 m



≈ 60 m

≈ 20 m



PLATAFORMAS

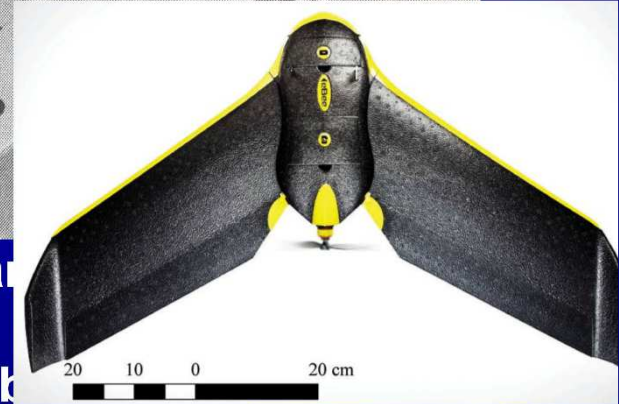
ORBITAL



AÉREAS



TERRESTRE

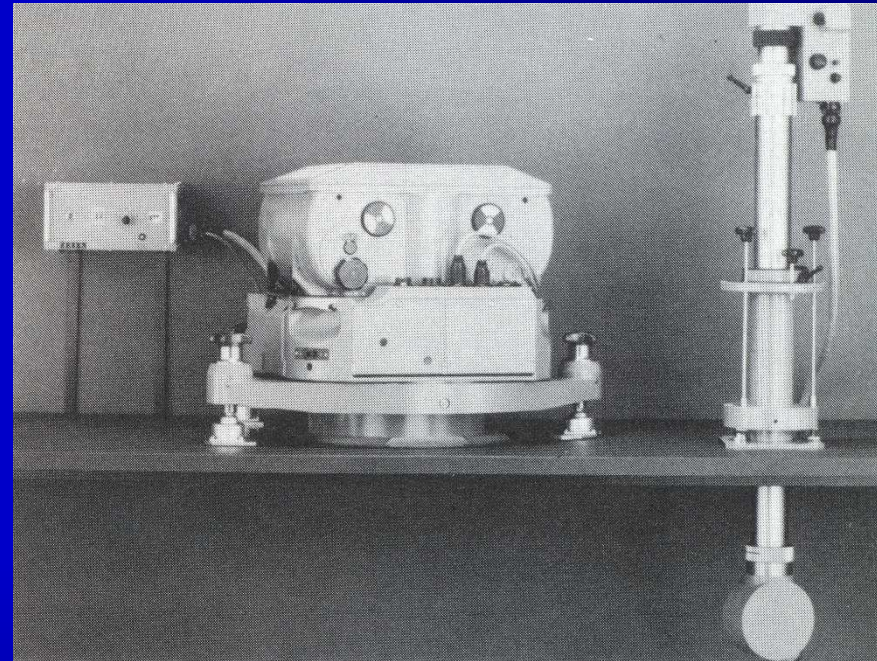
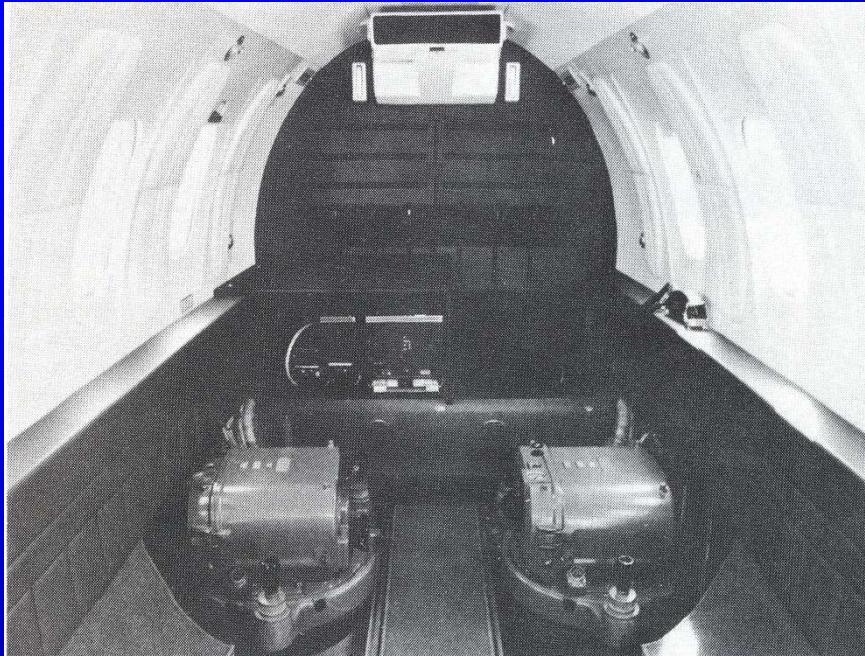


Car

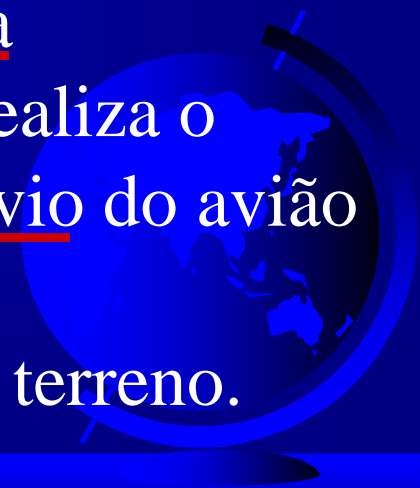
Lab



## FOTOGRAFIAS AÉREAS - SENSOR



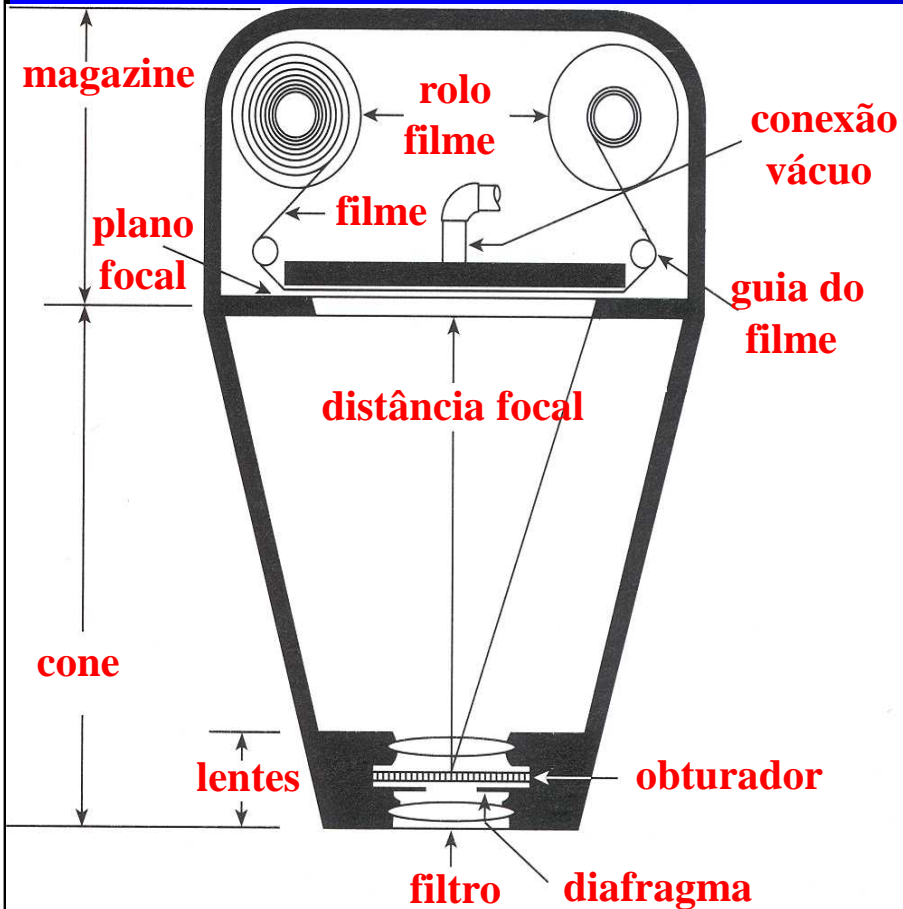
- ➔ Suporte da máquina fotográfica
  - sistema evita choques e vibrações, realiza o ajustamento para compensar a deriva e o desvio do avião enquanto percorre a linha de vôo;
  - mantém a câmara sempre paralela ao terreno.





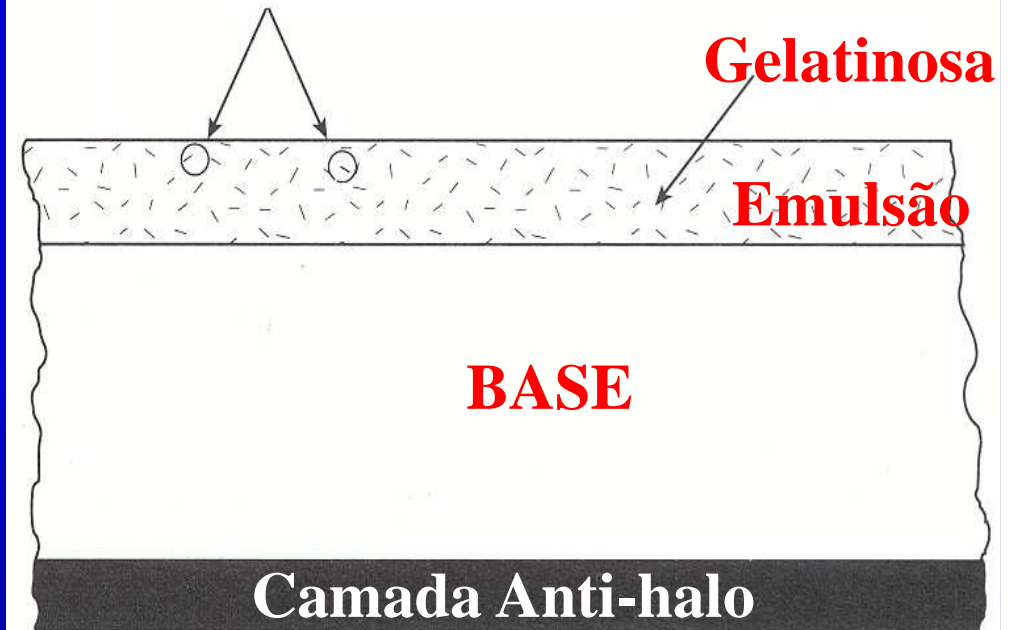
# FOTOGRAFIAS AÉREAS - SENSOR

## CÂMARA



## FILME PANCROMÁTICO

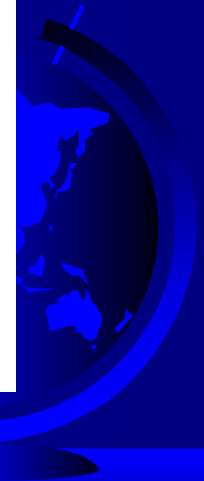
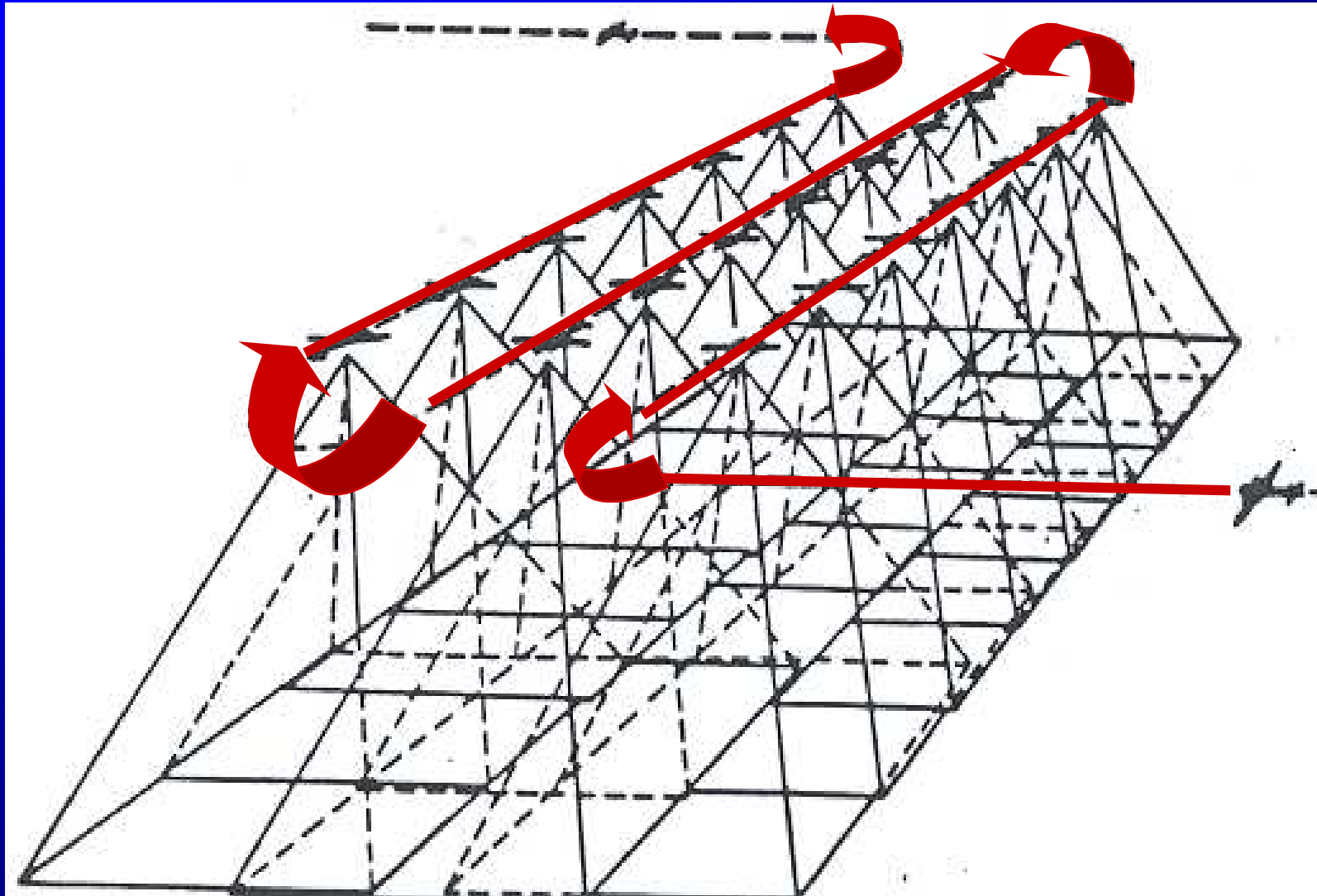
Haletos de prata (AgCl, AgBr, AgI)



## Detalhes na Foto

- ↑ Tamanho dos grânulos
- ↓ Tempo de exposição
- ↓ Menor detalhamento

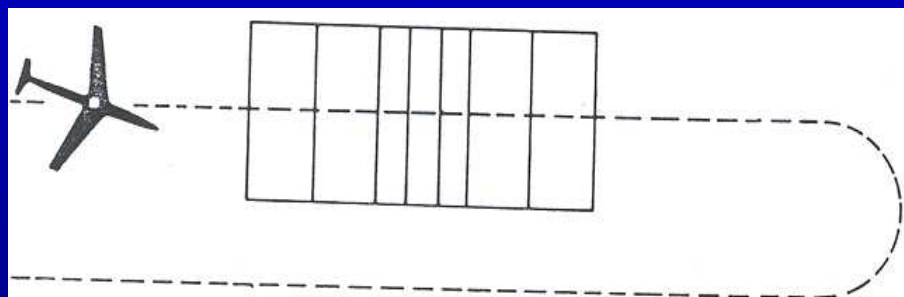
# FOTOGRAFIAS AÉREAS – LINHA DE VÔO



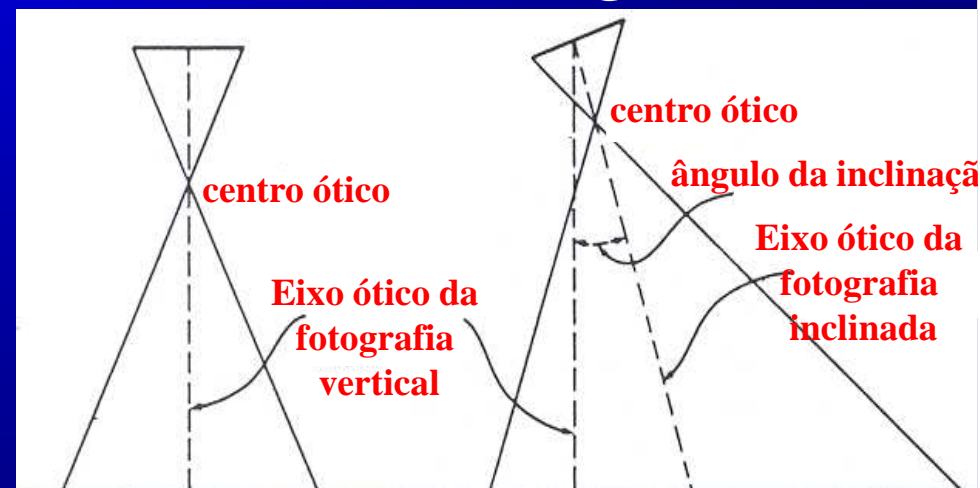
# FOTOGRAFIAS AÉREAS – DERIVA, DESVIO E INCLINAÇÃO



➤ **Deriva (Drift):** é o ângulo que o lado da foto faz com a linha de vôo correta



➤ **Desvio (Crab):** é o efeito da deriva. Observado na montagem das fotos.

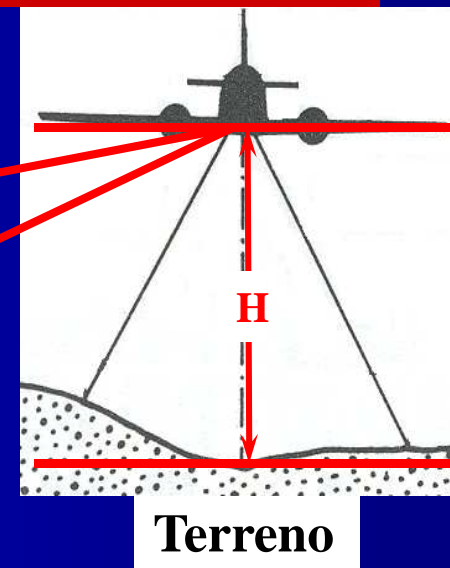


➤ **Correção da orientação da câmara**

➤ **Inclinação (Tilt):** é a inclinação da câmara no momento da exposição



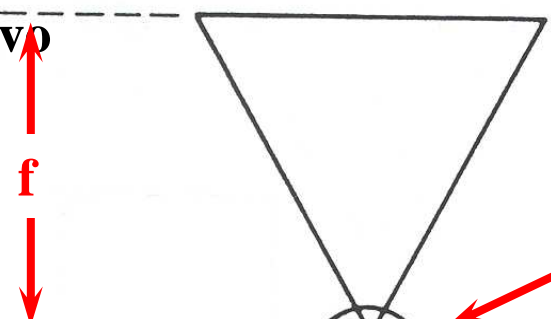
# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL – GEOMETRIA DE AQUISIÇÃO



**f = distância focal**  
**H = altura de vôo**



Negativo



Câmara aérea

Plano Nodal Interior

Centro de projeção (Lente)

Plano Nodal Exterior

Redução



Cópia na Escala do Negativo

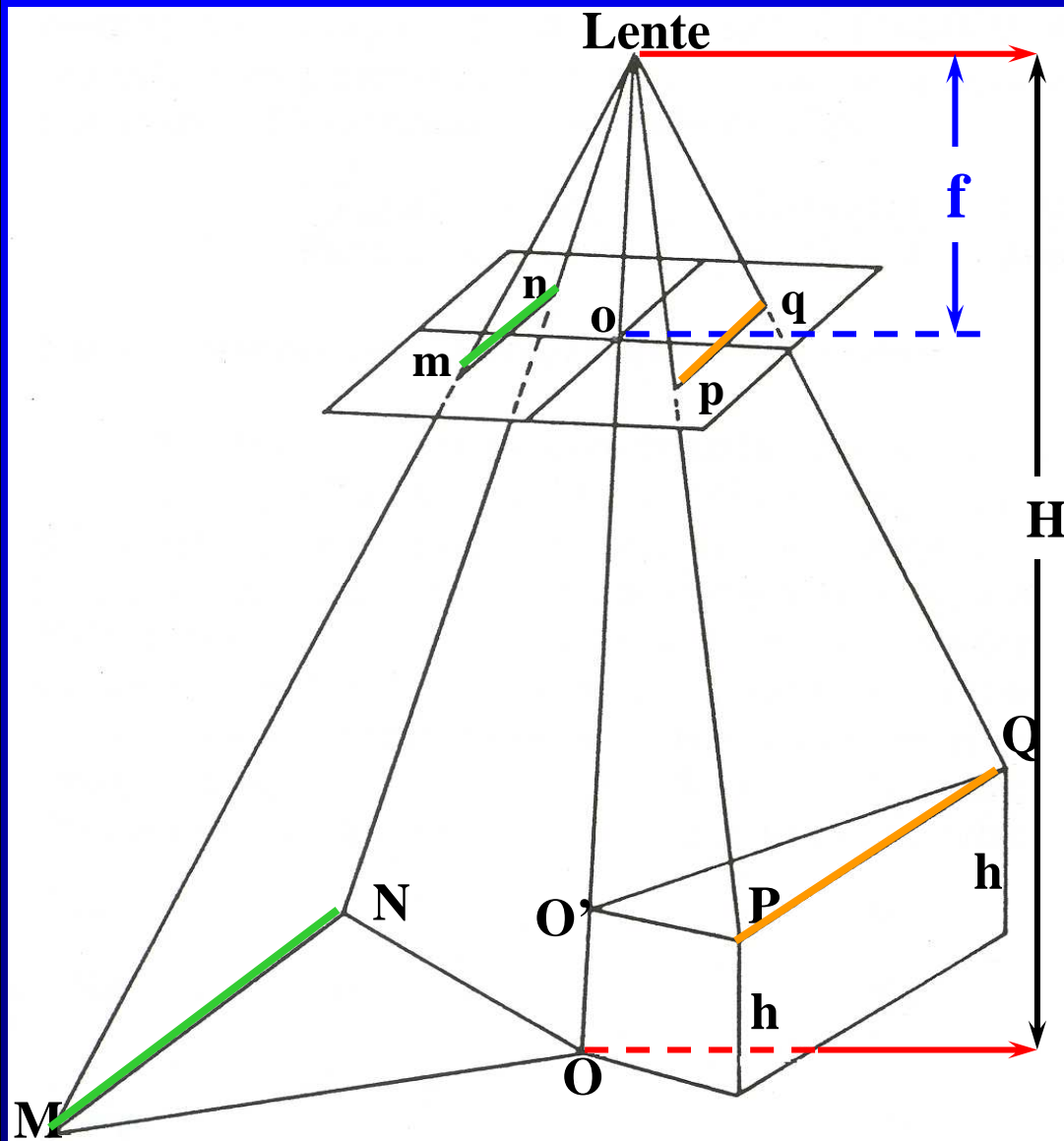
H



Ampliação

Objeto (Terreno)

# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESCALA



**Escala do Plano de Referência**  
(Nível médio do mar)

$$\frac{mn}{MN} = \frac{f}{H}$$

$$\therefore S = f/H$$

**Escala Média**  
(média das elevações)

$$\therefore S_m = f/H - hm$$

**Escala Foto - Escala Mapa**

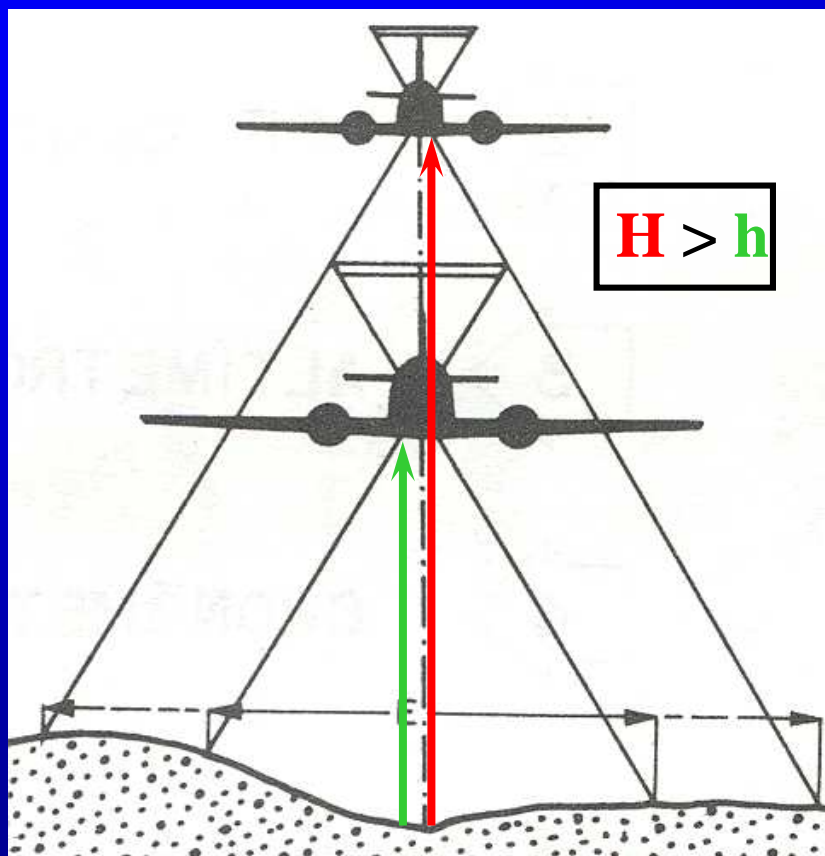
$$\frac{\text{Esc. Foto}}{\text{Esc. Mapa}} = \frac{\text{Dist. Foto}}{\text{Dist. Mapa}}$$

**Escala Foto - Terreno**

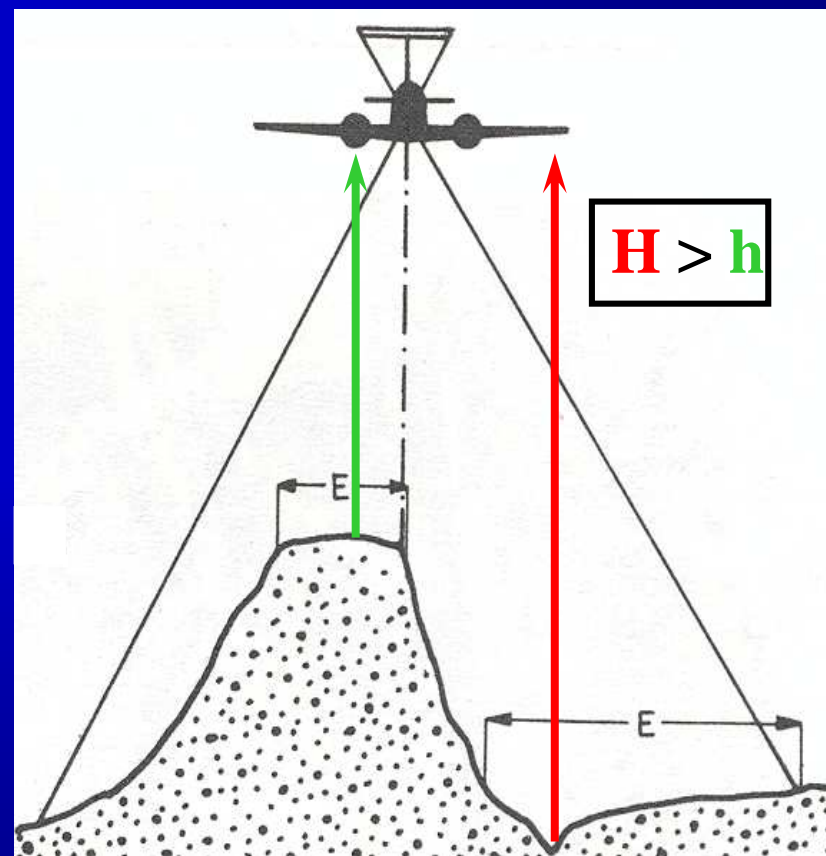
$$S = \frac{\text{Dist. Foto}}{\text{Dist. Terreno}}$$

# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESCALA

## Altura de Vôo



## Relevo



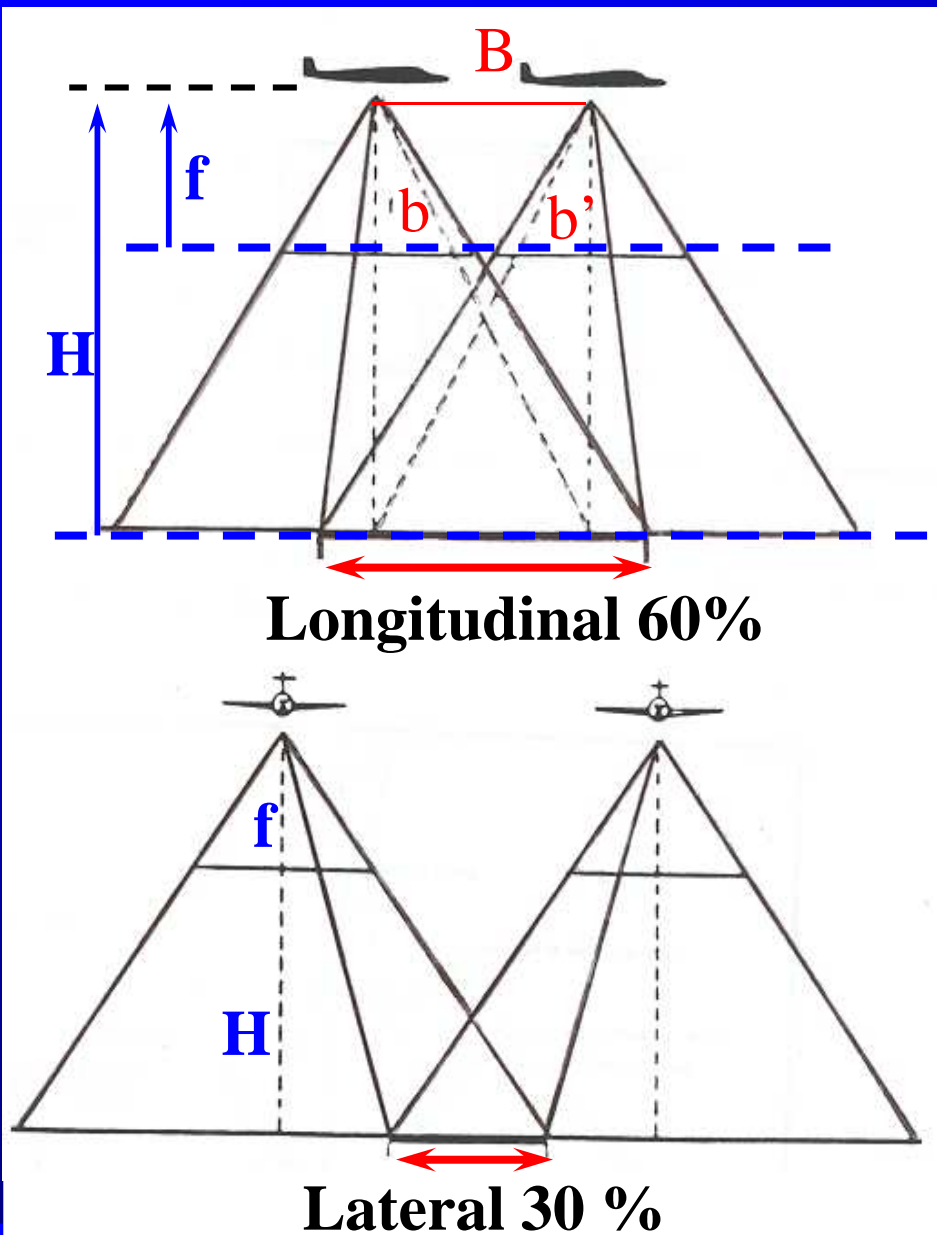
$S = \frac{f}{H}$  constante

↑ ↓     ↓ ↑

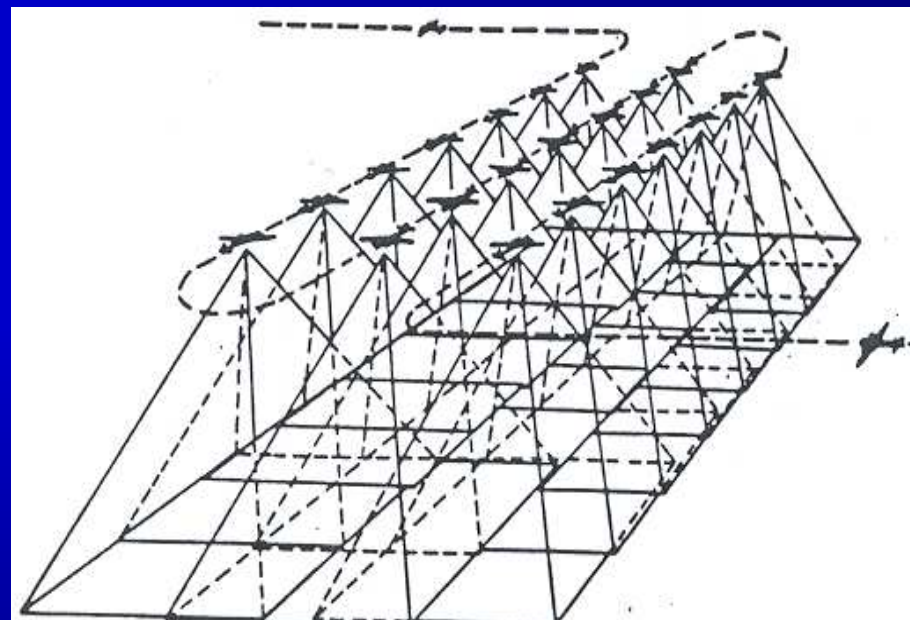




# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - RECOBRIMENTO



Plano de Vôo Aerofotogramétrico



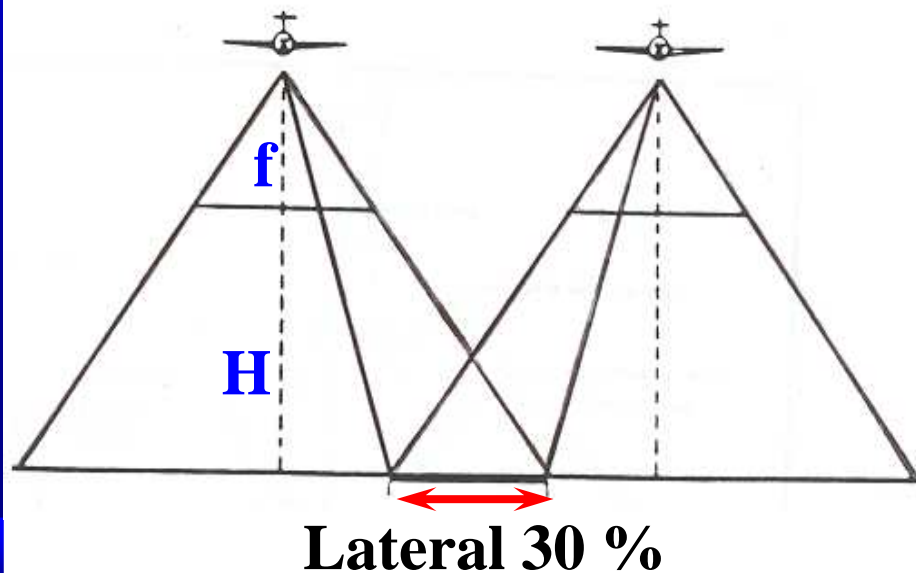
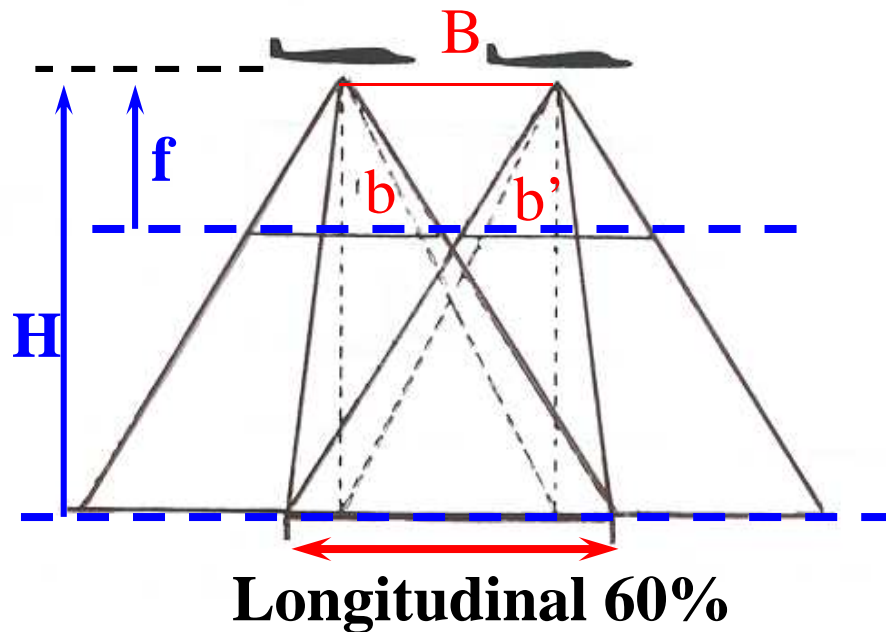
B - Base aérea = percurso do avião



**Sobreposição**



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - RECOBRIMENTO



Qual a importância do recobrimento longitudinal e lateral em fotografias aéreas?





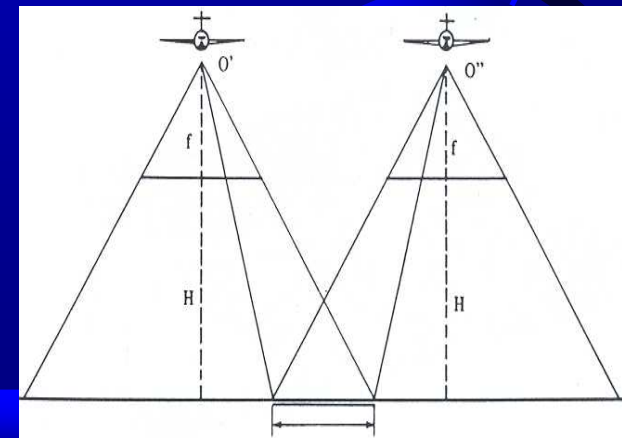
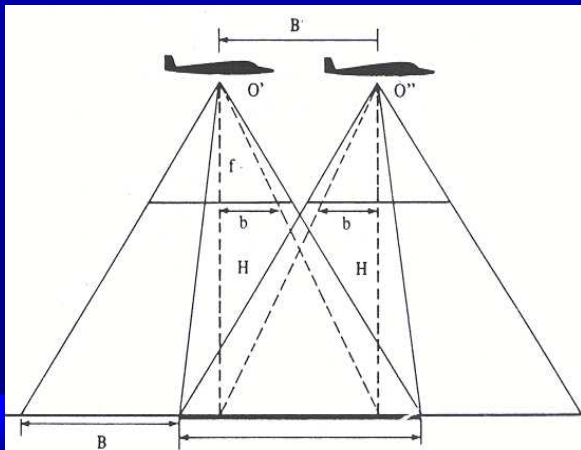
# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESTEREOSCOPIA

“ é a ciência e a arte que permite a visão estereoscópica ( 3 D )”

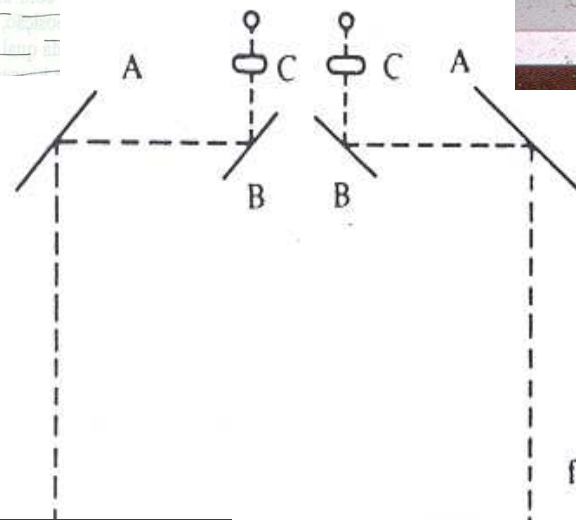
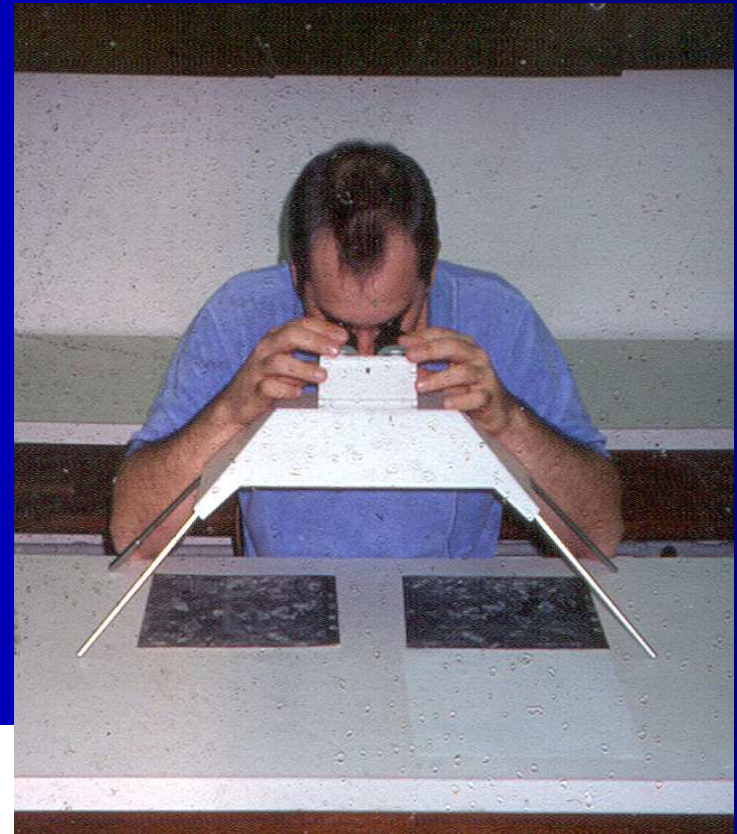
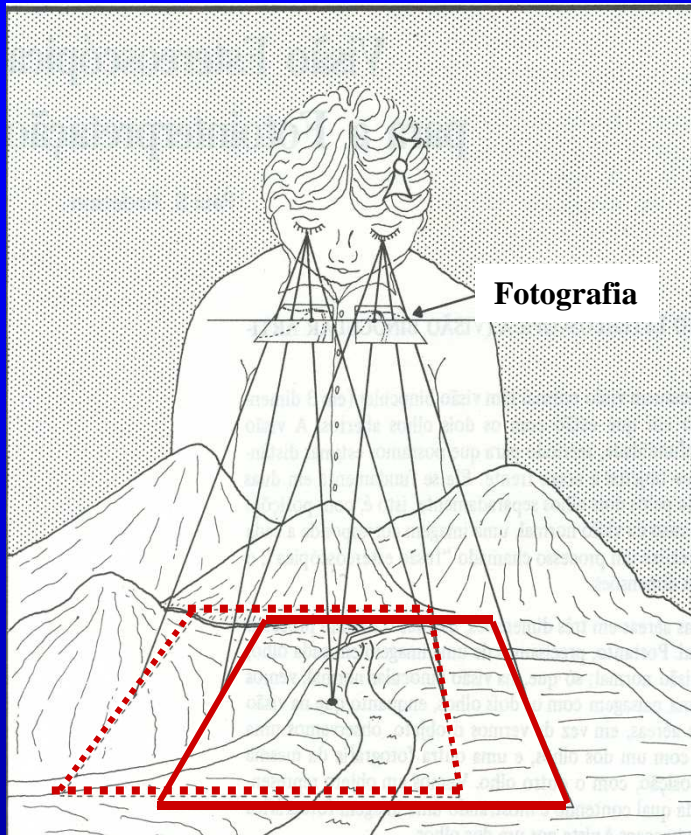
- ⇒ **Visão monocular** - visão num único plano, fotografia simples;
- ⇒ **Visão binocular** - permite a noção de profundidade no intervalo correspondente a distância interpupilar do observador (+/- 7 cm). A profundidade é dada pela diferença de ângulos com que as imagens são recebidas.

## FOTOGRAFIAS AÉREAS

“São obtidas de tal maneira que um mesmo objeto aparece em duas fotografias sucessivas, tiradas em ângulos diferentes. Uma vez feita a fusão das duas, imagens, obtém-se a percepção estereoscópica (3ª dimensão).”



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESTEREOSCOPIA



- A; Espelhos
- B; Prismas
- C; Lentes



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - ESTEREOSCOPIA

Visão em terceira dimensão



Visualização 3D

Plano de Textura: FotoReote

Limites

Xmin: 236078	Xmax: 237566
Ymin: 7462975	Ymax: 7466117
Zmin: 475	Zmax: 767

Projeção

Paralela  Perspectiva  Perséctivo

Observado

<input checked="" type="checkbox"/> 236078	Azimute: 45
<input checked="" type="checkbox"/> 74663108	Elevação: 30
<input type="checkbox"/> 767	Distância: 50

Tamanho da Imagem: 1

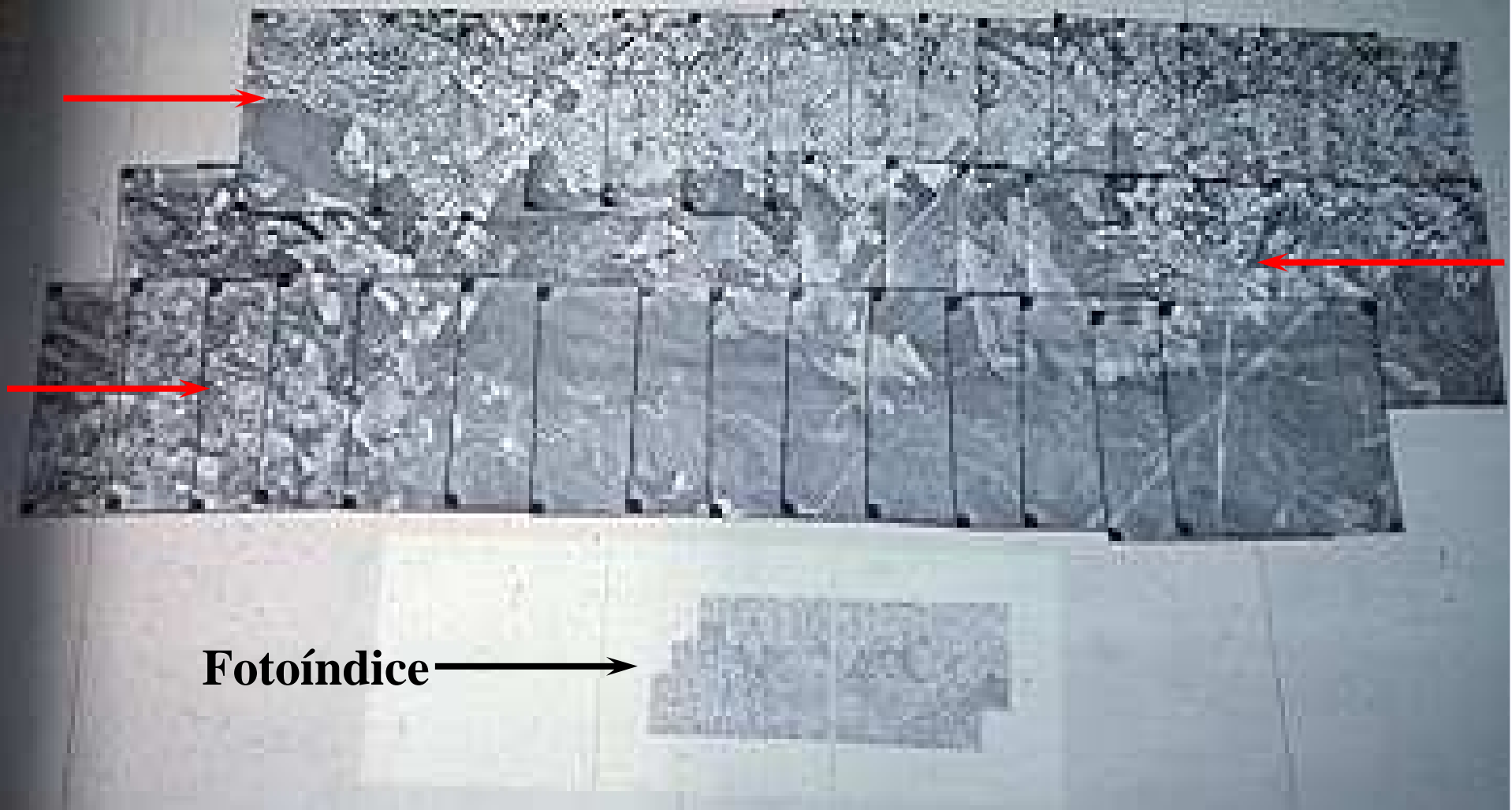
Escala Vertical: 0,5

Executar Fechar Ajuda



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - MOSAICO

Direção do Vôo



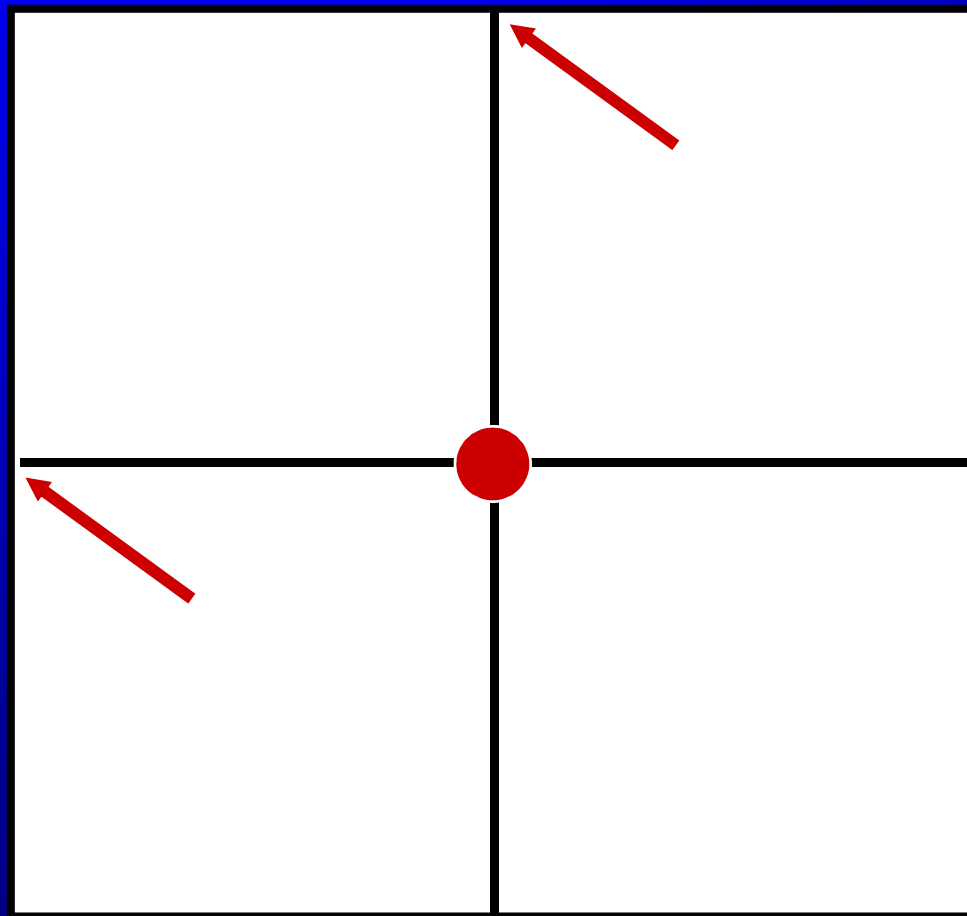
Fotoíndice

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares (mosaico)

# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares

## Fotografia aérea



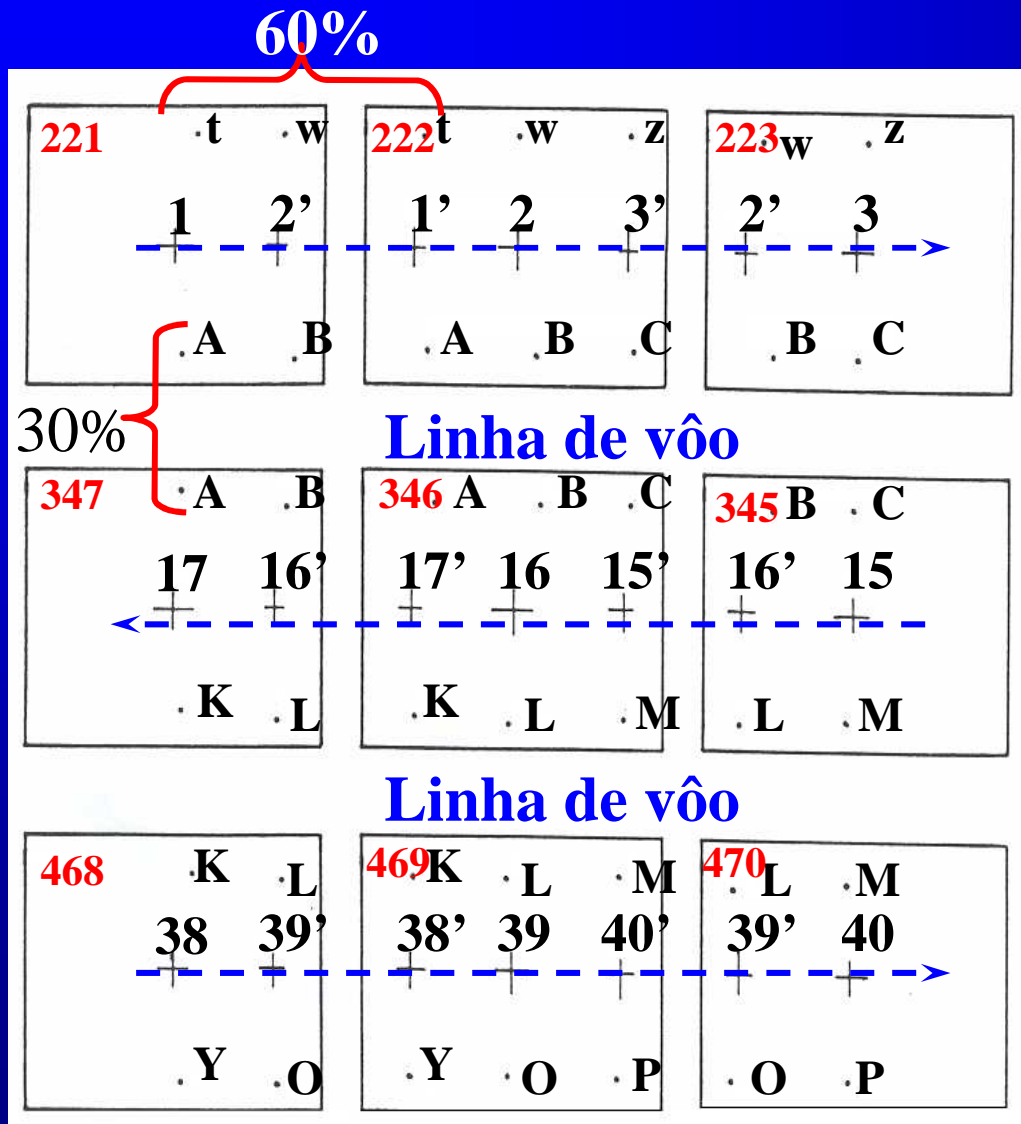
→ Marcas Fiduciais

● Ponto Principal



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares



⇒ 1, 2, 3...

Posição central da fotografia aérea

⇒ 1', 2', 3'...

Posições em determinada cópia fotográfica dos centros principais das fotografias anteriores e posteriores

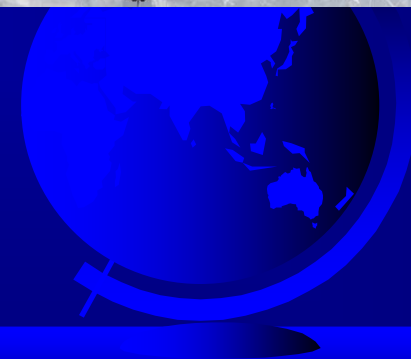
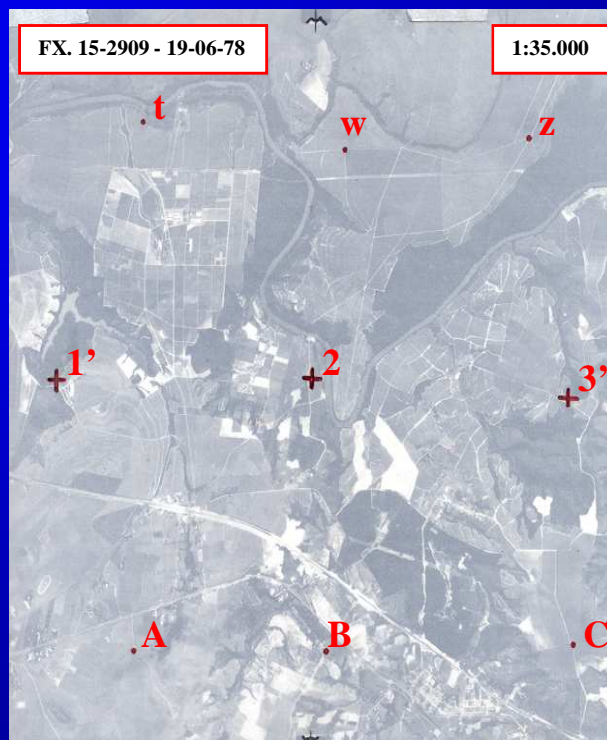
⇒ A, B, C .... K, L, M, ...

Pontos comuns entre fotografias permitem a junção entre fotografias de faixas contíguas (recobrimento lateral).



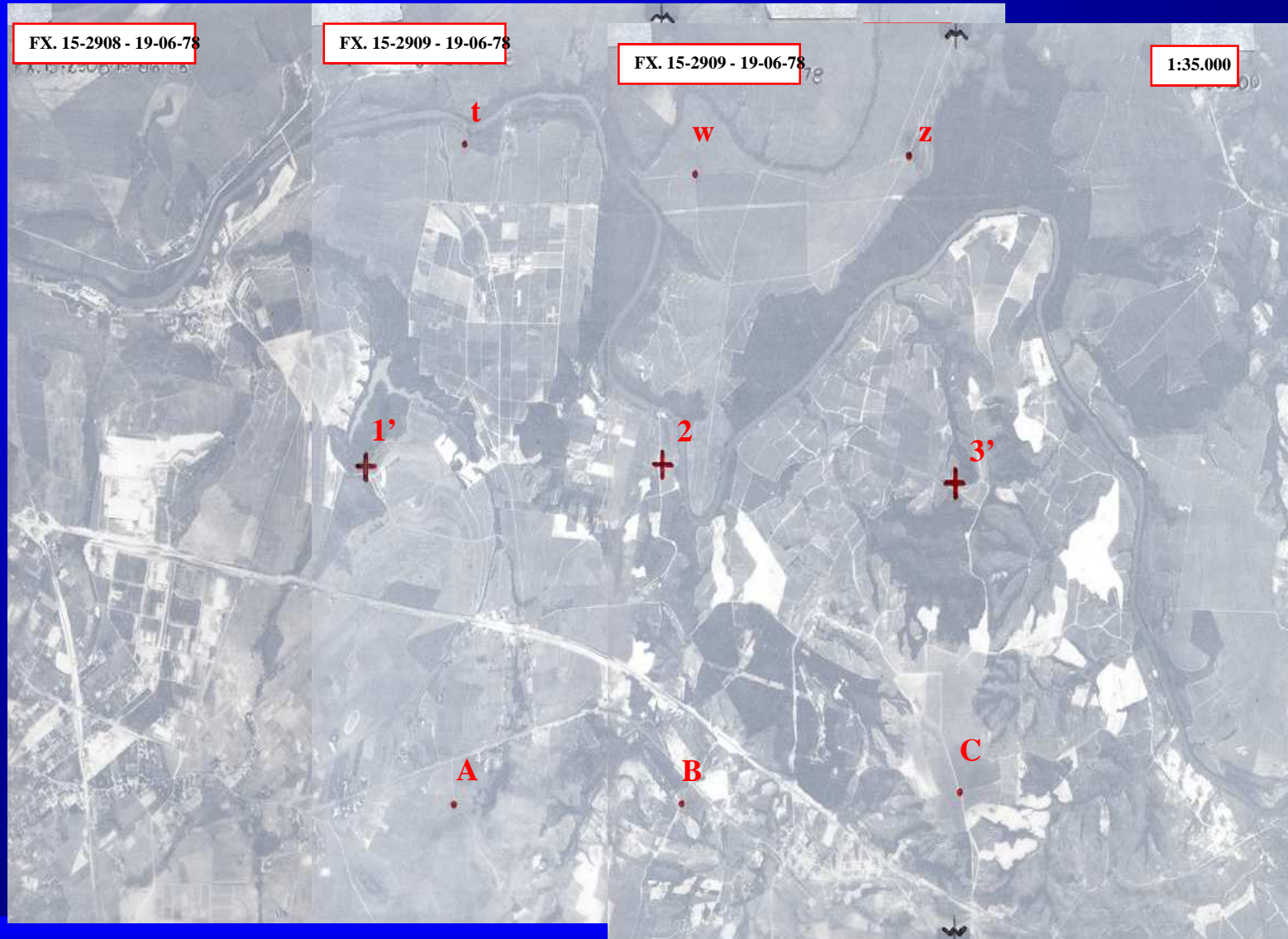
# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

Distribuição dos centros principais, transferidos e pontos auxiliares



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

## RESTITUIÇÃO

- 1- determinar uma rede de pontos de controle suficientemente densa (pontos facilmente identificados nas fotos e com as posições conhecidas no terreno)
- 2- estabelecidos os pontos de controle e representados na Folha Base na escala requerida, por meio das coordenadas, transfere-se para a folha base os pormenores fotográficos de importância cartográfica (rios, estradas, pontes...).

### Dificuldade

- ❶ número de pontos de controle

### Métodos topográficos

- ❶ custo
- ❶ tempo

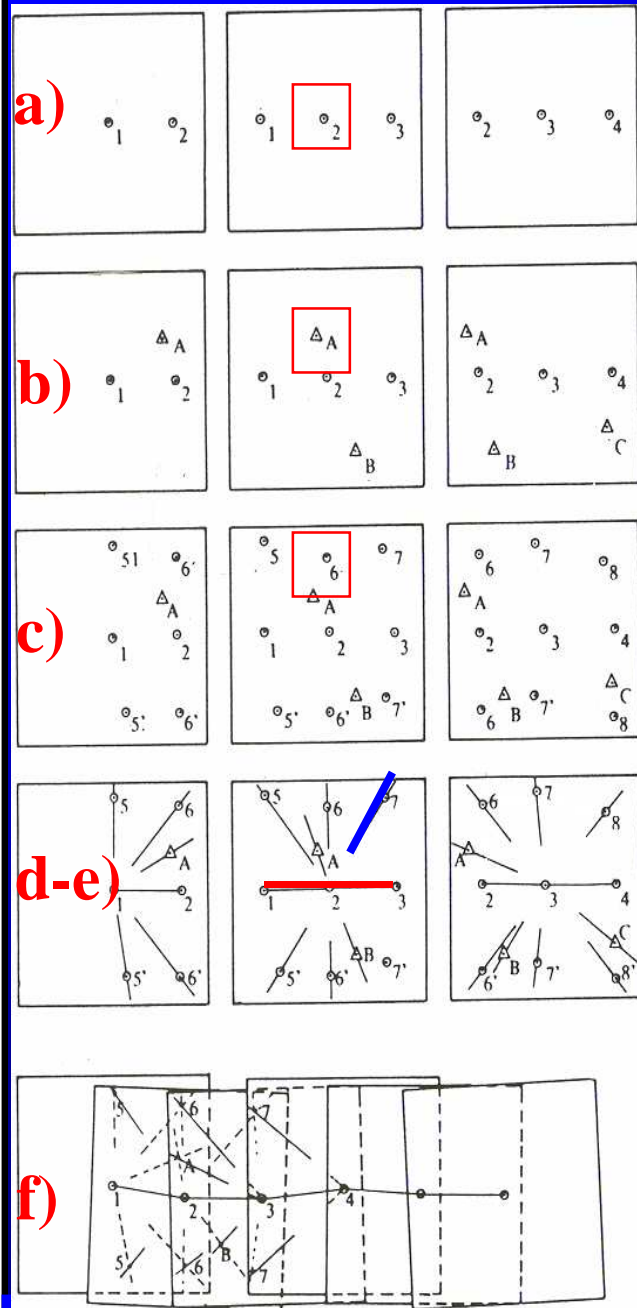
### Método de laboratório (Triangulação Radial)

- ❶ número de pontos de controle (terreno)  
estabelece-se pontos suplementares de controle





# RESTITUIÇÃO



a) pontos principais e transferidos (Pontos Rádias) (O + número)

b) pontos de controle do terreno ( $\Delta$  + Letra)

c) Pontos Auxiliares (O + número), ser comum no mínimo 3, na área mediana do recobrimento lateral fácil identificação (cruzamentos de estradas, etc...)

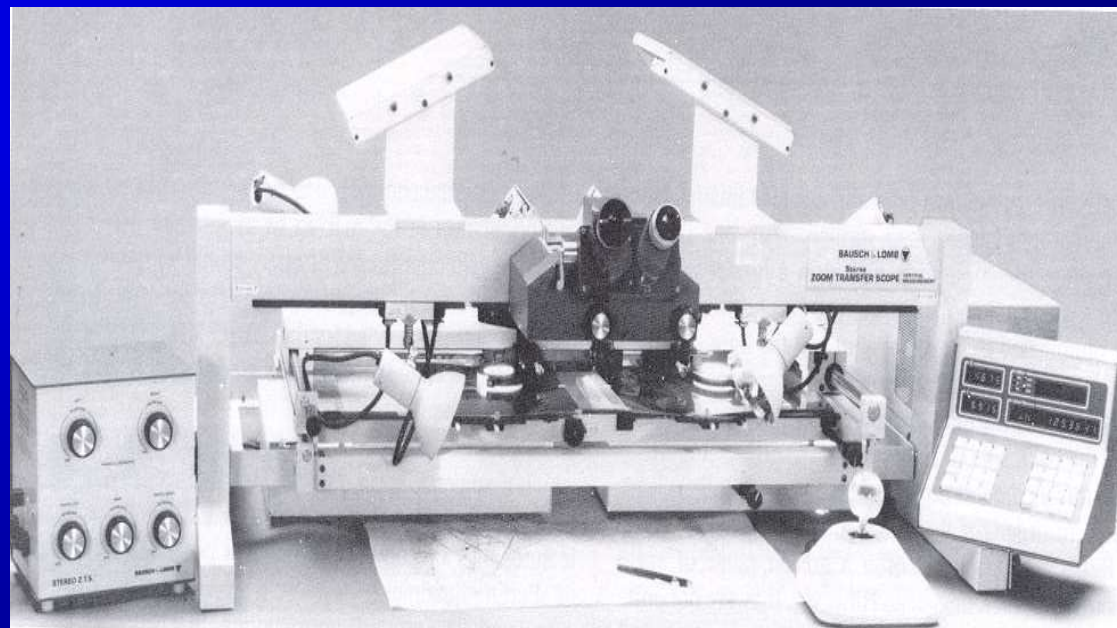
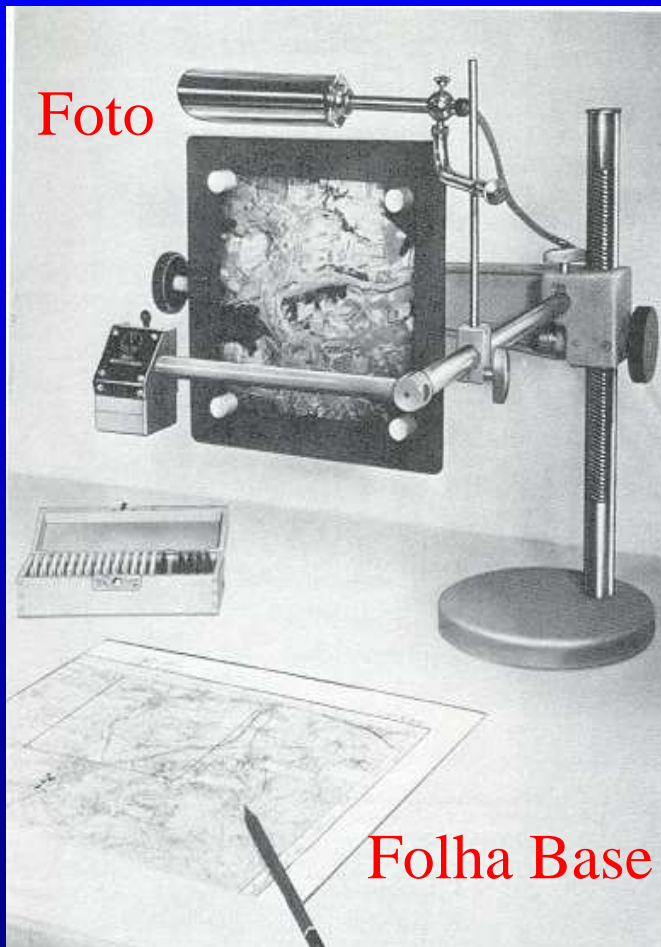
d) relevo acidentado + pontos (picos e fundos de vales), transferir esses pontos para todas as fotografias na qual aparecem. e) Corta-se papel vegetal, transfere-se todos os pontos, liga-se os pontos - **Linhas radiais** e **Linha axial** (molde ou templeto “templet”)

f) Faz-se a montagem desses moldes sobre a folha base previamente preparada e que conterà os pontos de controle do terreno. Folha base representa área a ser restituída.



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

## RESTITUIÇÃO



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

RETIFICAÇÃO - Sistema de Posicionamento Global - GPS





# RETIFICAÇÃO - Sistema de Posicionamento Global - GPS

SPRING-3.5[Santa Maria 2] [Proj21]

Arquivo Editar

**Registro de**

Aquisição

Mesa  Tela  Teclado

Pontos de Controle

- r16 (-0.118, -0.386)
- r20 (-0.603, -0.151)
- r35 (-0.107, -0.393)
- r38 (1.960, -1.236)
- r39 (0.873, 1.722)
- r50 (-0.040, 1.072)

Nome:  CR

Operação

- Criar
- Suprimir
- Editar/Mover
- Renomear
- Selecionar

Refinar

Coordenadas de Referência

Geográficas  Planas Hemisfério:  N  S

Lat:  Long:  CR

Correção de Sistema Grau do Polinômio:  1  2  3

Grade Erro dos Pontos de Teste:

Erro dos Pontos de Controle:

Seleção dos Dados de Ajuste

Imagem... Plano de Informação...

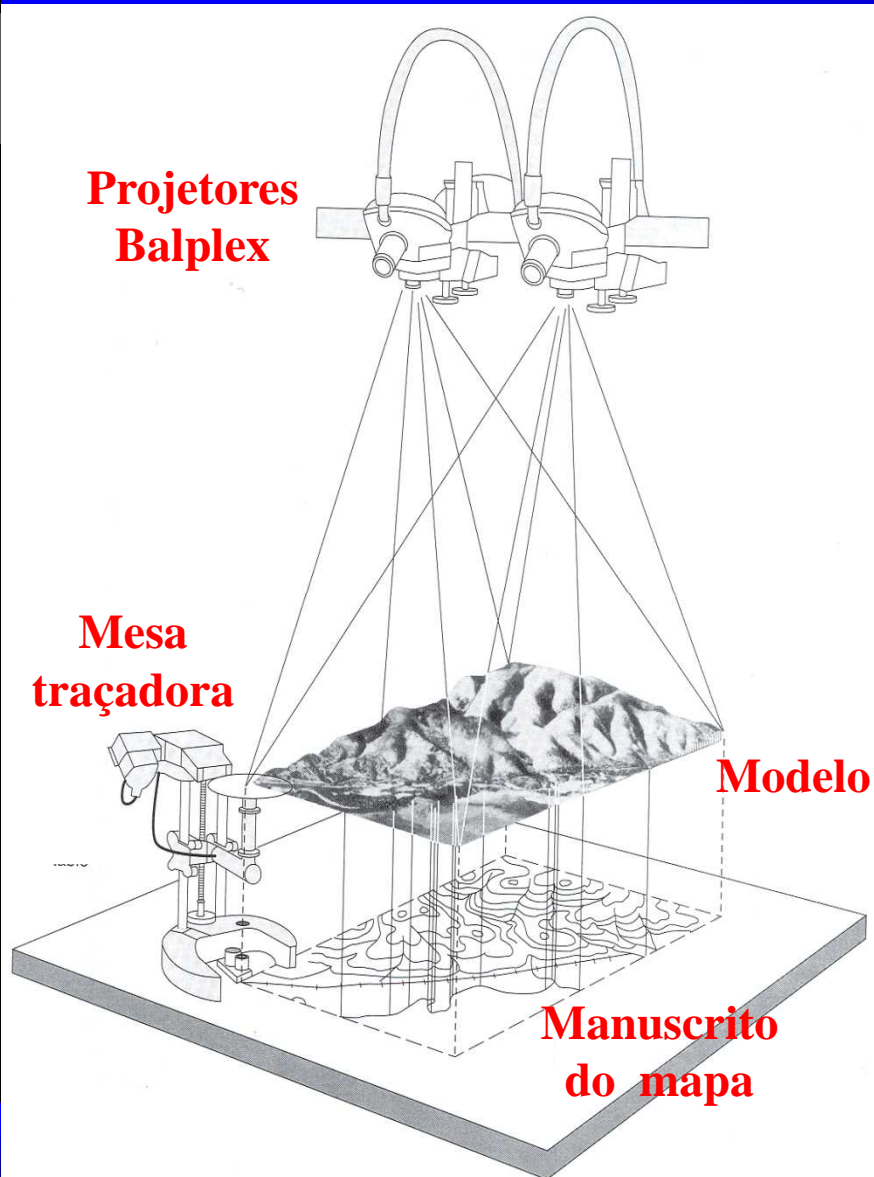
Projeção... Pontos de Controle...

Salvar Fechar Ajuda

PI: slopedegfat(T1410x10)

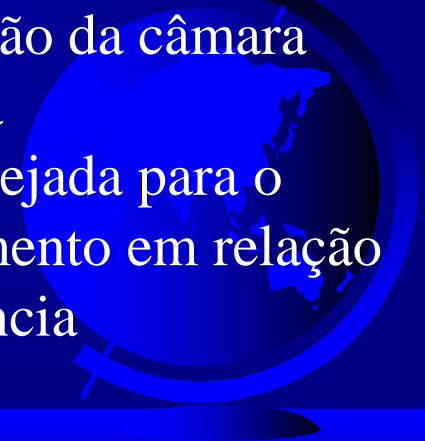
# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

## ELABORAÇÃO DE CARTAS



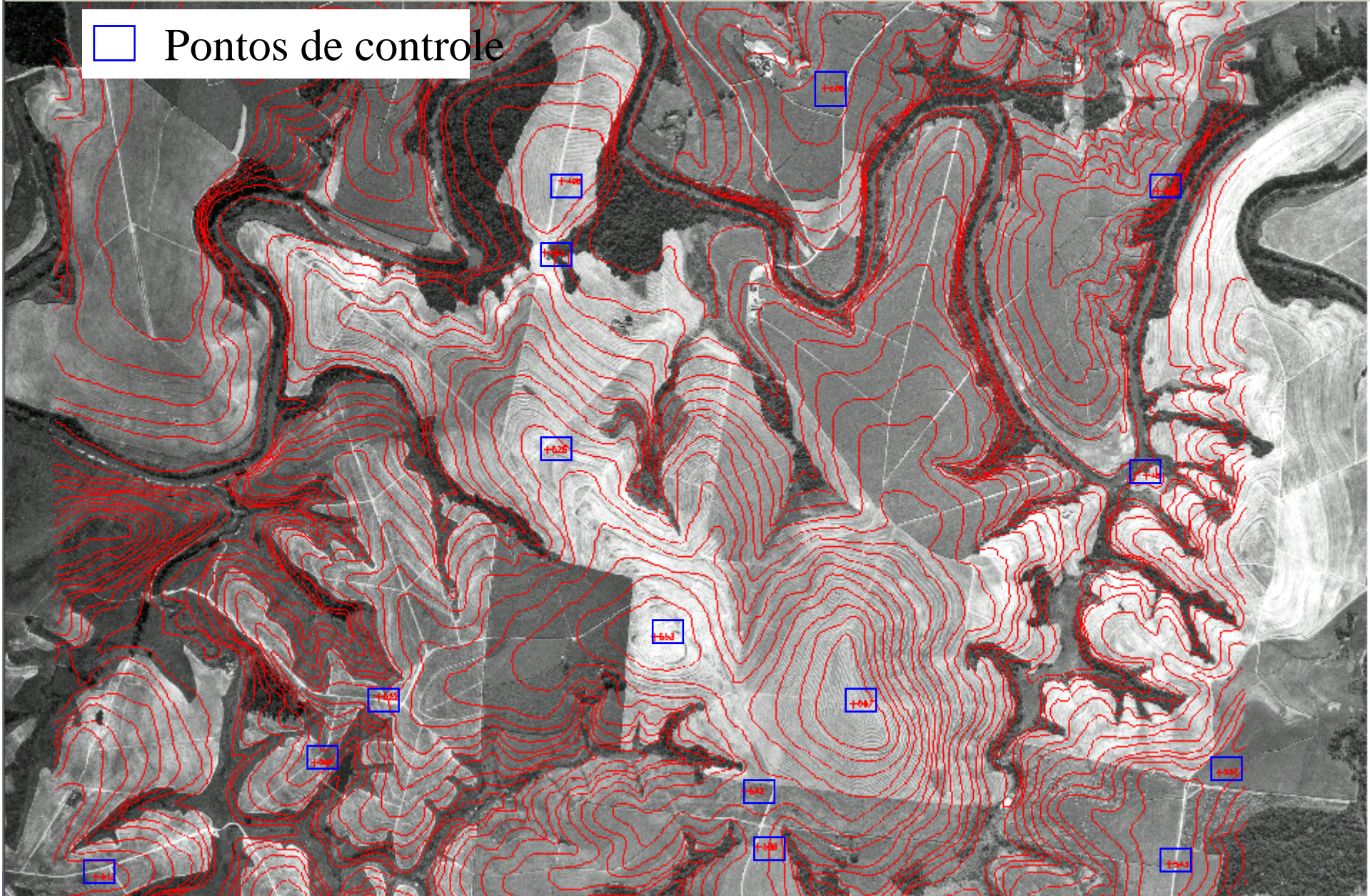
### Obtendo uma carta planialtimétrica

- ➔ Pontos de controle no campo
  - mínimo de 6 para nivelamento
  - programas de correções
- ➔ Orientação interna
  - montagem das fotografias
  - visão estereoscópica
- ➔ Orientação relativa
  - reprodução do modelo estereoscópico
  - momento da exposição da câmara
- ➔ Orientação absoluta
  - escolha da escala desejada para o modelo e seu nivelamento em relação a um plano de referência

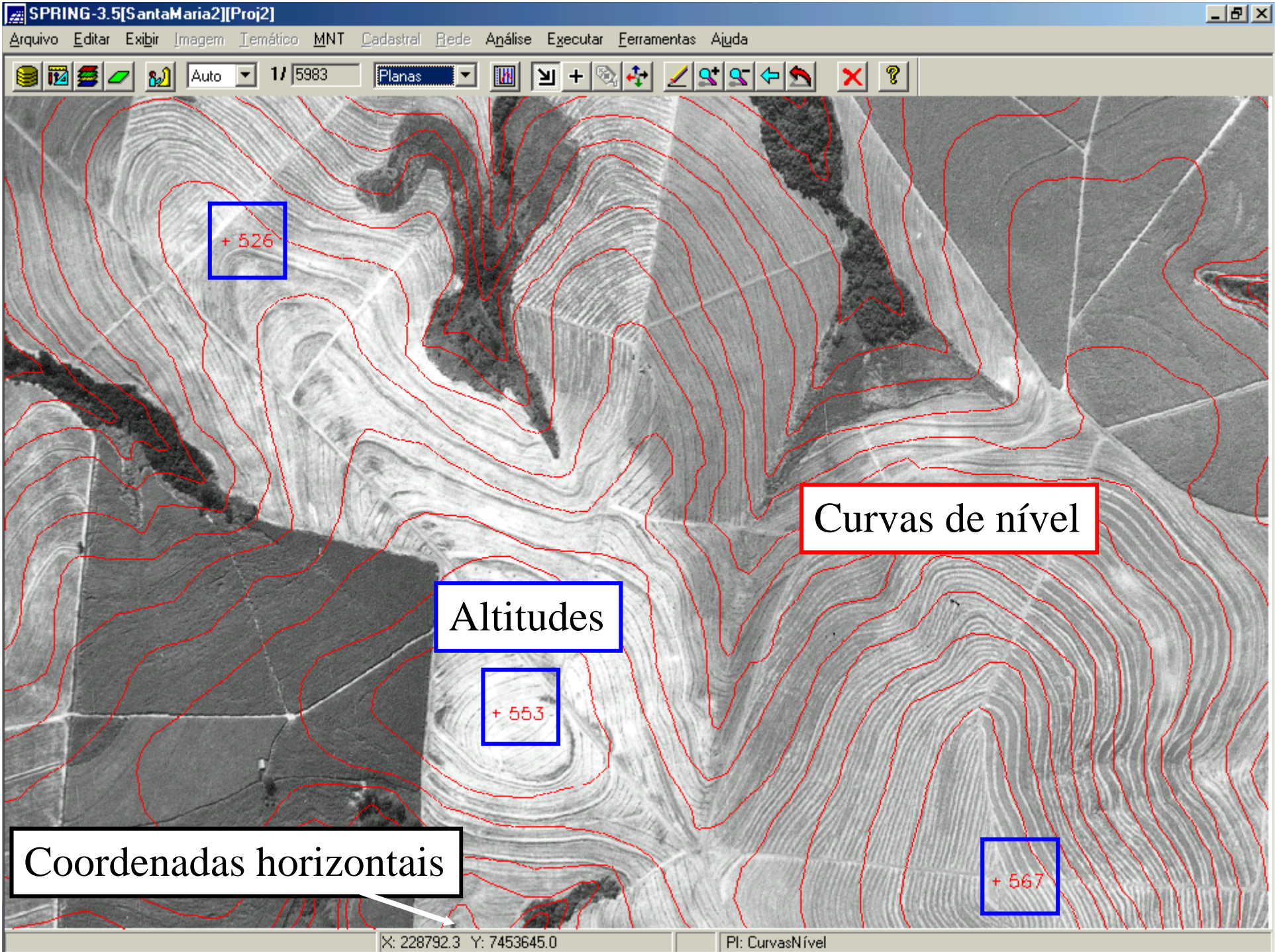




Pontos de controle







+ 526

Curvas de nível

Altitudes

+ 553

Coordenadas horizontais

+ 567

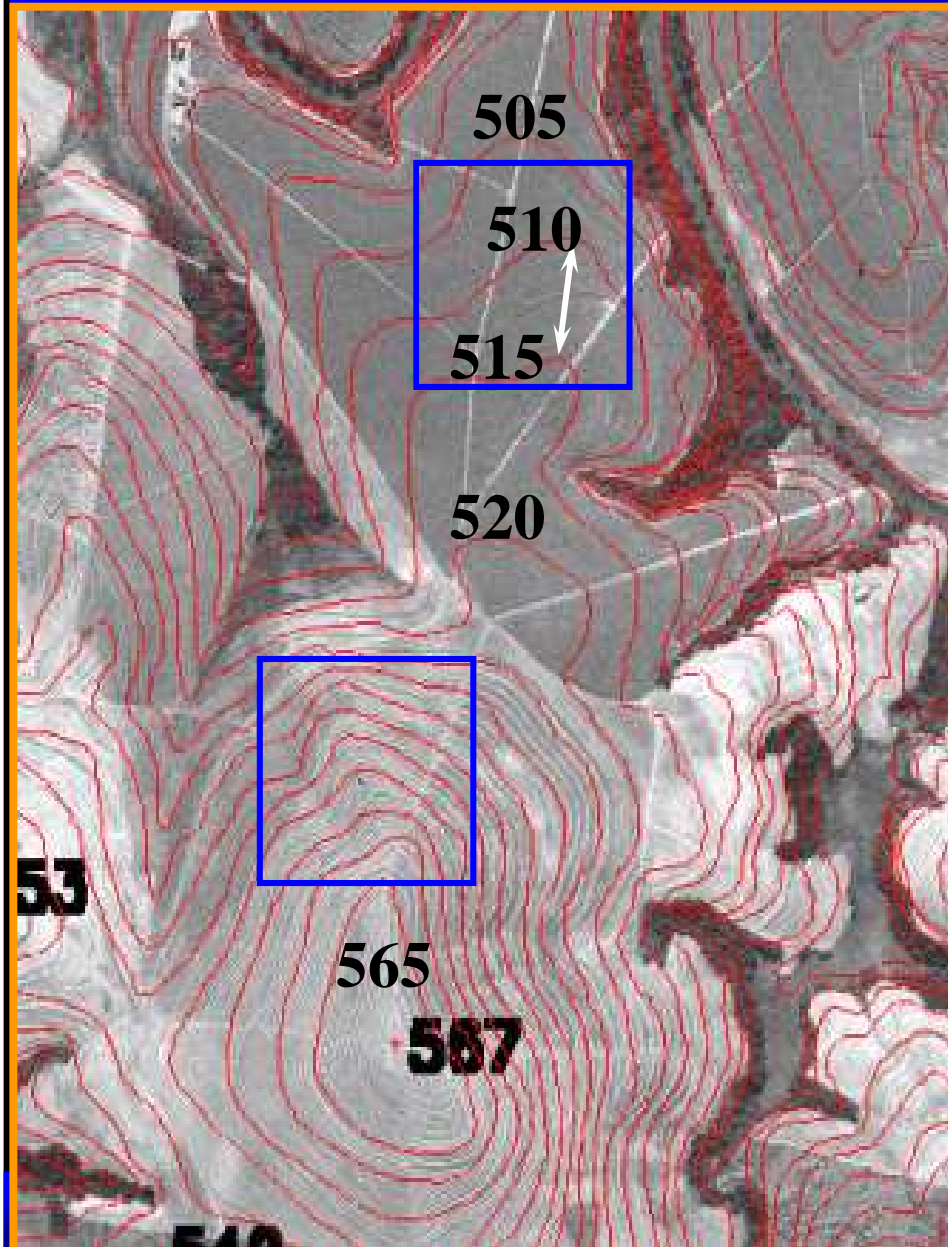
X: 228792.3 Y: 7453645.0

PI: CurvasNível



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

## TOPOGRAFIA DO TERRENO

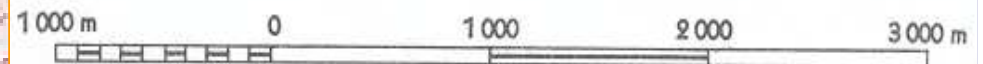


## EQÜIDISTÂNCIAS DAS CURVAS DE NÍVEL

- 5 m
- 10 m
- 20 m

## ESCALAS

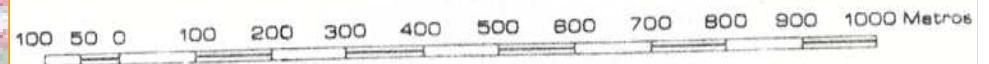
ESCALA 1:50 000



Eqüidistância das curvas de nível 20 metros

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 51° W. Gr.,  
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente.

ESCALA 1:10.000



EQUIDISTANCIA DE CURVAS DE NIVEL 5 METROS

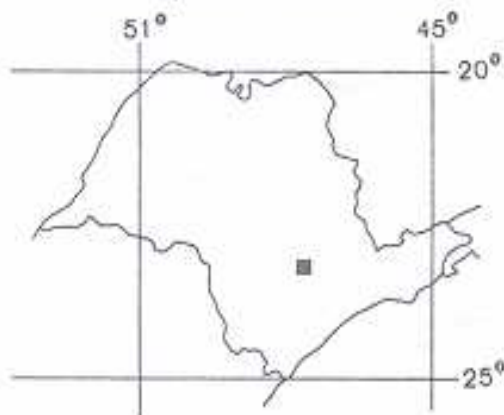


# A IMAGEM AÉREA NA AVALIAÇÃO DO RELEVO DO TERRENO

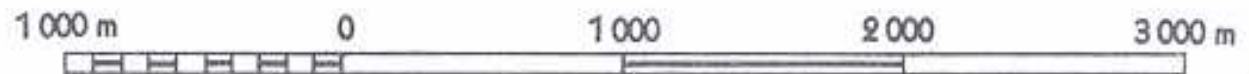
## ARTICULAÇÃO DA FÓLHA

Ibitiruna	Capivari	Americana
Laranjal Paulista	Porto Feliz	SF-23-Y-C-II-1
Tatui	Boituva	SF-23-Y-C-II-3

## LOCALIZAÇÃO DA FÓLHA NO ESTADO



ESCALA 1:50 000



Eqüidistância das curvas de nível 20 metros

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 51° W. Gr.,  
acrescidas as constantes 10 000 km e 500 km, respectivamente.

Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC

Datum horizontal: Córrego Alegre, MG

Levantamento estereofotogramétrico topográfico regular.  
Aerofotografias de 1965. Reambulação, restituição e triangulação  
espacial executados pela VASP AEROFOTOGRAFIA S.A. em 1969

Esta fôlha foi preparada e impressa em decorrência do  
Convênio entre a FUNDAÇÃO IBGE e a VASP AEROFOTOGRAFIA S.A.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA

PRIMEIRA EDIÇÃO - 1970

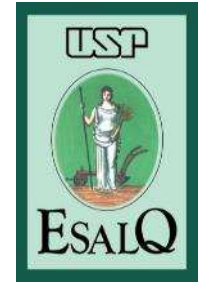
DIREITO DE REPRODUÇÃO RESERVADOS

Impressa no Serviço Gráfico da FUNDAÇÃO IBGE.

O INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA agradece a gentileza da  
comunicação de falhas ou omissões verificadas nesta fôlha.



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**  
**Departamento de Engenharia de Biosistemas**



**Estimativa da altura e produtividade da cana-de-açúcar utilizando imagens obtidas pro aeronave remotamente pilotada**

**Discente:** Maurício Martello

**Orientador:** Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

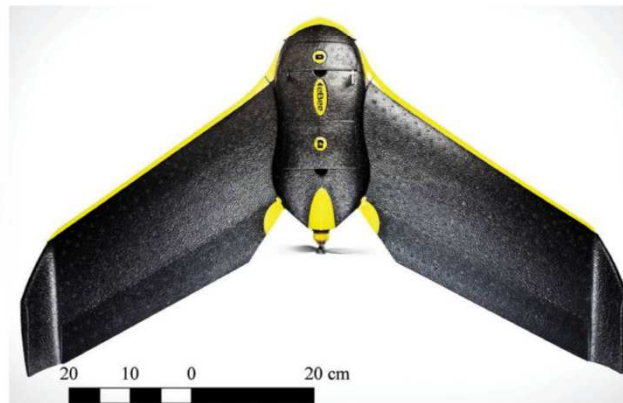
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas

Curso de Mestrado

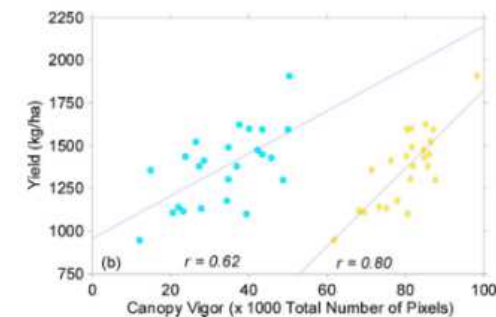
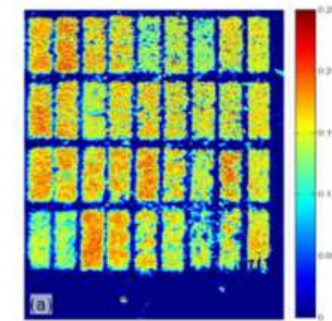
- **Aeronaves remotamente pilotadas (RPA)**, veem se destacando no cenário agrícola, as quais possibilitam embarcar sensores para a obtenção de informações a nível aéreo com baixo custo e flexibilidade de coleta de dados para diversas aplicações (SANKARAN et al. 2015).



Martello et al. (2016)



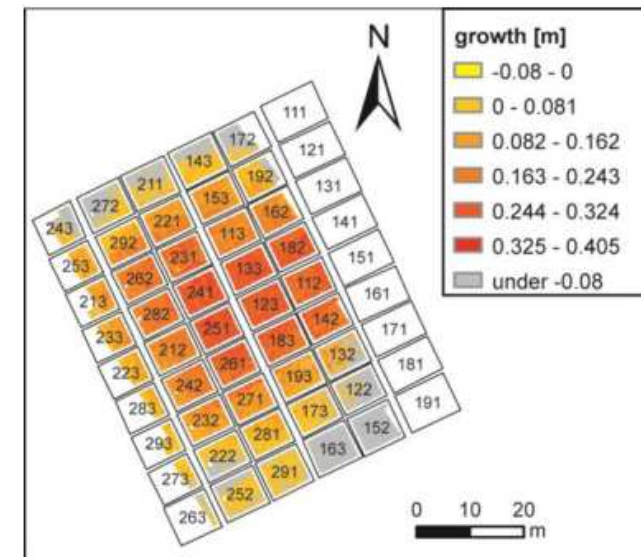
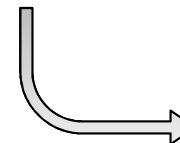
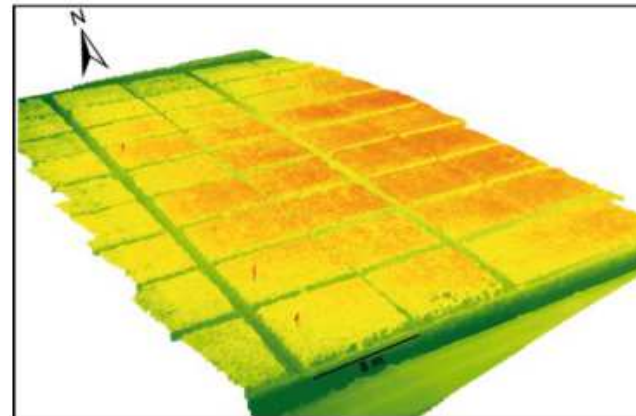
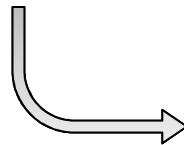
Souza et al. (2017)



Sankaran et al. (2015)



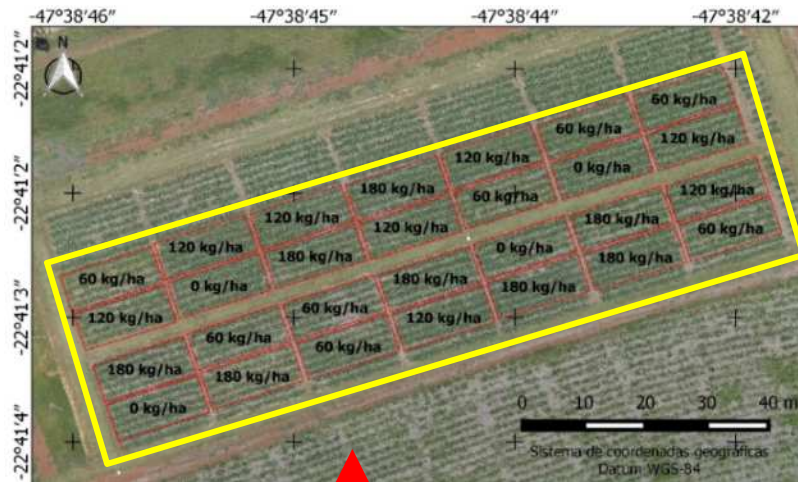
- A avaliação **temporal** através da modelagem tridimensional de uma cultura facilita a **detecção e quantificação da variabilidade** auxiliando na tomada de decisão no campo (Bendig et. al., 2015)



Bending et al. (2013)



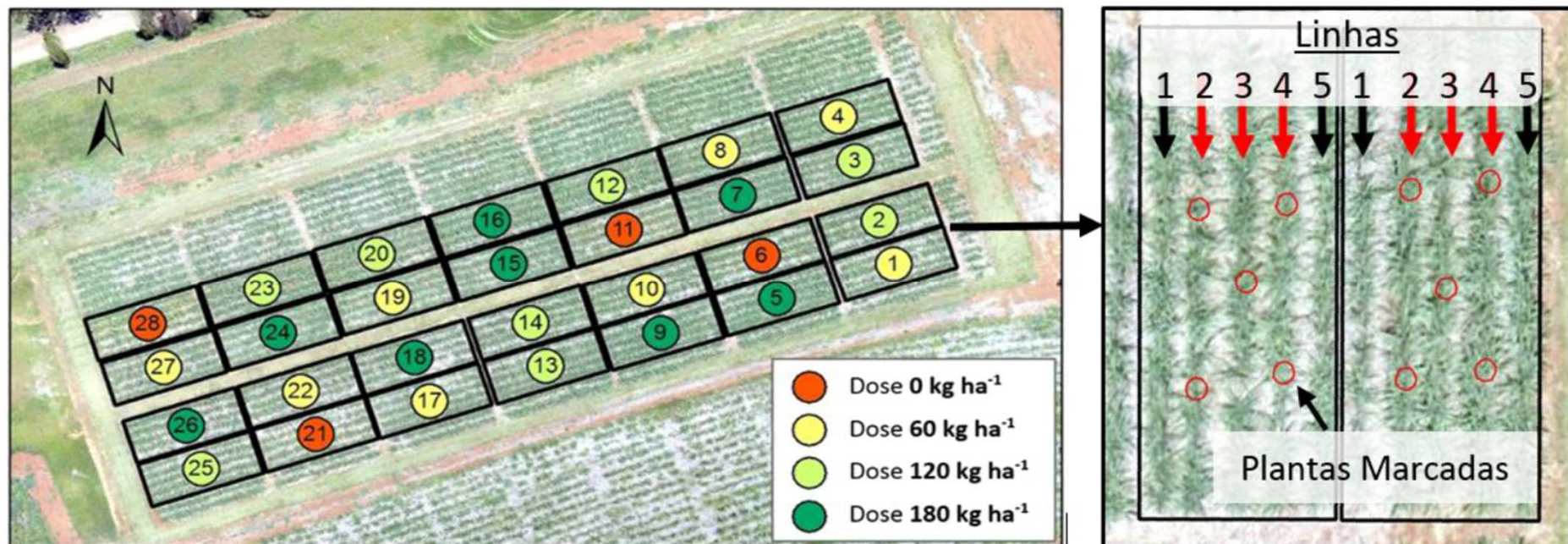
# Material e Métodos



- Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) – Piracicaba SP;
- Instituto Agronômico de Campinas (IAC);
- Variedade - IAC 95-5000;
- BIOEN/FAPESP nº2008/56147-1
- FAPESP nº2013/22435-9.



# Área de estudo

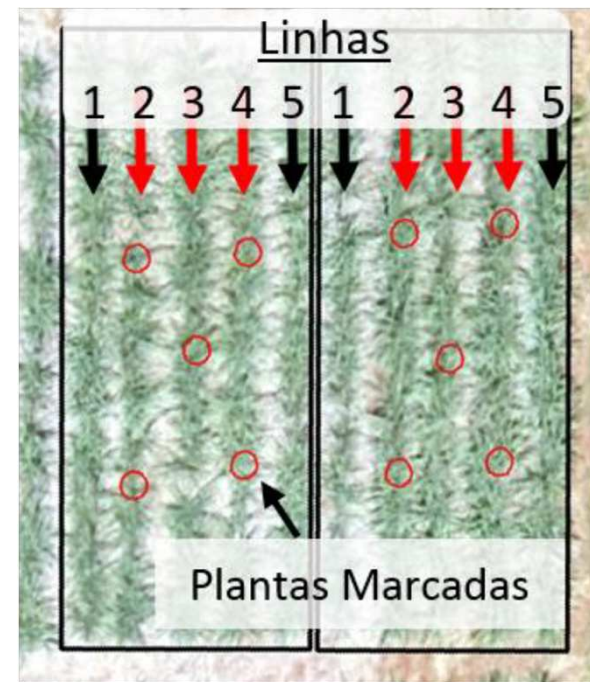


- 28 parcelas experimentais;
- Tratamentos 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>
- Oito repetições (60, 120 e 180) e quatro repetições (0)
- 5 sub-amostras;
- 5 linhas de cana com distância de 1,5 m;
- 15 metros de comprimento;



# Delimitação do experimento

- 5 sub-amostras;
- 28 parcelas;
- 140 sub-amostras;





**ESALQ**

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

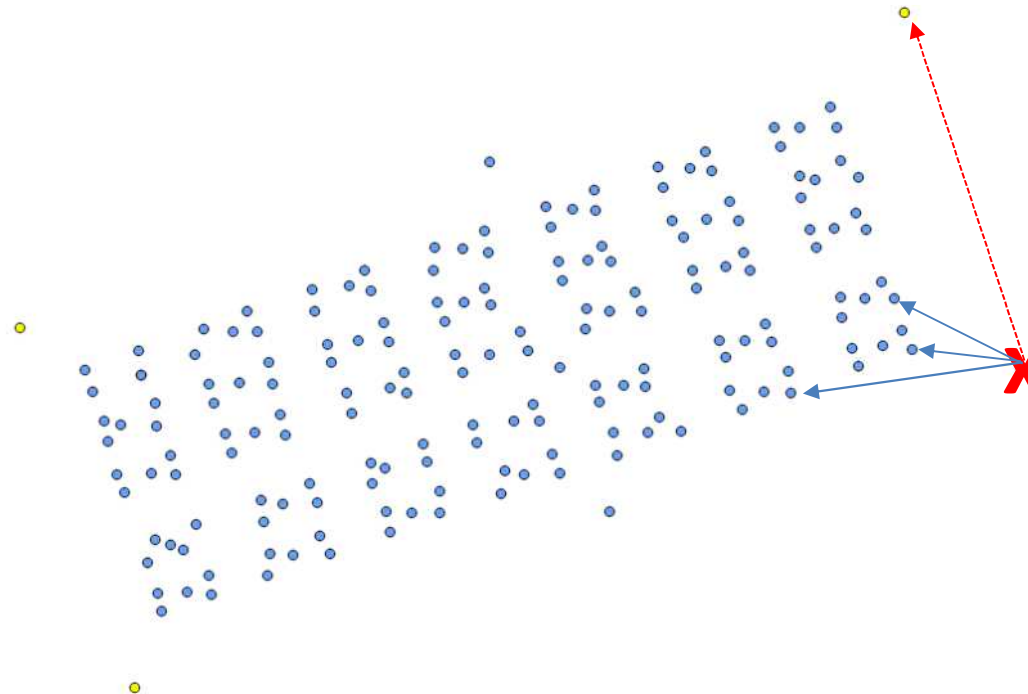


# Delimitação do experimento

- ▶ Estação Total Leica TS02;
- ▶ Precisão angular 3";
- ▶ Precisão linear 1,5m

- ▶ GNSS L1/CA;
- ▶ Método Estático (1 hora);

Base SSPI (RBMC);



INTRODUÇÃO

MATERIAL E MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÃO



## Aquisição de dados

- Início no mês de dezembro de 2014, aos 67 dias após o corte (DAC), e se estendeu até o mês de outubro de 2015, totalizando nove coletas de campo.

Coletas	Horário	Dia	Mês	DAC
C1	13:40	16	Dezembro	67
C2	12:40	17	Janeiro	99
C3	14:40	03	Março	144
C4	10:50	23	Março	164
C5	11:30	28	Abril	200
C6	14:30	26	Maio	228
C7	12:00	6	Julho	269
C8	12:00	1	Setembro	326
C9	13:15	19	Outubro	*

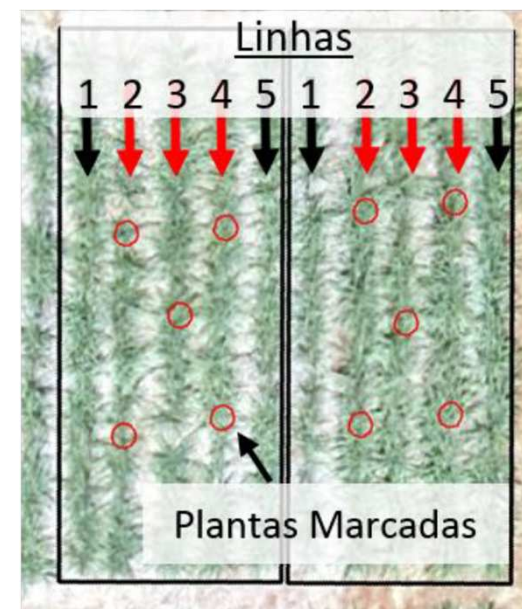


# Aquisição de dados



## Biometria:

- 28 parcelas - 5 sub-amostras;
- 140 sub-amostras;
- Régua topográfica;



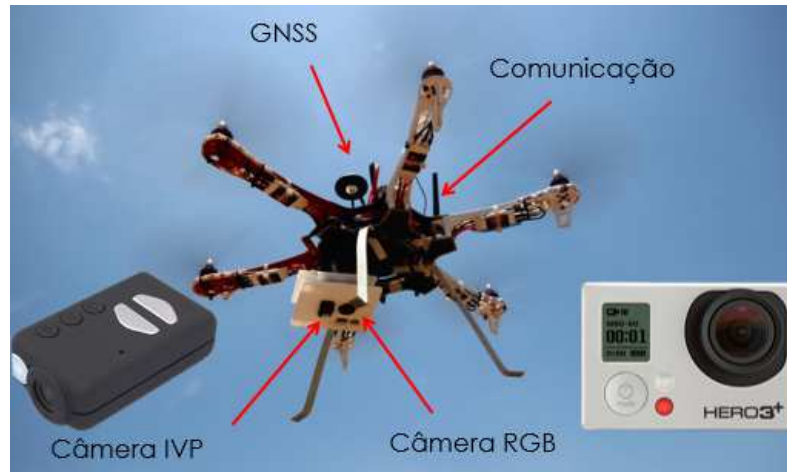
# Aquisição de dados

## Produtividade:

- Pesagem para produtividade das parcelas, utilizando célula de carga na carregadora



# Aquisição de dados



## **Estação Terrestre:**

- Programação total do voo;
- Carregamento das baterias;
- Controle total da aeronave,;
- Acompanhamento do voo;

## **RPA:**

- Multirotor – 6 motores;
- Peso aproximado de 1,2 kg;
- GNSS;
- Sensores Embarcados;
- Duplo sistema de controle;
- Autonomia de 10 min;

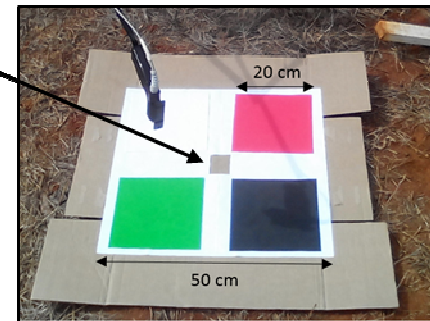
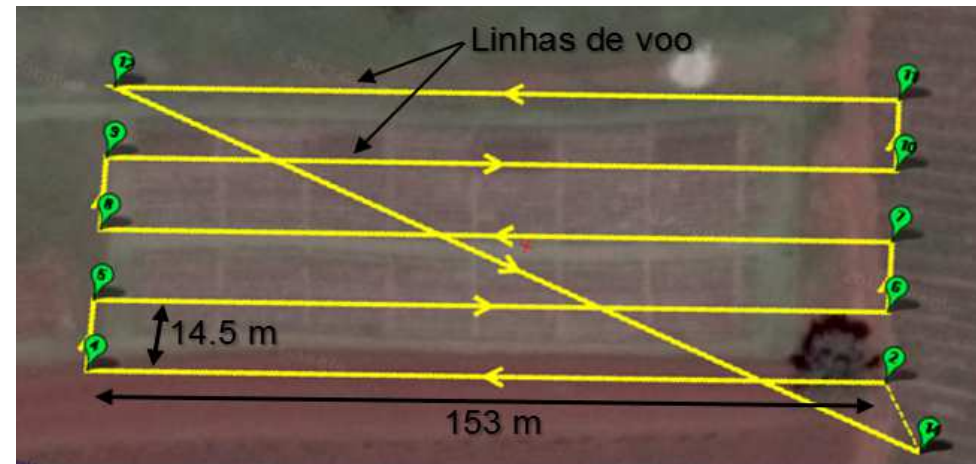




# Aquisição de dados

## Plano de voo:

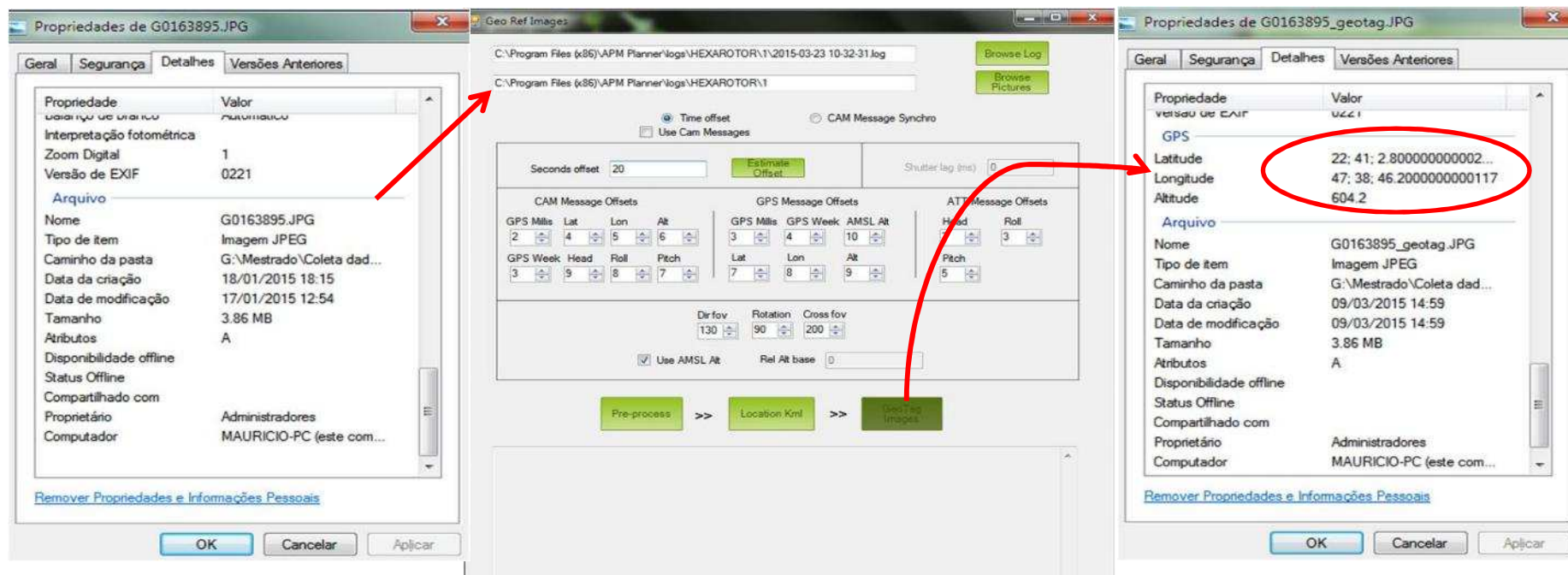
- Alta taxa de recobrimento > 90%;
- Altura de voo 40 metros;
- Dist. Máxima de voo 200 metros;
- Linha de voo constante;
- Pontos de controle em solo.



# Processamento dos dados

## Georreferenciamento das imagens:

- Sincronização com o horário de coleta;



The screenshot displays the georeferencing workflow in MissionPlanner. It consists of three main windows:

- Propriedades de G0163895.JPG:** Shows file metadata for the original image, including name, type (JPEG), and creation date.
- Geo Ref Images:** The central processing window. It features a file path, a 'Browse Log' button, and various offset settings (Seconds offset: 20, CAM Message Offsets, GPS Message Offsets, ATT Message Offsets). A 'Process Images' button is highlighted with a red arrow.
- Propriedades de G0163895\_geotag.JPG:** Shows the metadata for the geotagged image. The GPS coordinates are circled in red:
  - Latitude: 22; 41; 2.800000000002...
  - Longitude: 47; 38; 46.20000000000117
  - Altitude: 604.2



# Processamento dos dados

## Georreferenciamento das imagens:

Cameras	Longitude	Latitude	Altitude
✓ G0096539_geo...	-47.644750	-22.684111	594.840000
✓ G0096540_geo...	-47.644806	-22.684111	595.030000
✓ G0096541_geo...	-47.644917	-22.684139	594.950000
✓ G0096542_geo...	-47.645000	-22.684167	594.780000
✓ G0096543_geo...	-47.645083	-22.684194	594.610000
✓ G0096544_geo...	-47.645167	-22.684222	594.510000
✓ G0096545_geo...	-47.645278	-22.684250	594.520000
✓ G0096546_geo...	-47.645333	-22.684278	594.520000
✓ G0096547_geo...	-47.645417	-22.684306	594.530000
✓ G0096548_geo...	-47.645528	-22.684333	594.580000
✓ G0096549_geo...	-47.645611	-22.684361	594.520000
✓ G0096550_geo...	-47.645722	-22.684389	594.420000
✓ G0096551_geo...	-47.645806	-22.684417	594.390000
✓ G0096552_geo...	-47.645889	-22.684417	594.380000
✓ G0096553_geo...	-47.645972	-22.684444	594.400000
✓ G0096554_geo...	-47.646083	-22.684472	594.410000
✓ G0096555_geo...	-47.646111	-22.684472	594.470000
✓ G0096556_geo...	-47.646139	-22.684444	594.600000
✓ G0096557_geo...	-47.646139	-22.684389	594.580000
✓ G0096558_geo...	-47.646139	-22.684361	594.460000
✓ G0096559_geo...	-47.646056	-22.684333	594.340000
✓ G0096560_geo...	-47.646000	-22.684306	594.250000
✓ G0096561_geo...	-47.645889	-22.684278	594.230000
✓ G0096562_geo...	-47.645833	-22.684278	594.160000
✓ G0096563_geo...	-47.645750	-22.684250	594.200000
✓ G0096564_geo...	-47.645639	-22.684222	594.250000
✓ G0096565_geo...	-47.645556	-22.684194	594.340000
✓ G0096566_geo...	-47.645444	-22.684167	594.440000
✓ G0096567_geo...	-47.645361	-22.684139	594.570000
✓ G0096568_geo...	-47.645306	-22.684111	594.580000
✓ G0096569_geo...	-47.645194	-22.684083	594.530000
✓ G0096570_geo...	-47.645083	-22.684056	594.520000
✓ G0096571_geo...	-47.645028	-22.684056	594.590000
✓ G0096572_geo...	-47.644917	-22.684028	594.600000
✓ G0096573_geo...	-47.644861	-22.684000	594.610000
✓ G0096574_geo...	-47.644778	-22.683972	594.900000
✓ G0096575_geo...	-47.644750	-22.683917	595.200000
✓ G0096576_geo...	-47.644750	-22.683861	595.250000
✓ G0096577_geo...	-47.644778	-22.683833	595.150000

Scale Bars: Distance (m) Accuracy (m) Error

Total Error

Workspace Reference

Console

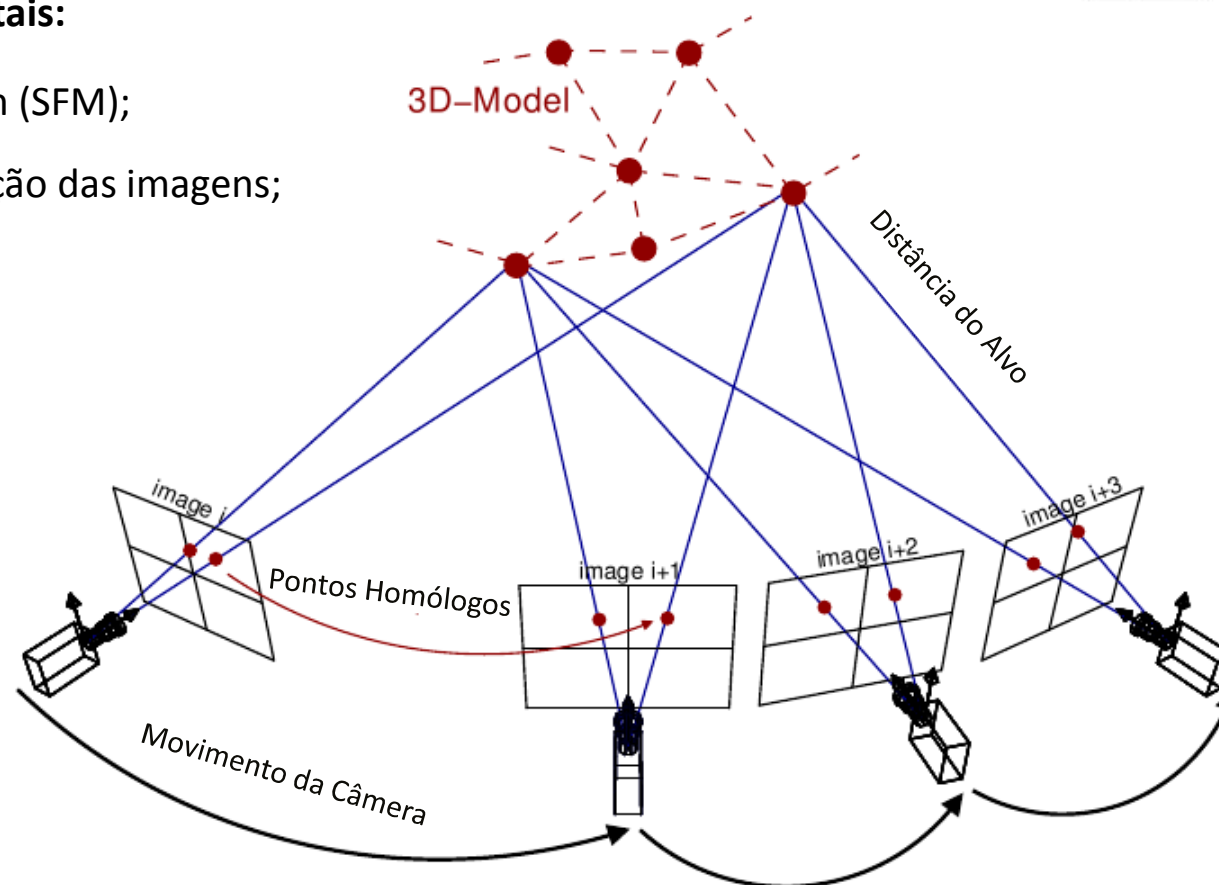
```
2015-10-12 15:12:14 Agisoft PhotoScan Version: 1.2.0 build 2127 (64 bit)
2015-10-12 15:12:14 OpenGL Vendor: NVIDIA Corporation
2015-10-12 15:12:14 OpenGL Renderer: GeForce 9500 GT/PCIe/SSE2
2015-10-12 15:12:14 OpenGL Version: 3.3.0
2015-10-12 15:12:14 Maximum Texture Size: 8192
2015-10-12 15:12:14 Quad Buffered Stereo: not enabled
```



## Processamento dos dados

### Geração dos modelos digitais:

- Structure From Motion (SFM);
- Determinação da posição das imagens;

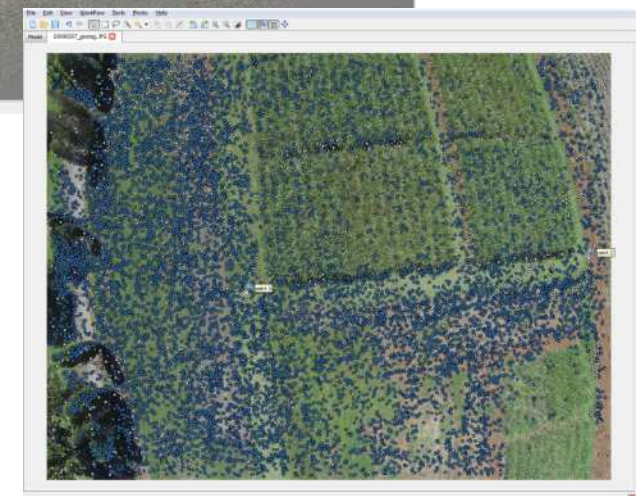
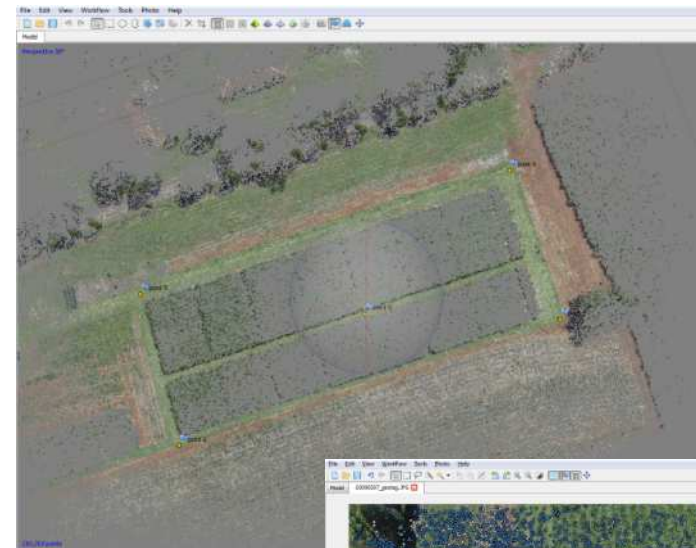
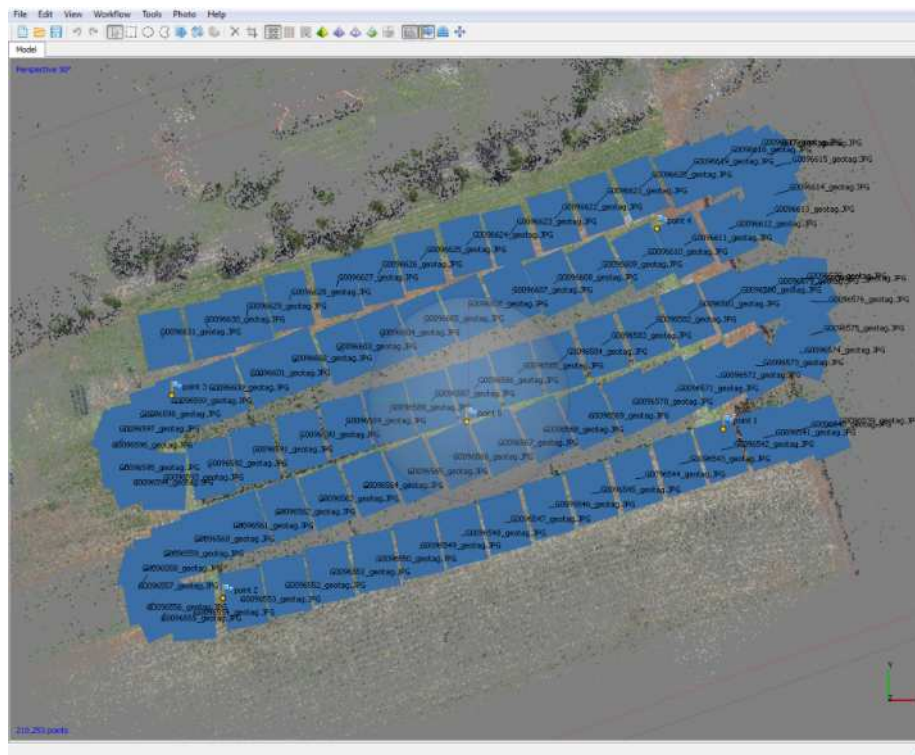




# Processamento dos dados

## Geração dos modelos digitais:

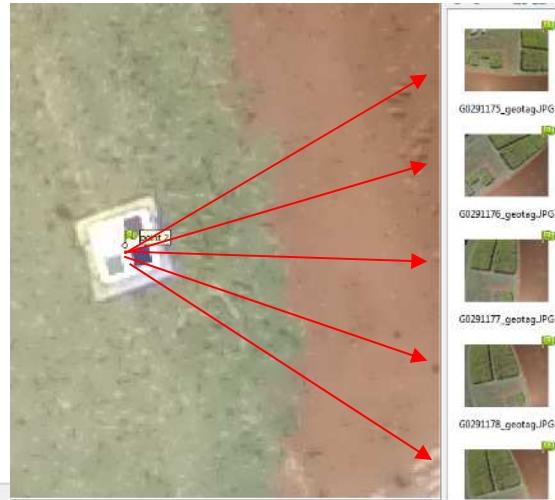
- Alinhamento das imagens;
- ~ 200.000 pontos;



## Processamento dos dados

### Geração dos modelos digitais:

- Geração da malha;
- Pontos de Controle;
- Otimização e calibração das imagens;



### Camera Calibration

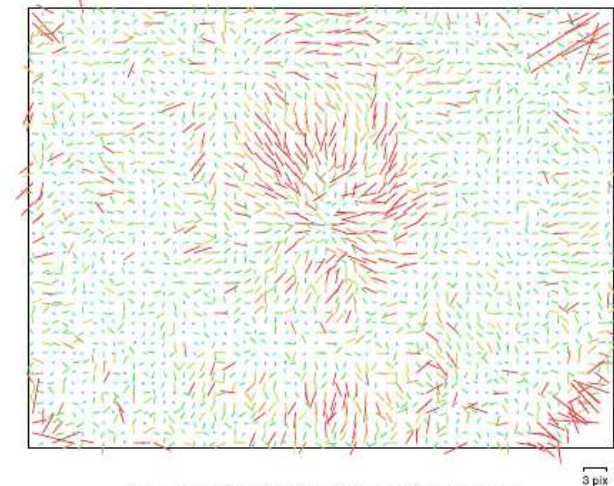
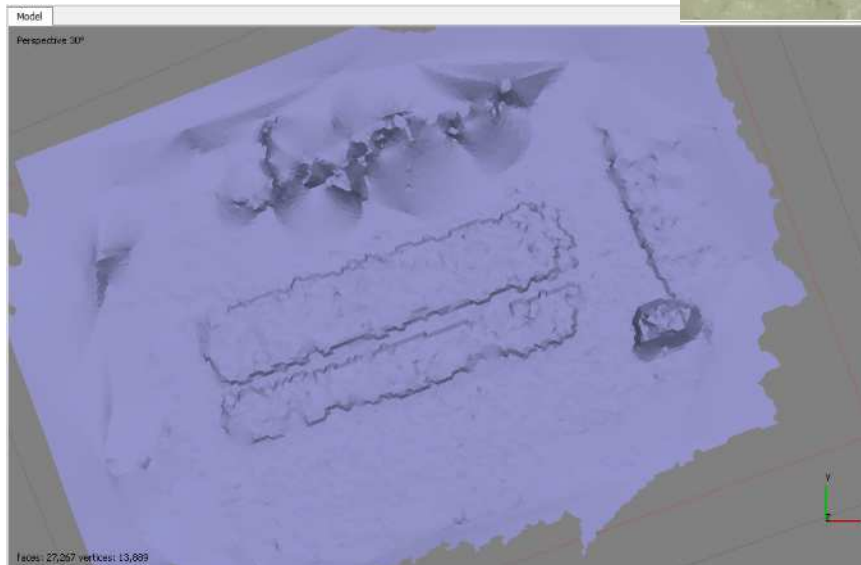


Fig. 2. Image residuals for Hero3-Black Edition (2.77 mm).



### Hero3-Black Edition (2.77 mm)

Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
3000 x 2250	2.77 mm	1.6 x 1.6 um	No
Type:	Frame	K1:	-0.31414
Fx:	1813.4	K2:	0.134093
Fy:	1819.46	K3:	-0.0276005
Cx:	1448.31	K4:	0
Cy:	1063.37	P1:	0.000330262
Skew:	2.51726	P2:	-8.97849e-05





**PhotoScan**

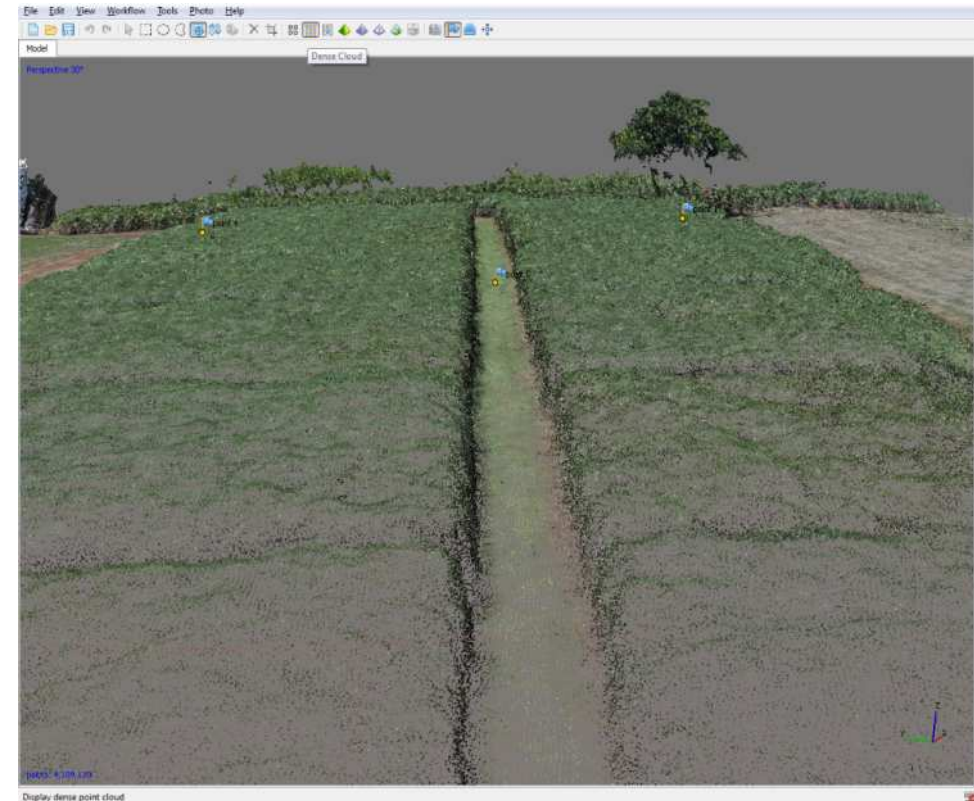
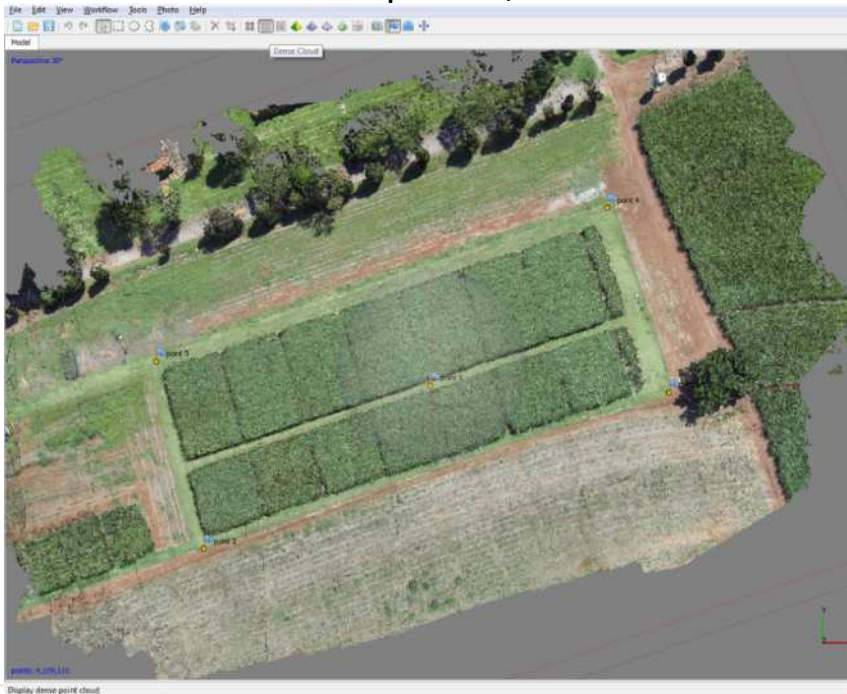
3D Modeling and Mapping

Agisoft

# Processamento dos dados

## Geração dos modelos digitais:

- Nuvem densa de pontos;
- Densidade ~ 89 pts/m<sup>2</sup>;
- 4 a 5 milhões de pontos;



INTRODUÇÃO

MATERIAL E MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSÃO



**PhotoScan**

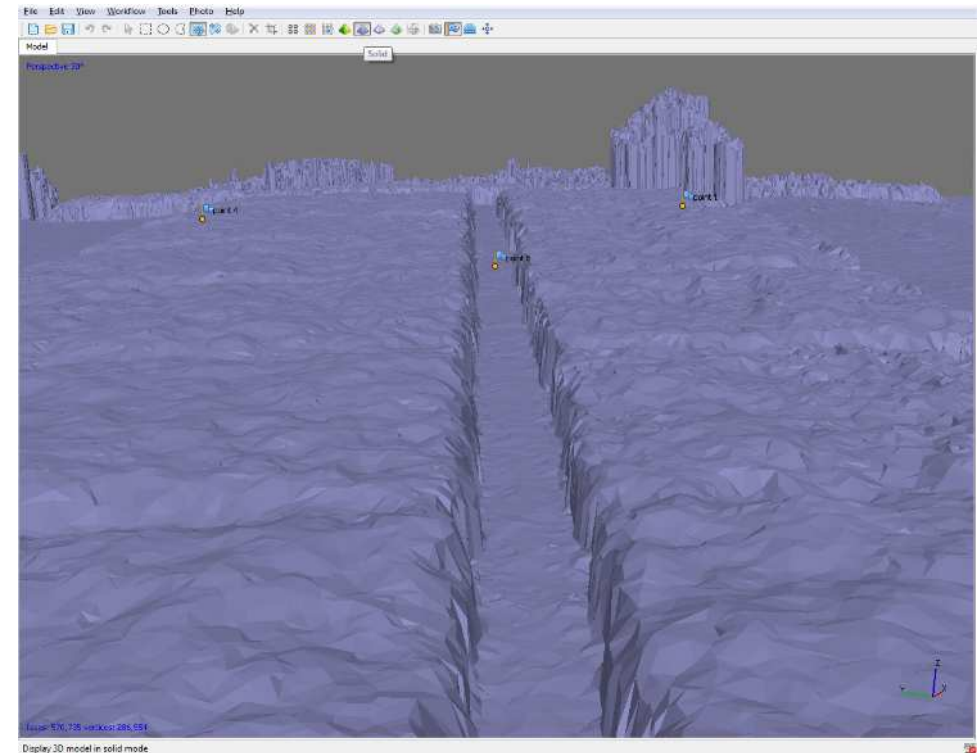
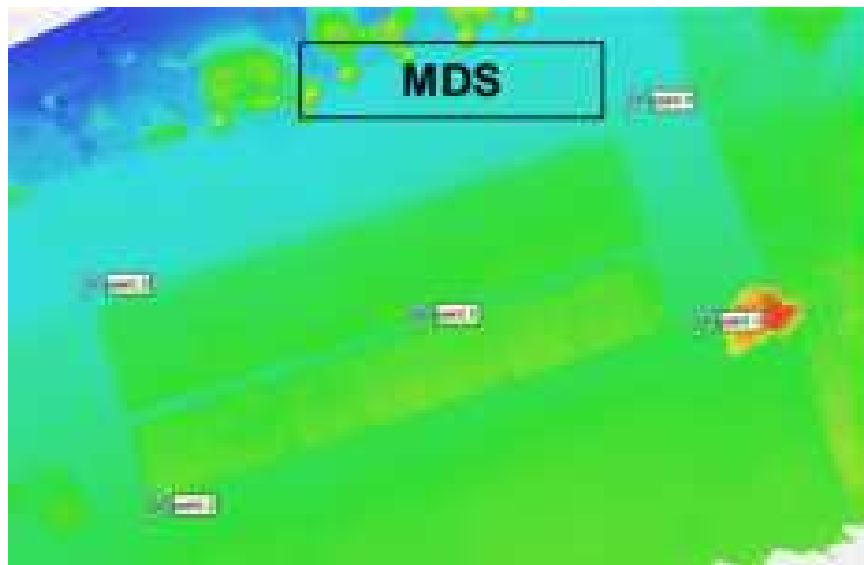
3D Modeling and Mapping

Agisoft

# Processamento dos dados

## Geração dos modelos digitais:

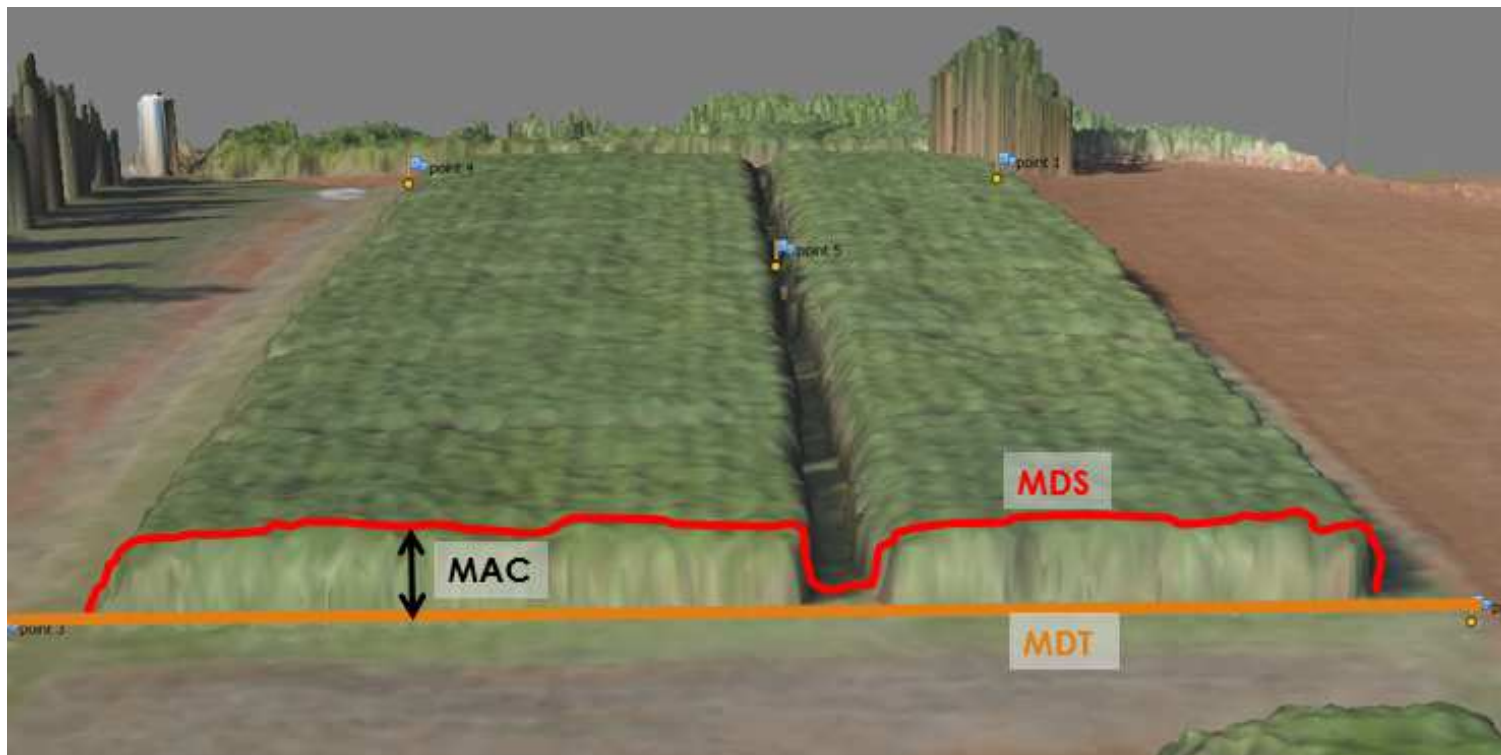
- Modelo digital de superfície;
- Exportação .TIF (RGB e IVP)





# Processamento dos dados

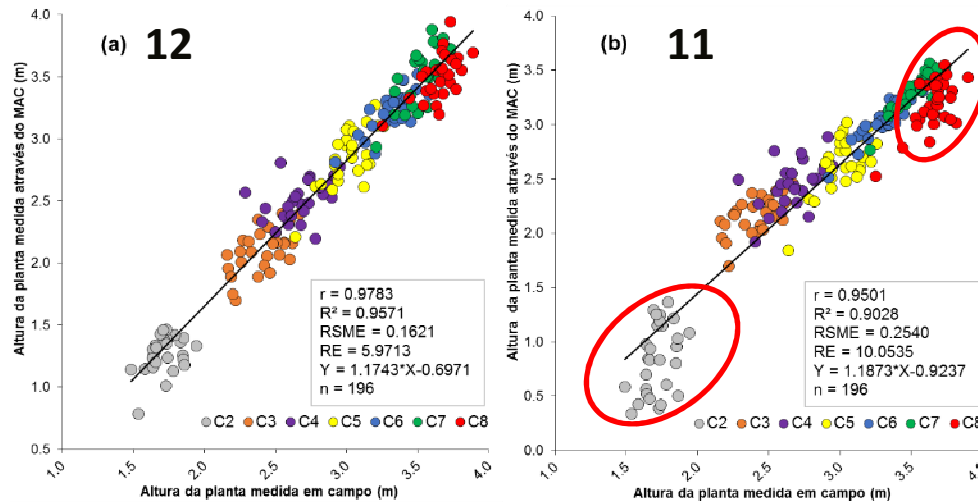
Geração do modelo da altura da cultura:







# Análise dos MACs:

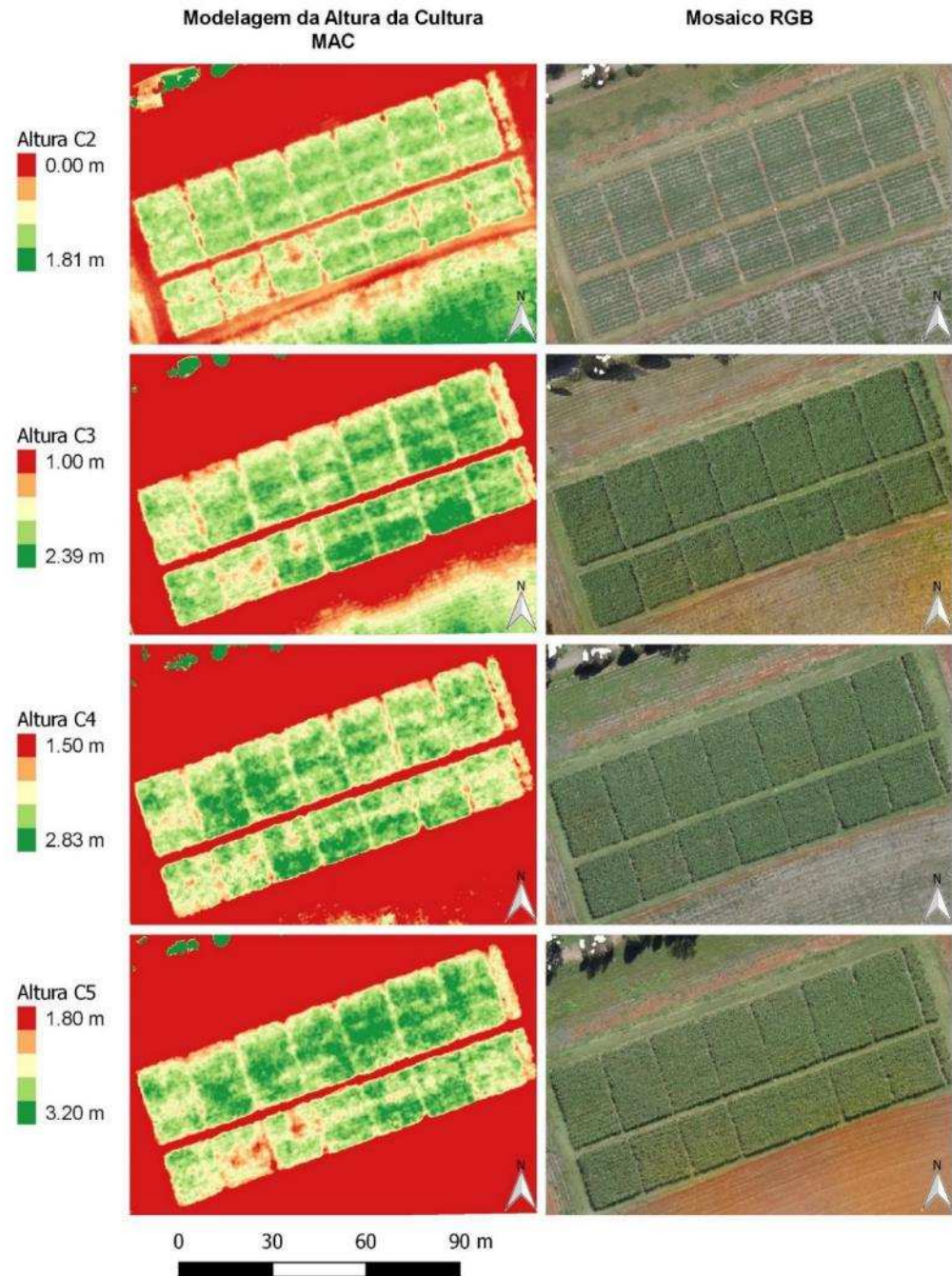


Simulações	R	R <sup>2</sup>	RSME	RE (%)
1	0,95	0,90	0,26	10,36
2	0,98	0,95	0,17	6,34
3	0,94	0,89	0,28	10,70
4	0,97	0,94	0,20	7,16
5	0,94	0,89	0,28	11,62
6	0,97	0,94	0,19	7,44
7	0,92	0,85	0,32	12,83
8	0,95	0,90	0,26	9,57
9	0,95	0,90	0,30	11,41
10	0,97	0,94	0,20	7,47
11	0,95	0,90	0,25	10,05
12	0,98	0,96	0,16	5,97

- Li et al., (2016) **milho** - RSME: 0,21 e R<sup>2</sup>: 0,74  
 Geipel et al., (2014) **milho** - RSME: --- e R<sup>2</sup>: 0,74  
 Holman et al., (2016) **trigo** - RSME: 0,07 e R<sup>2</sup>: 0,93  
 Diaz-Varela et al., (2015) **oliveira** - RSME: 0,45 a 0,20 e R<sup>2</sup>: 0,07 a 0,53  
 Souza et al., (2017) **cana-de-açúcar** - RSME: 0,57 a 0,40 e R<sup>2</sup>: 0,23 a 0,54.  
 Canata et al., (2016) **cana-de-açúcar** - RSME: -- e R<sup>2</sup>: 0,44

# Resultados e Discussão

Avaliação da variabilidade espacial da  
cana-de-açúcar por meio do MAC:

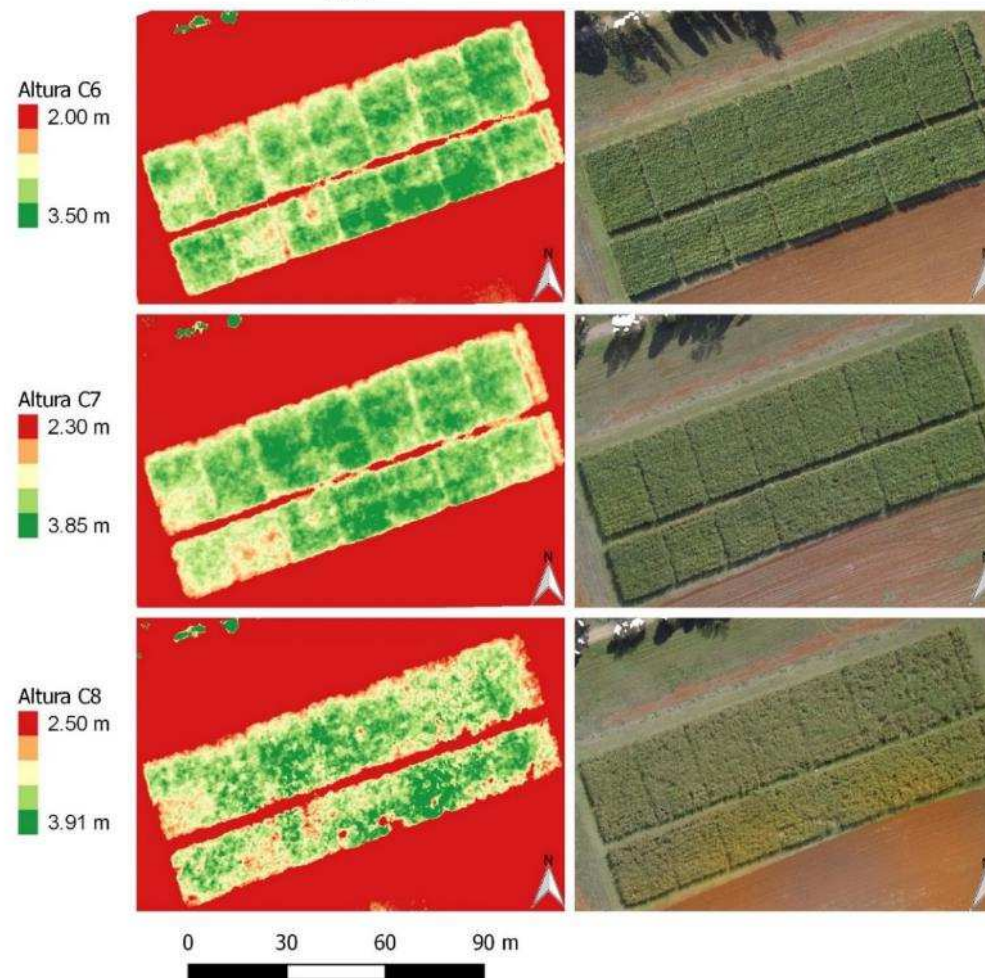


# Resultados e Discussão

**Avaliação da variabilidade espacial da  
cana-de-açúcar por meio do MAC:**

Modelagem da Altura da Cultura  
MAC

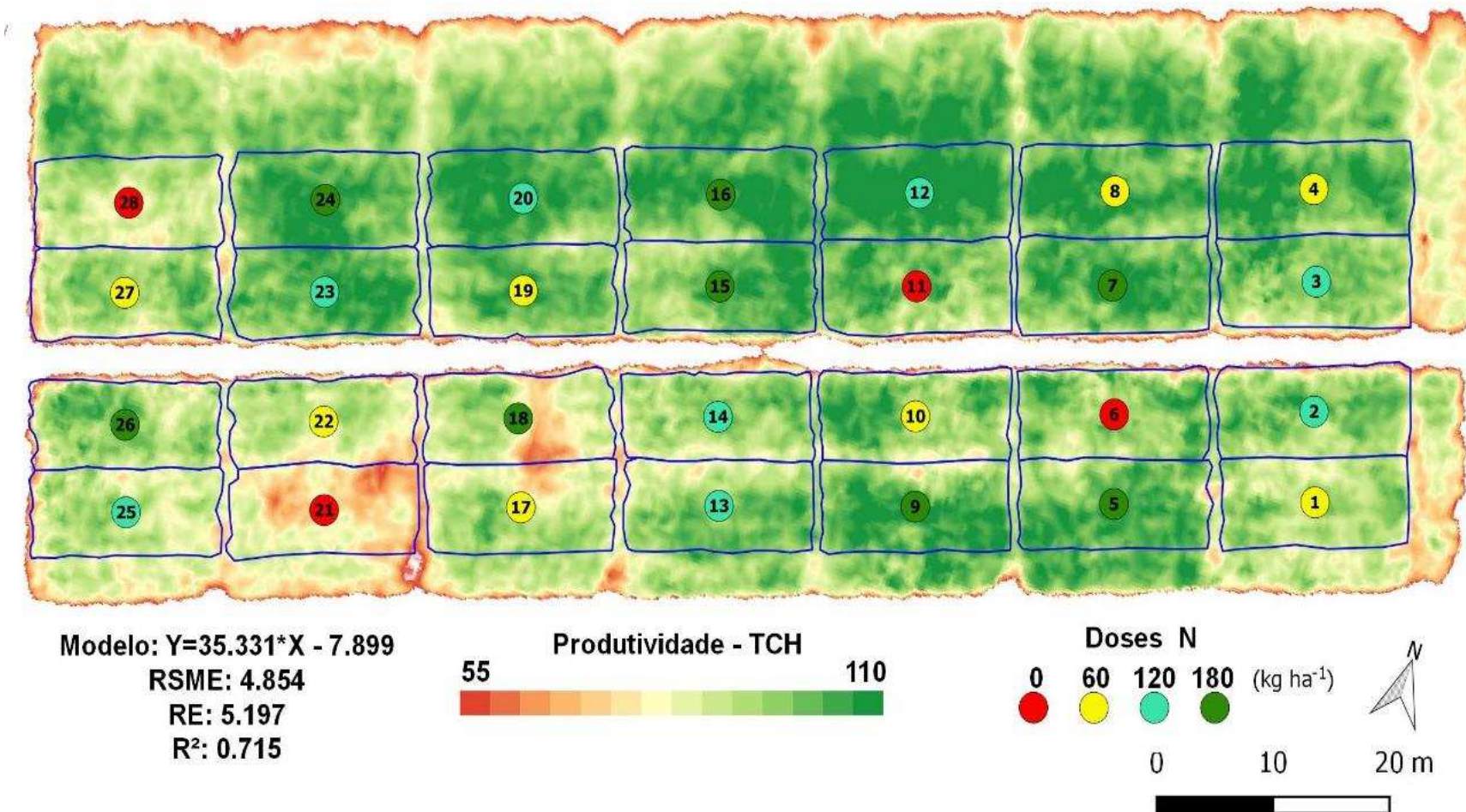
Mosaico RGB







# Estimativa da produtividade por meio do MAC



# FOTOGRAFIA AÉREA

**Exemplos de utilização das fotografias aéreas**



# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOGRAMETRIA

## ➔ ELABORAÇÃO DE CARTAS

“as fotografias aéreas apesar de proporcionarem uma correta leitura de ângulos, apresentam erros nas leituras de distância devido as mudanças da escala horizontal (distorções das bordas das fotos) Marcheti & Garcia (1978)”

- **Cartas Planimétricas:** permite obter a posição horizontal (**distância**) correta de todas as características naturais e culturais do terreno.
- **Cartas Planialtimétricas:** além de permitir obter a posição correta, nos dá a elevação (**nível médio do mar**) das características naturais e culturais através de curvas de nível.
- **Mapas temáticos:** uso da terra, estradas, rios, cidades, culturas...





# FOTOGRAFIA AÉREA VERTICAL - FOTOINTERPRETAÇÃO

## ➤ ELABORAÇÃO DE CARTAS

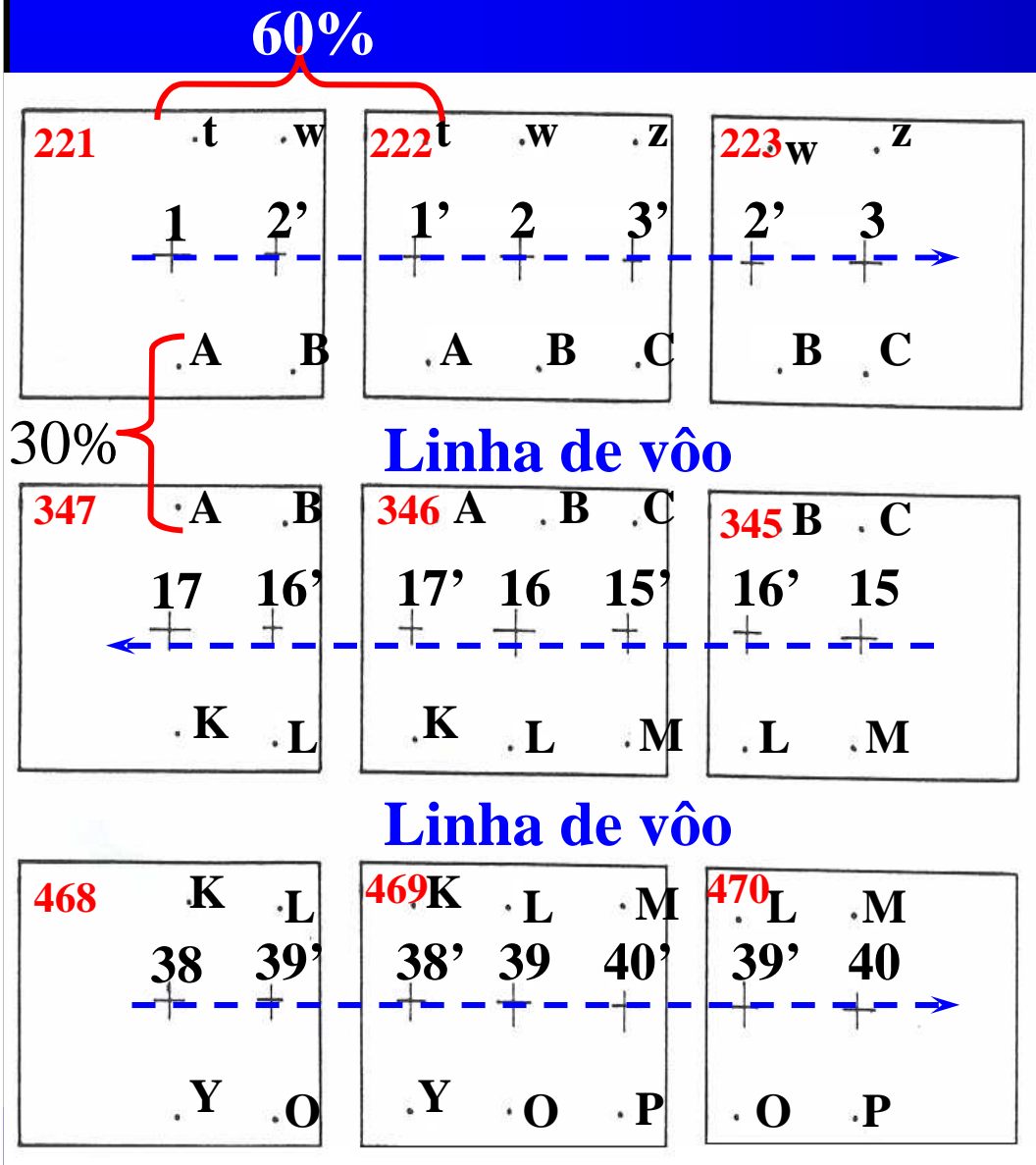
### Obtendo uma carta temática (uso da terra)

- 1) Cortar os moldes no tamanho da fotografia aérea (filme de poliéster) denominado templeto;
- 2) Fixar com durex (no bordo superior da fotografia aérea) templeto;
- 3) Identificar a fotografia aérea em cada templeto (faixa, número da fotografia e marcas fiduciais);



# ➡ ELABORAÇÃO DE CARTAS

## Obtendo uma carta temática (uso da terra)

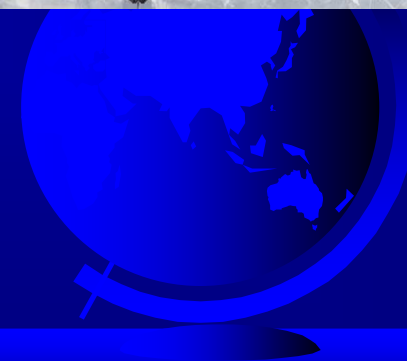
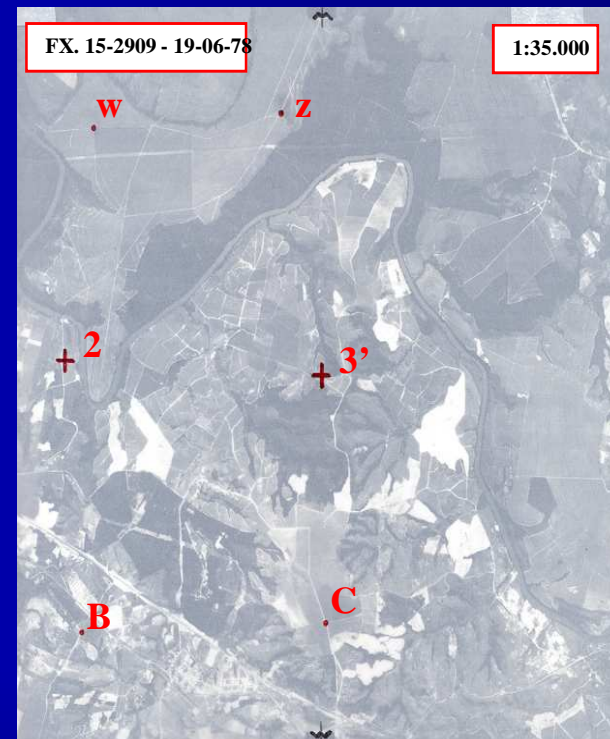
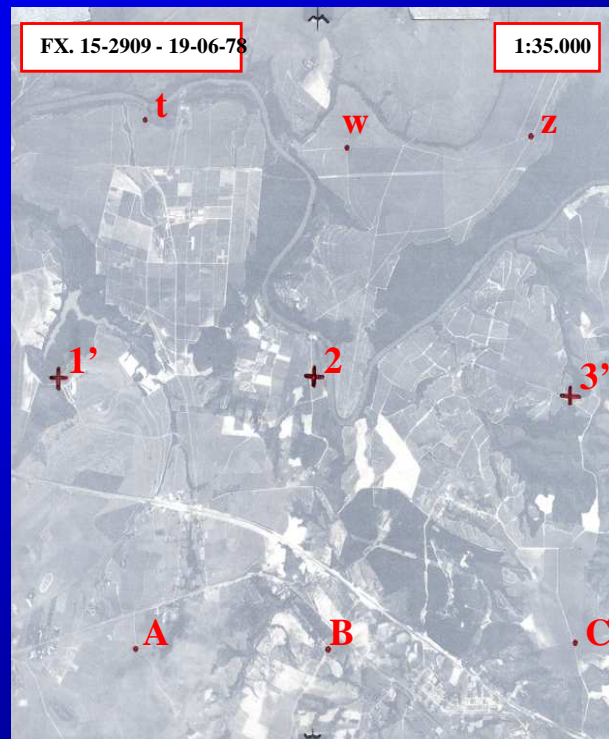
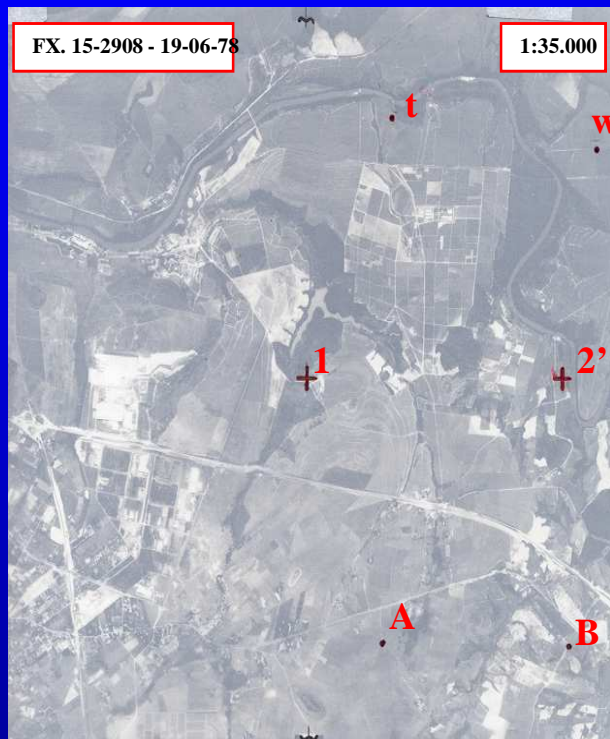


- 4) Marcar em cada foto os centros principais e transferidos, e transferir para os templetos;
- 5) Marcar em cada fotografia os pontos auxiliares transferir as posições para o templeto;



# ELABORAÇÃO DE CARTAS

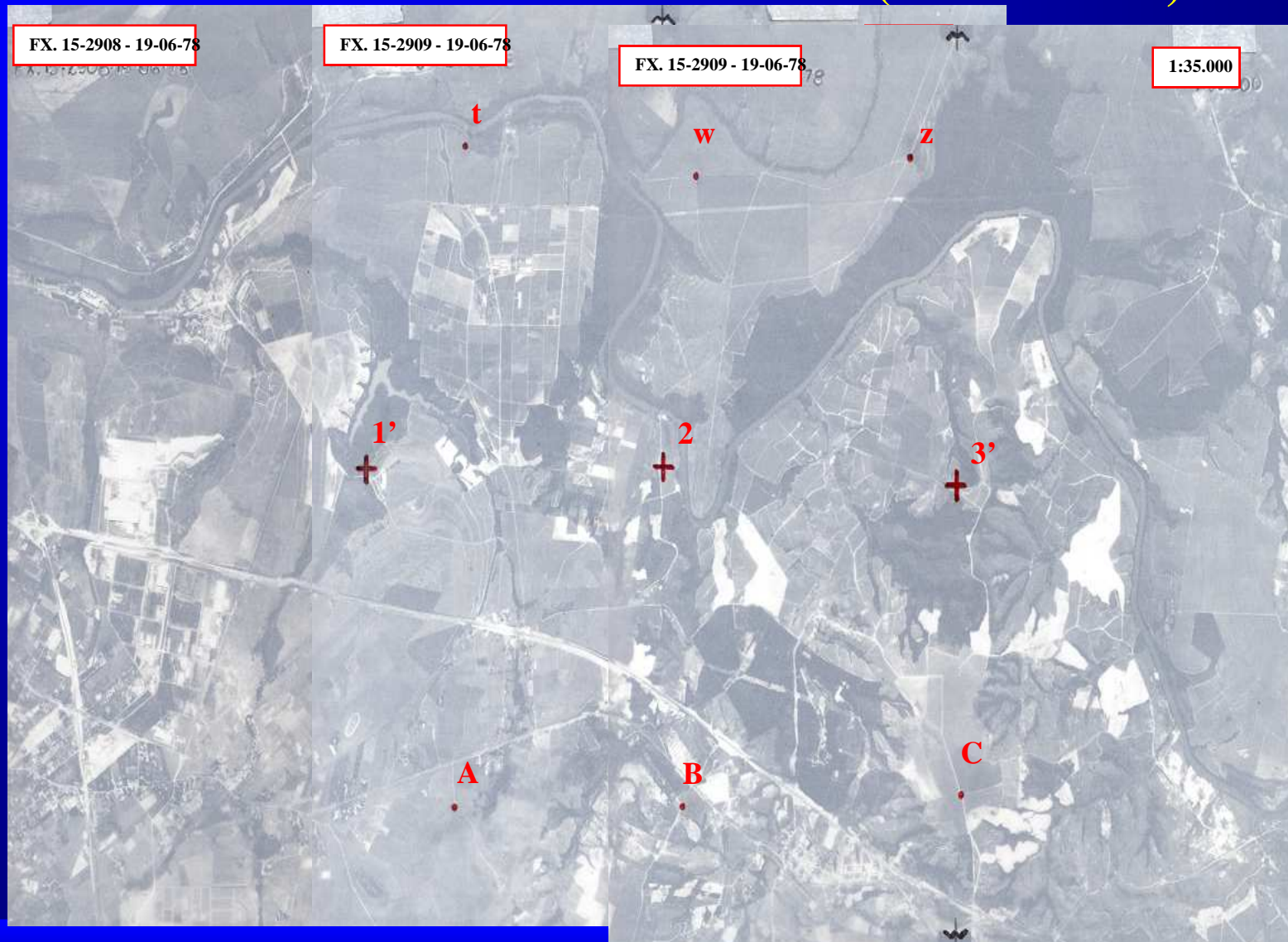
## Obtendo uma carta temática (uso da terra)





# 🌀 ELABORAÇÃO DE CARTAS

## Obtendo uma carta temática (uso da terra)

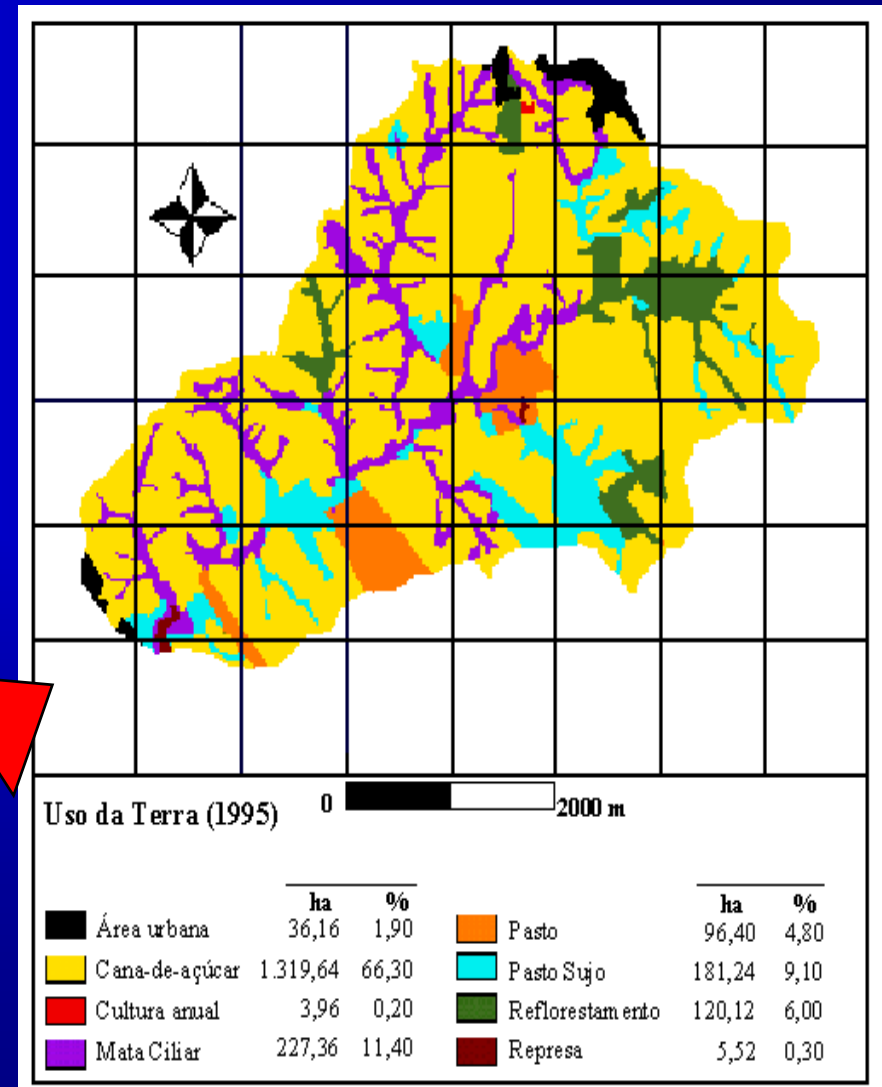
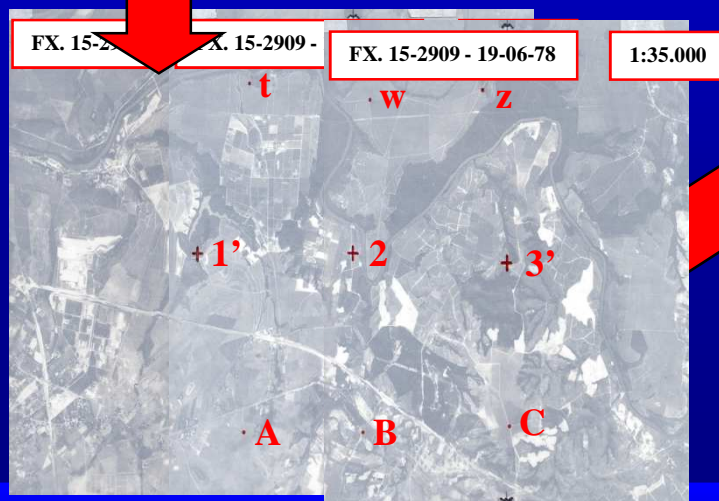


# ELABORAÇÃO DE CARTAS

## Obtendo uma carta temática (uso da terra)



Fotointerpretação



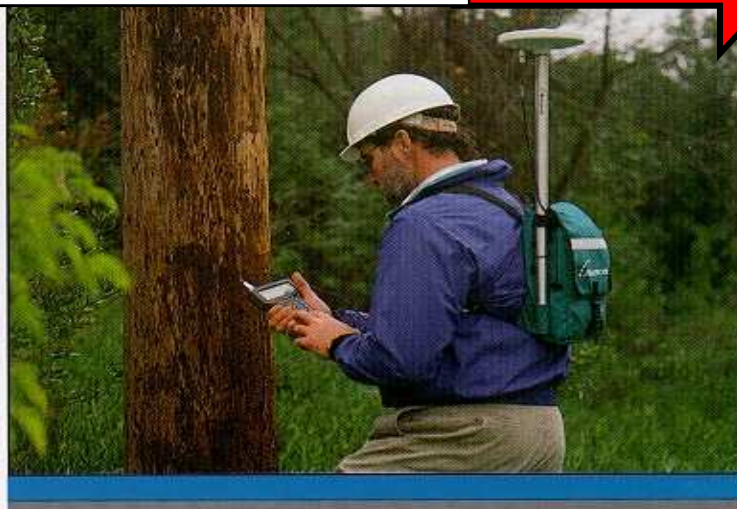


# ELABORAÇÃO DE CARTAS

## Obtendo uma carta temática -SIG- (uso da terra)



Pontos de controle



Registro

Registro de Imagem

Aquisição

Mesa  Tela  Teclado

Pontos de Controle

ponto1	(-3.269 , 8.804)
ponto2	(2.953 , -7.954)
ponto3	(-1.880 , 5.063)
ponto4	(0.492 , -1.324)
ponto5	(0.376 , -1.013)
ponto6	(0.950 , 2.558)

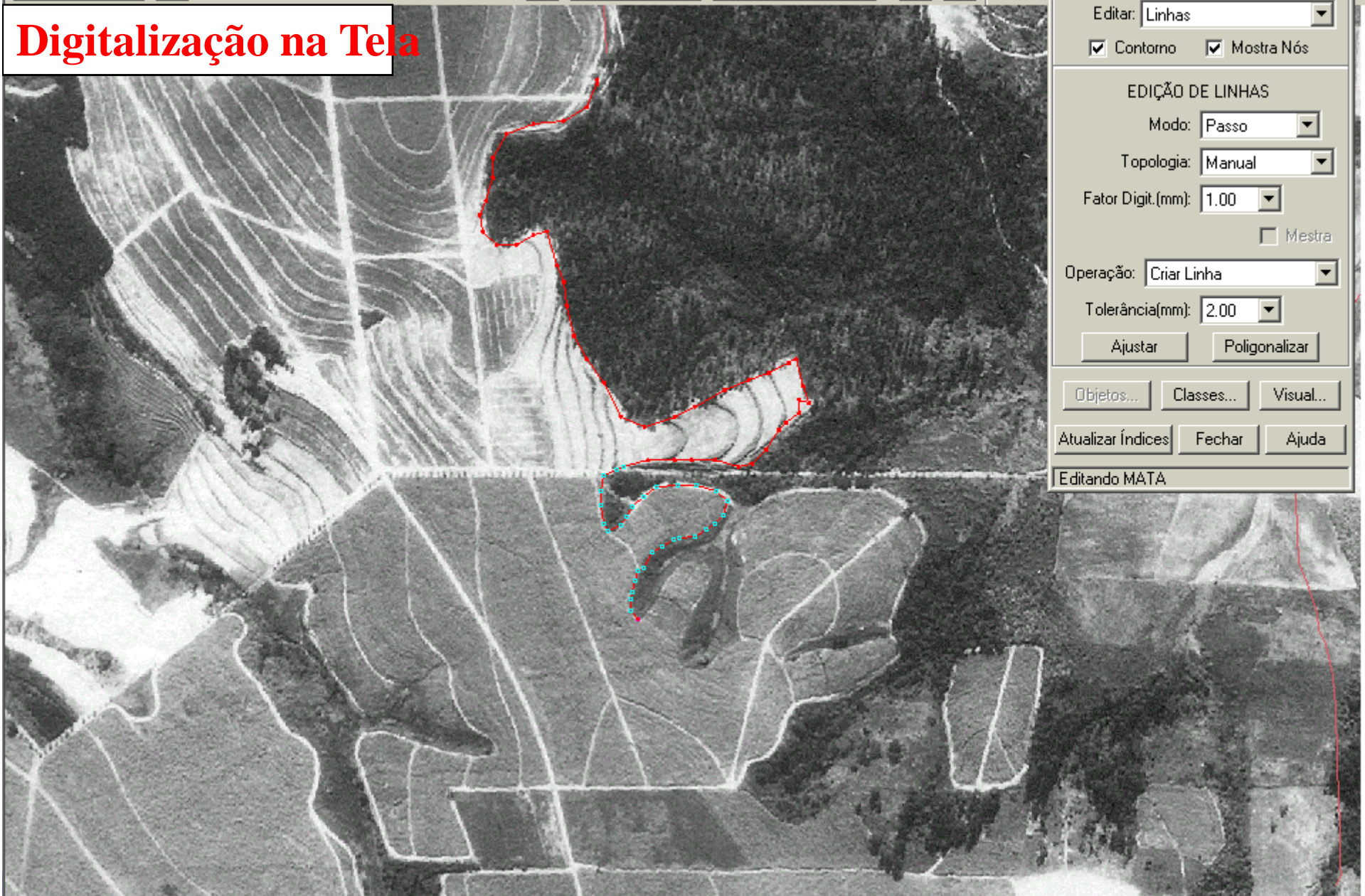
Operação

Criar  
 Suprimir  
 Editar/Mover  
 Renomear  
 Selecionar

081.9 Y: 7488338.1



# Digitalização na Tela



**Edição Topológica**

Edição Gráfica     Verificação

Editar:

Contorno     Mostra Nós

**EDIÇÃO DE LINHAS**

Modo:

Topologia:

Fator Digit.(mm):

Mestra

Operação:

Tolerância(mm):

Editando MATA



SPRING-3.5[CONCURSO1][FOTO\_PIRA]

Arquivo Editar Exibir Imagem Imagem MNT Cadastral Rede Análise Executar Ferramentas Ajuda

**Medidas**

Tipo

Edição  Apontamento

Opção: Área/Perímetro


Unidade: ha

Linha:  Criar  Suprimir

Ponto:  Criar  Mover  Suprimir

Calcular Cancelar Relatório... Fechar Ajuda

138.773462 ha 12487.808636 m



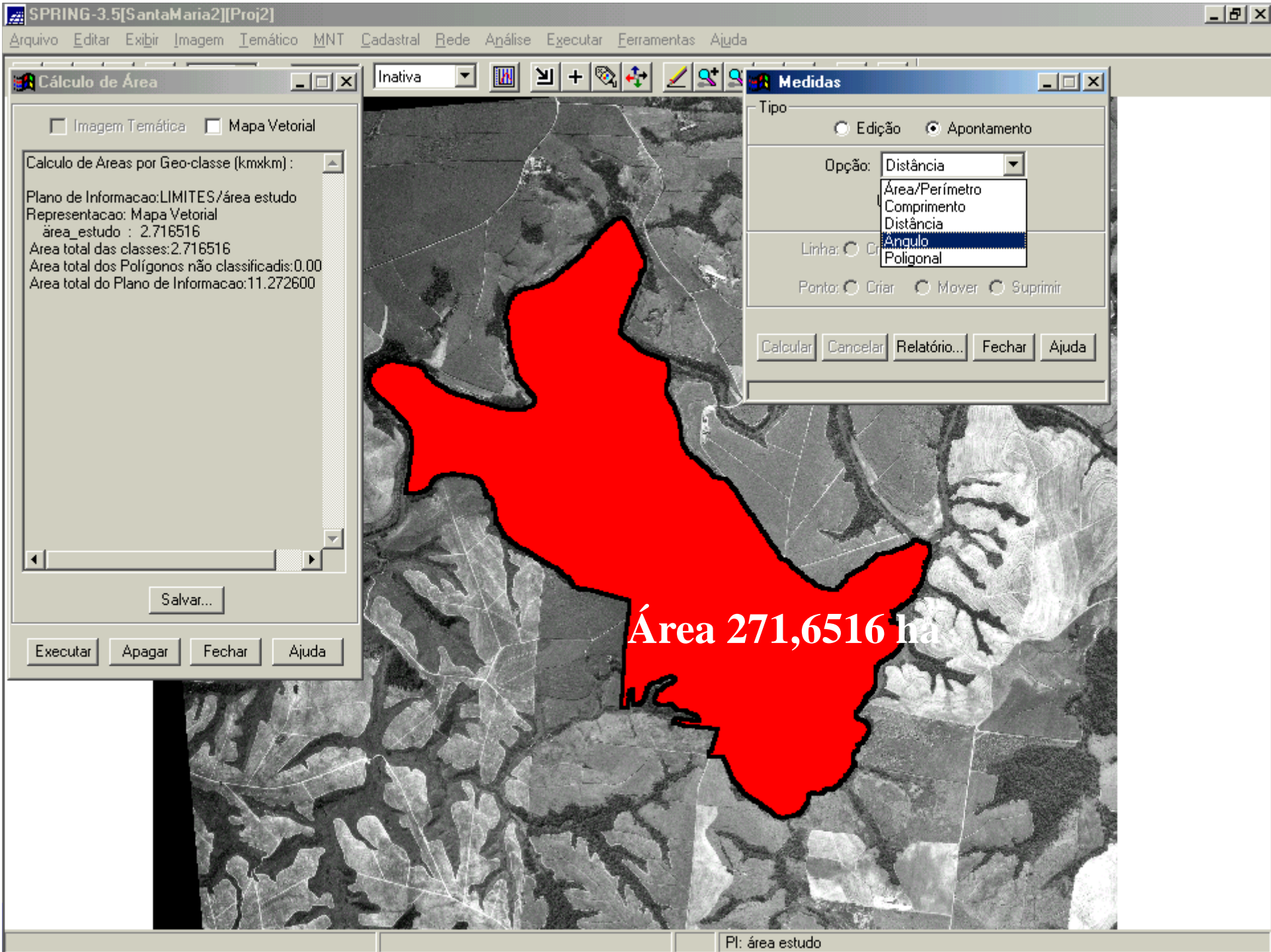
**Opções:**

- ➔ **Classificação Supervisionada**
- ➔ **Classificação não Supervisionada**

X: 233373.0 Y: 7487491.1

PI: MATA







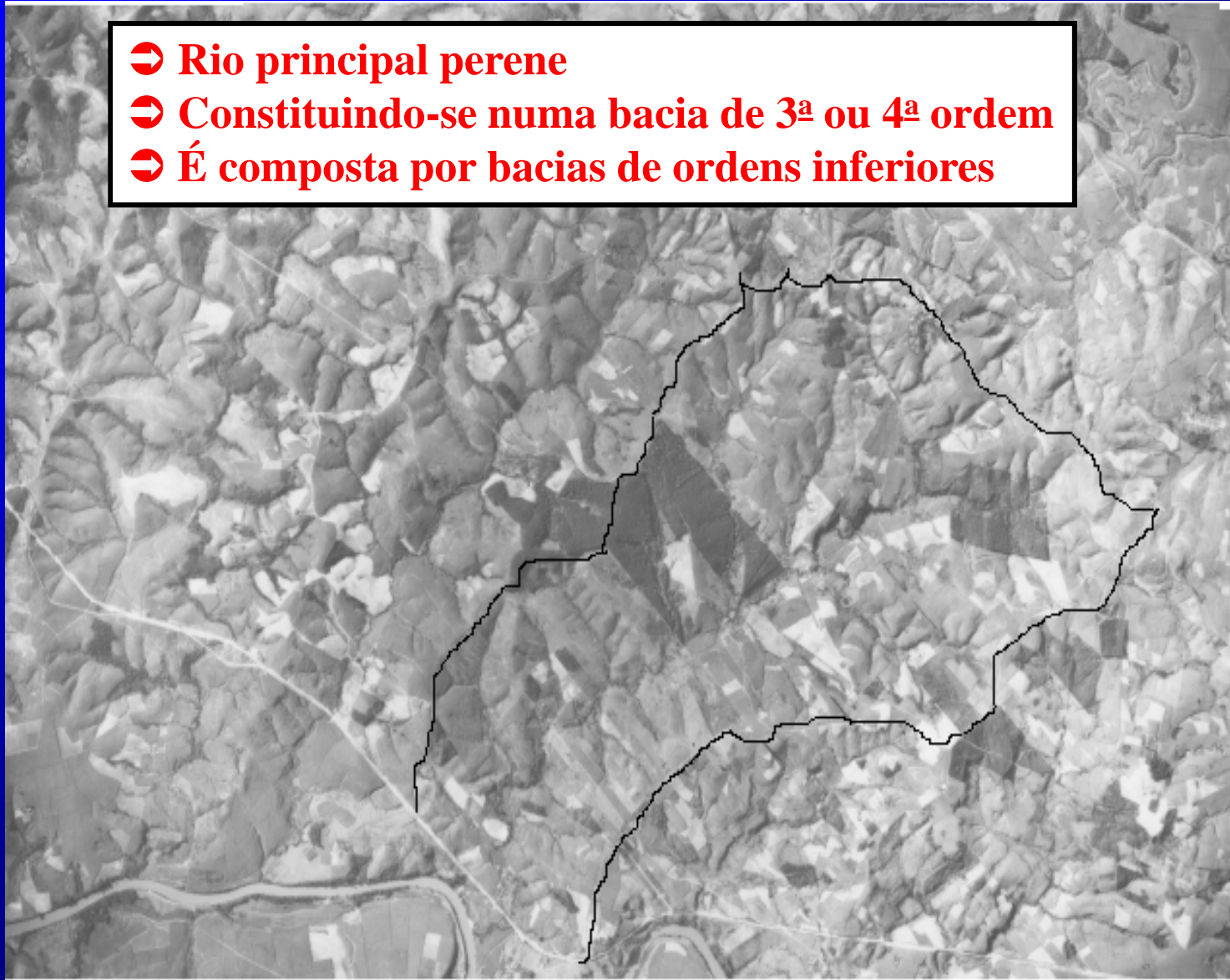
## **➤ PRINCIPAIS RECURSOS VISUAIS DO TERRENO (FOTOINTERPRETAÇÃO)**

- BACIAS HIDROGRÁFICAS**
- TOPOGRÁFIA DO TERRENO**
- HIDROGRÁFIA**
- COBERTURA VEGETAL**
- EROSÃO ACELERADA**
- AÇÃO DO HOMEM**
- GEOLOGIA E SOLO**

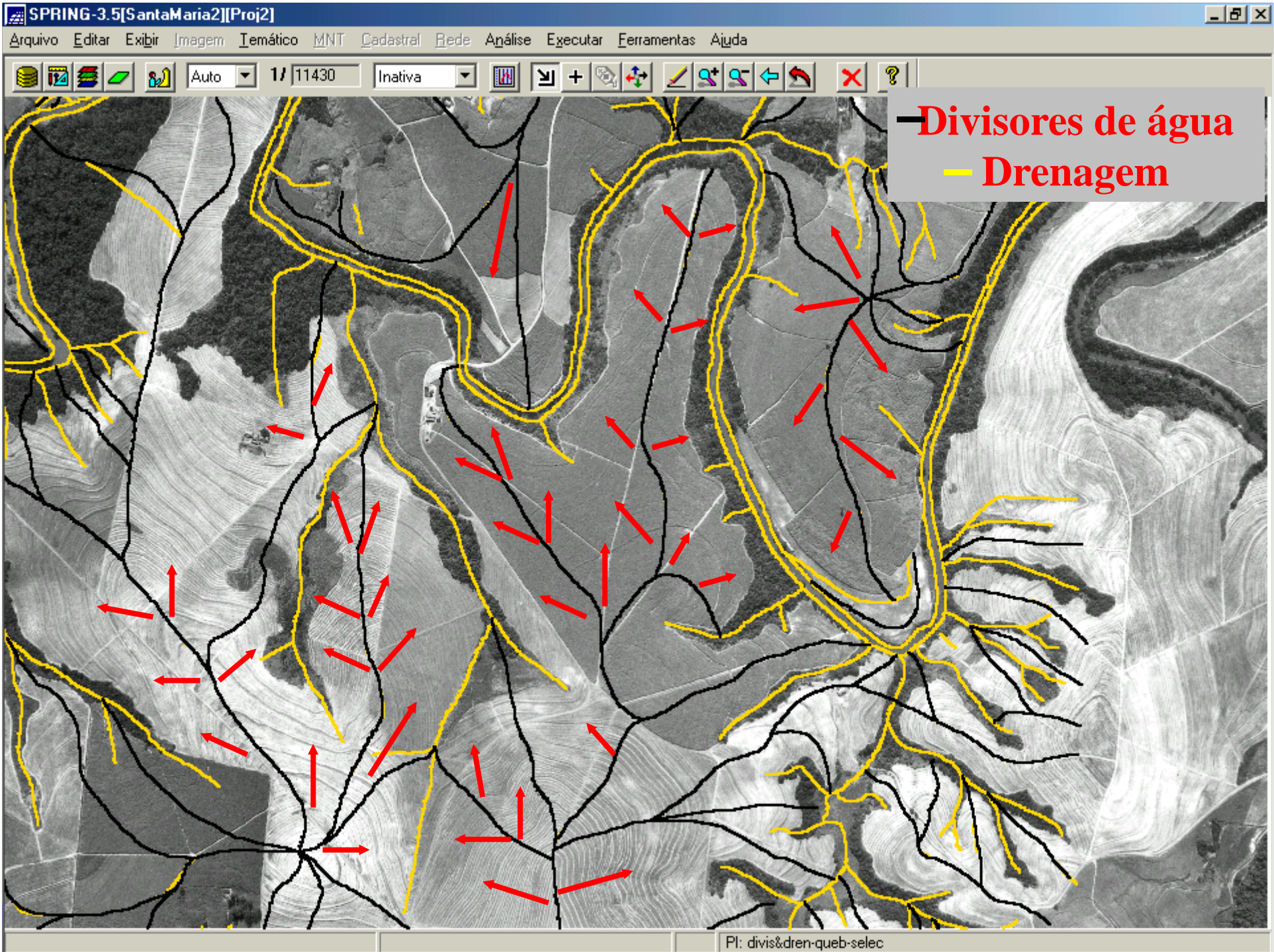


## ➤ BACIAS HIDROGRÁFICAS

- Rio principal perene
- Constituindo-se numa bacia de 3ª ou 4ª ordem
- É composta por bacias de ordens inferiores

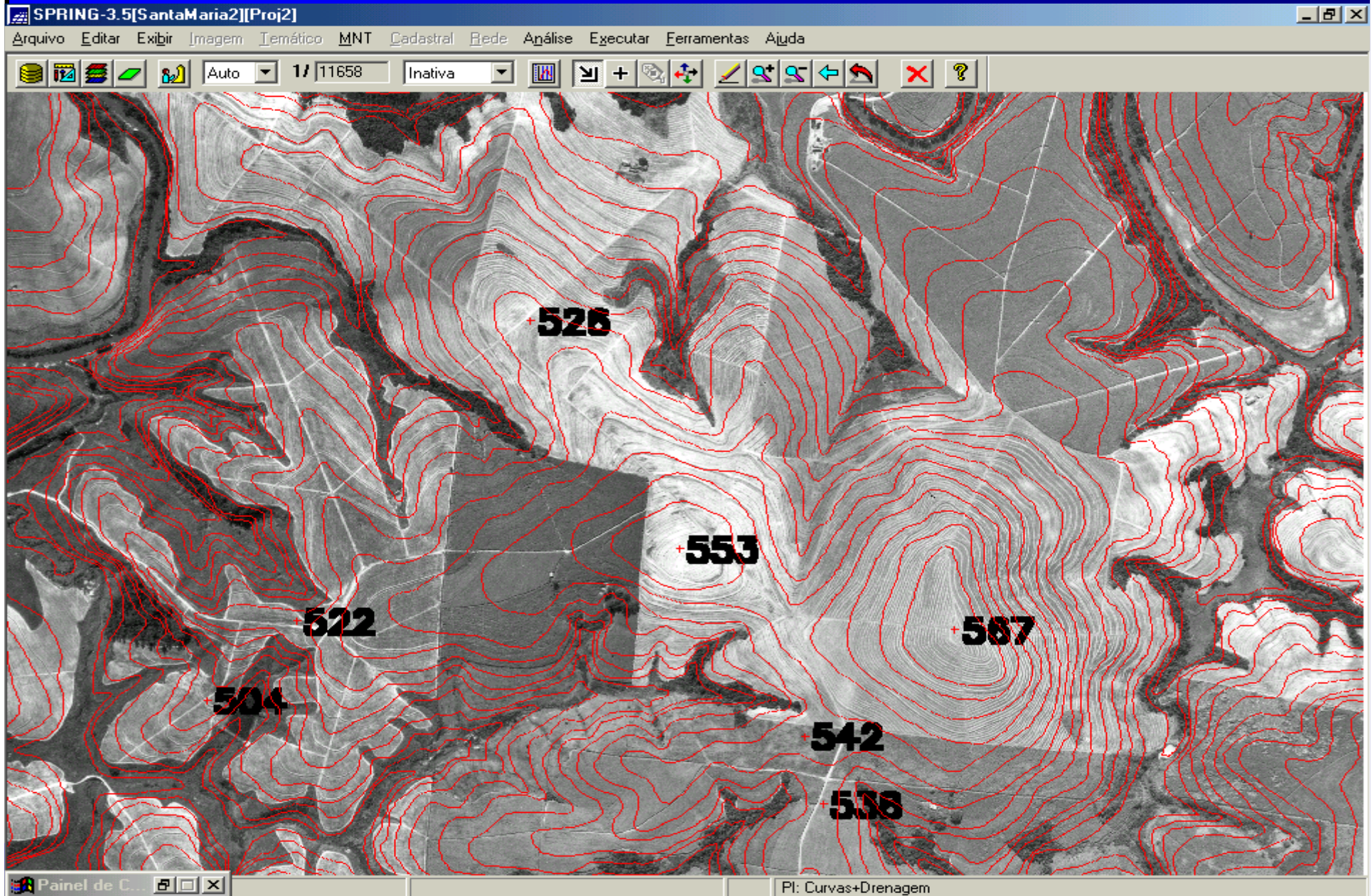








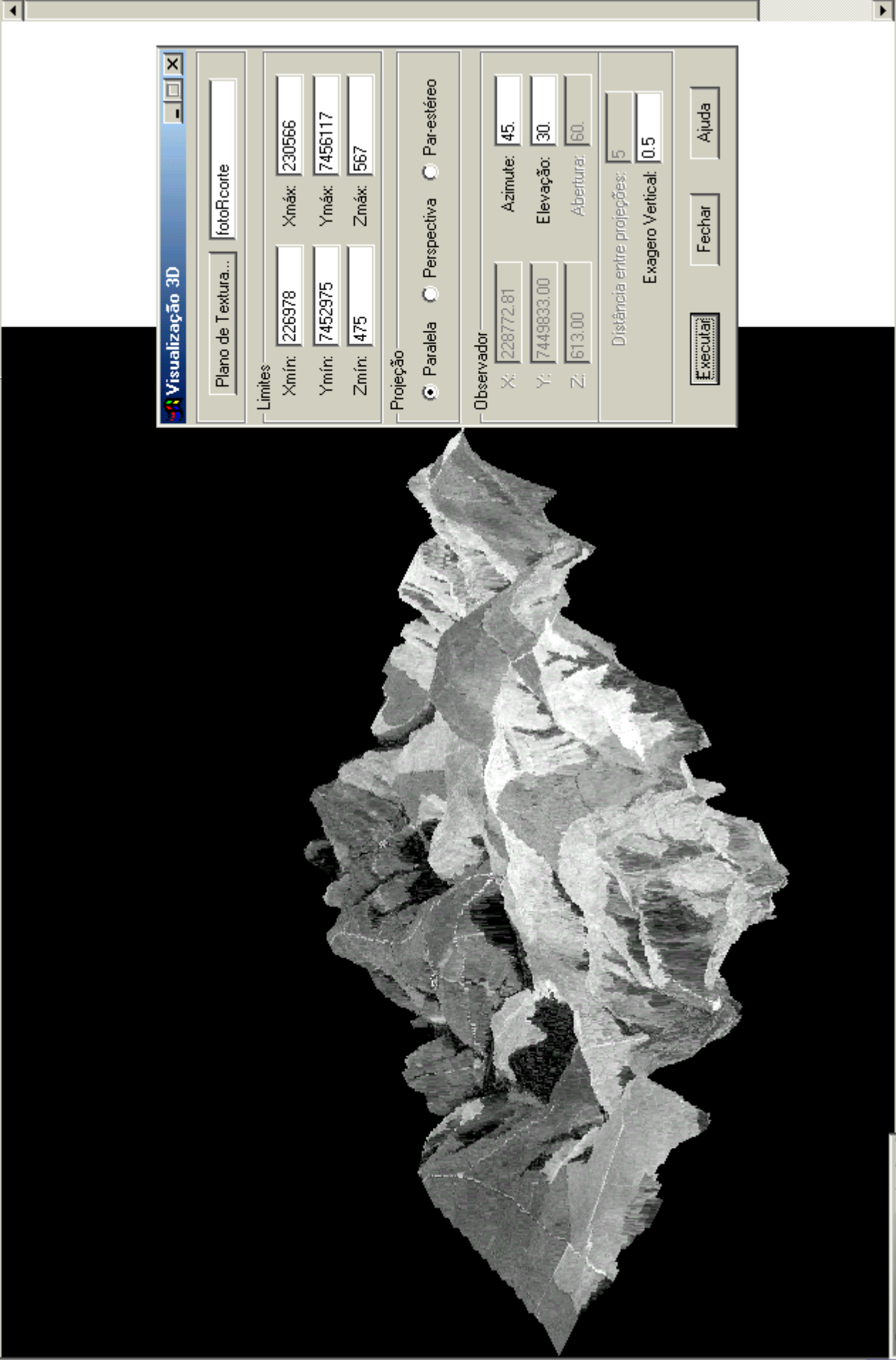
# TOPOGRÁFIA DO TERRENO







Auto 1/ 6852 Inativa



**Visualização 3D**

Plano de Textura... fotoRcorte

**Limites**

Xmín: 226978	Xmáx: 230566
Ymín: 7452975	Ymáx: 7456117
Zmín: 475	Zmáx: 567

**Projeção**

Paralela  Perspectiva  Par-estéreo

**Observador**

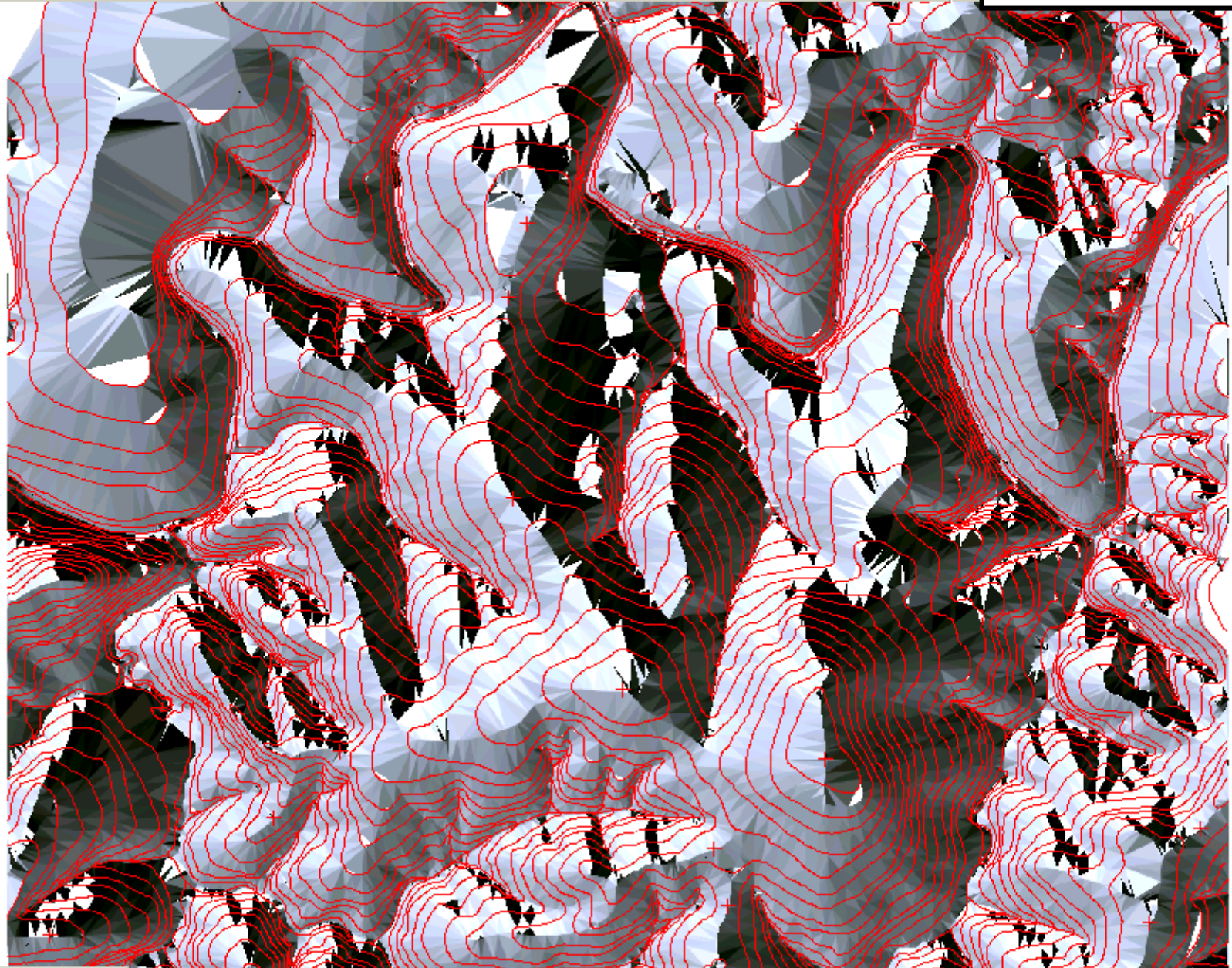
X: 228772.81	Azimute: 45.
Y: 7449833.00	Elevação: 30.
Z: 613.00	Abertura: 60.

Distância entre projeções: 5

Exagero Vertical: 0.5

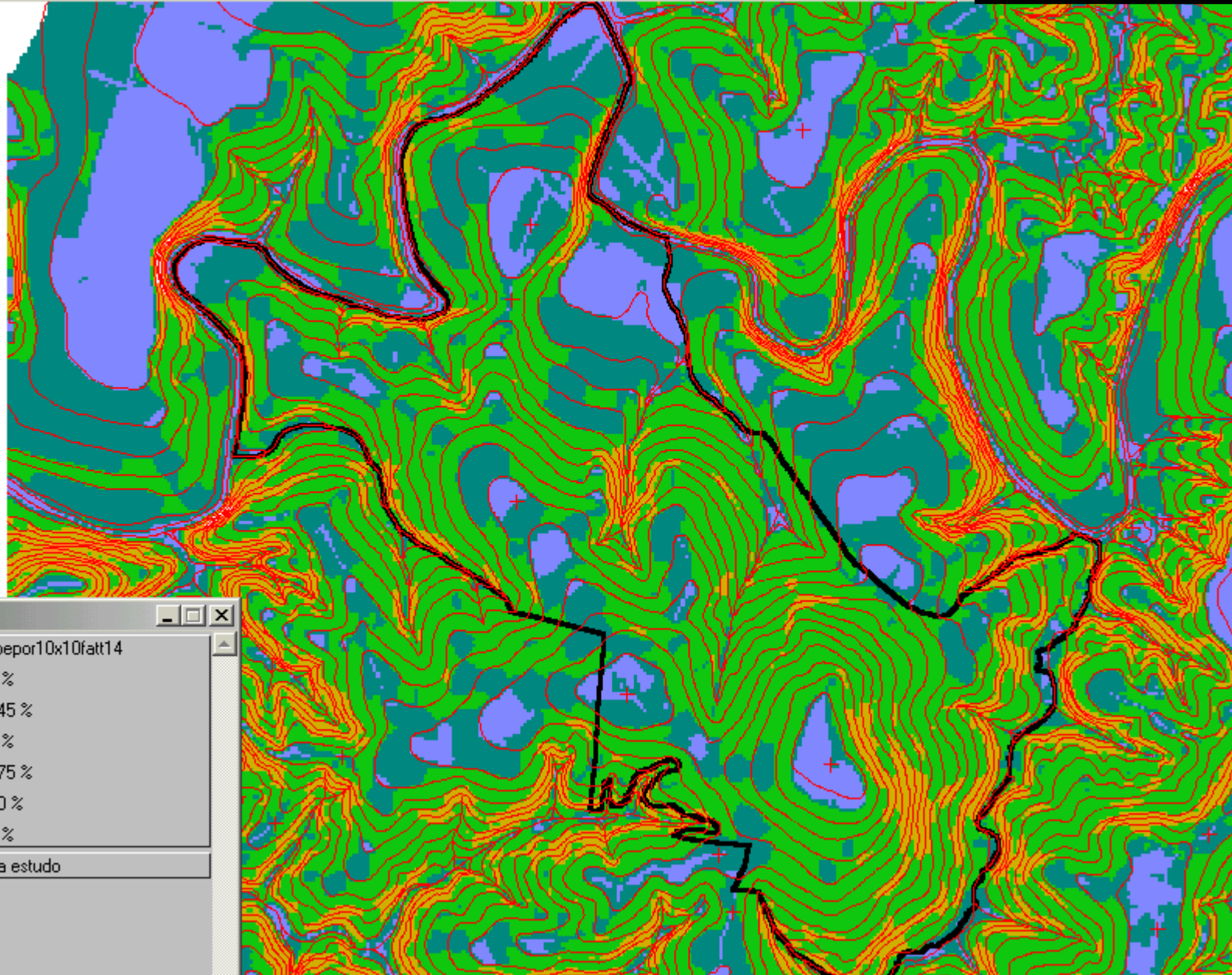
Executar Fechar Ajuda

# RELEVO - SOL





# Carta Clinográfica



**Legenda**

- slopepor10x10fatt14
  - 0 - 3 %
  - 20 - 45 %
  - 3 - 8 %
  - 45 - 75 %
  - 8 - 20 %
  - > 75 %
- área estudo

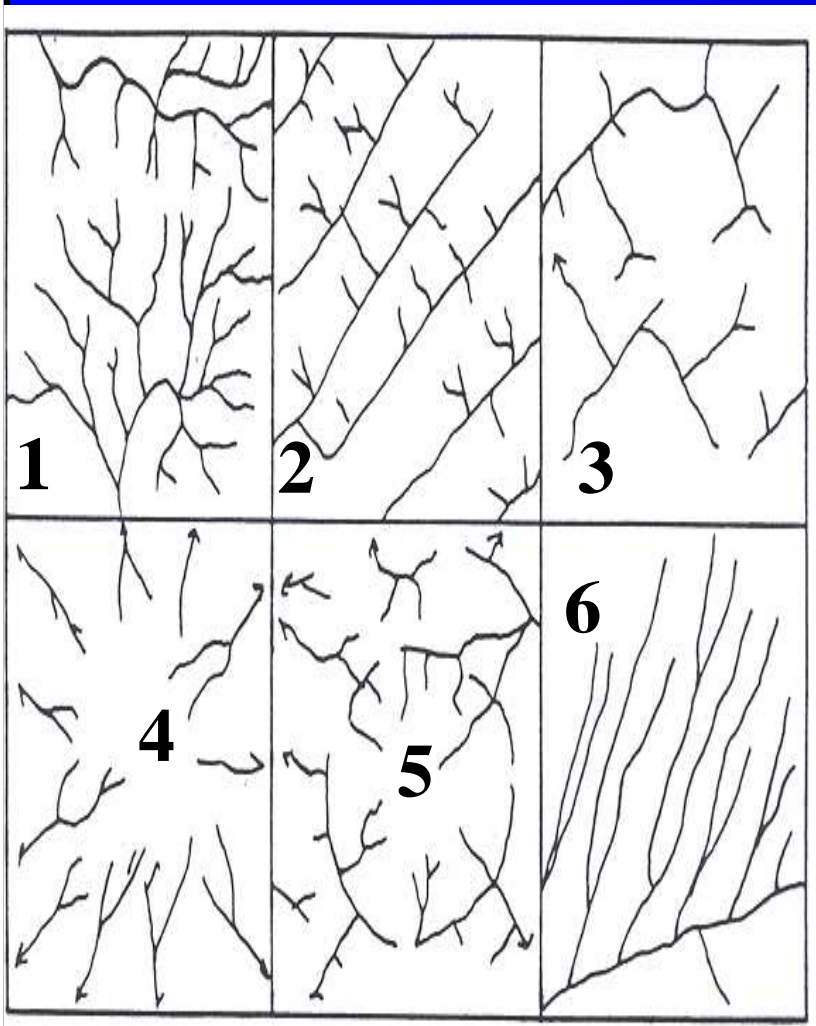
## ➡ **HIDROGRAFIA**



- ➡ **Hidrografia: conjunto das águas correntes ou estáveis de uma região.**
- ➡ **É formada pela rede de escoadouros naturais (canais, córregos, ribeirões rios, lagos etc.)**
- ➡ **A rede de escoadouros (canais temporários ou permanentes), é resultado das condições de clima, geologia e solos.**



## ➤ HIDROGRÁFIA



- 1 - Dendrítico** = pouco efeito dos controles estruturais/topográficos;
- 2 - Trepilha** **3 - Retangular** = climas secos forte controles da estrutura geológica relacionadas a direção das falhas;
- 4 - Anular** **5- Circular** = áreas de domos (vulcões );
- 6 - Paralelo** = clima úmido, com expressivo controle estrutural devido as falhas, fissuras.

**IMPORTÂNCIA NA FOTOPEDOLOGIA**

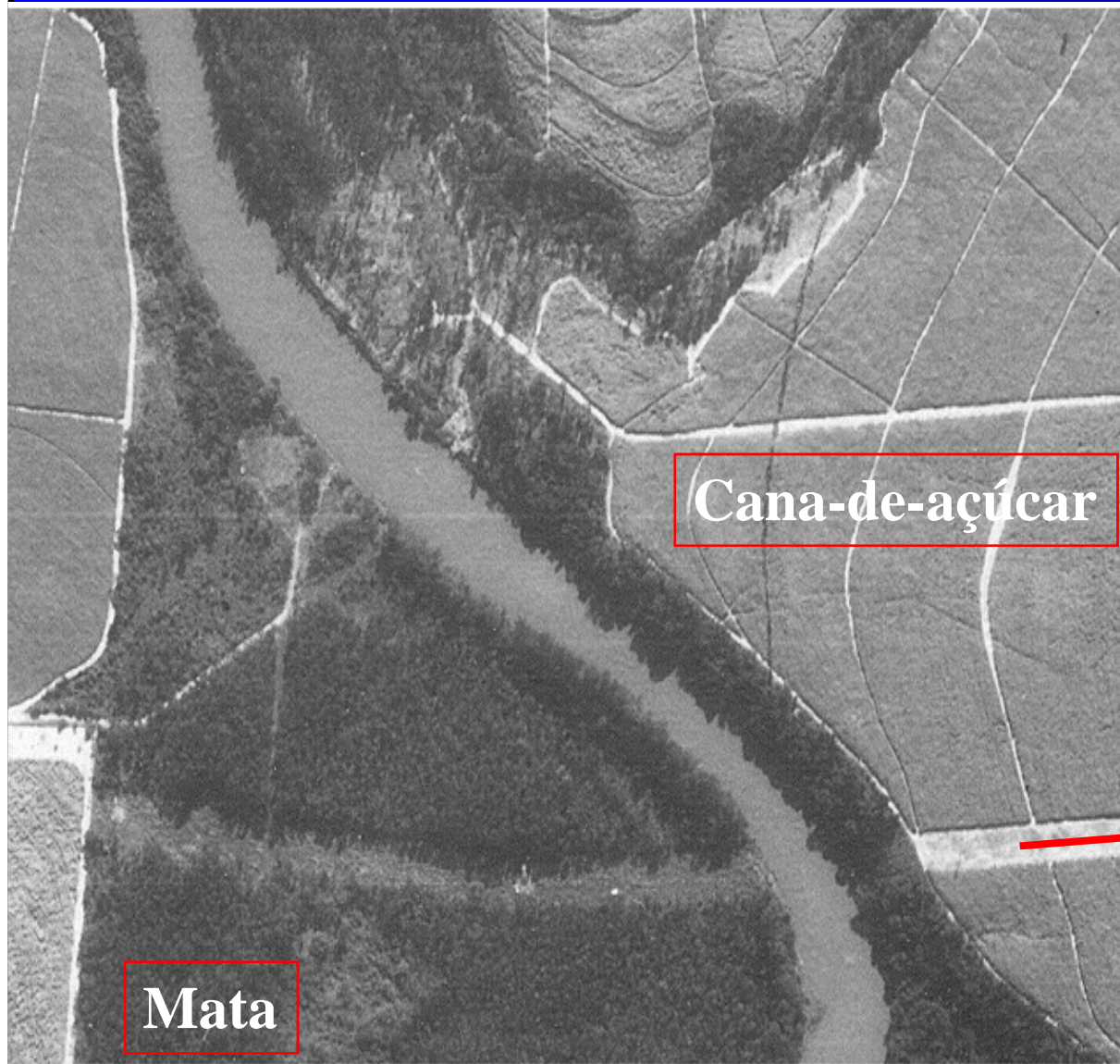


## COBERTURA VEGETAL

### Padrões Fotográficos

**Tonalidade**  
**Textura**  
**Telhado**  
**Estrutura**  
**Porte**

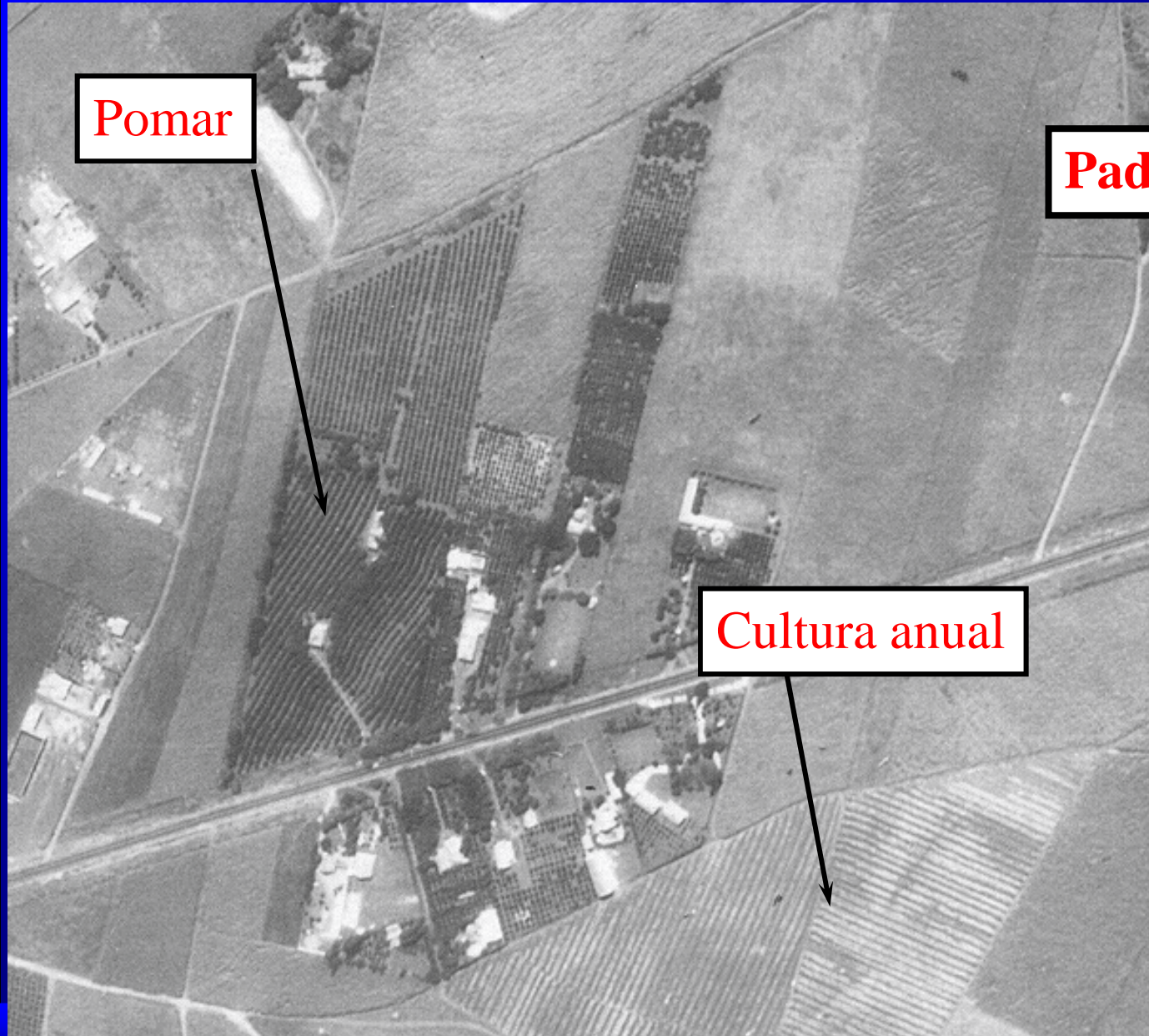
**Linha de alta tensão**



**Mata**

**Cana-de-açúcar**

# ☉ COBERTURA VEGETAL



Pomar

Padrões Fotográficos

Tonalidade  
Textura  
Telhado  
Estrutura  
Porte

Cultura anual





## EROSÃO ACELERADA





## EROSÃO ACELERADA

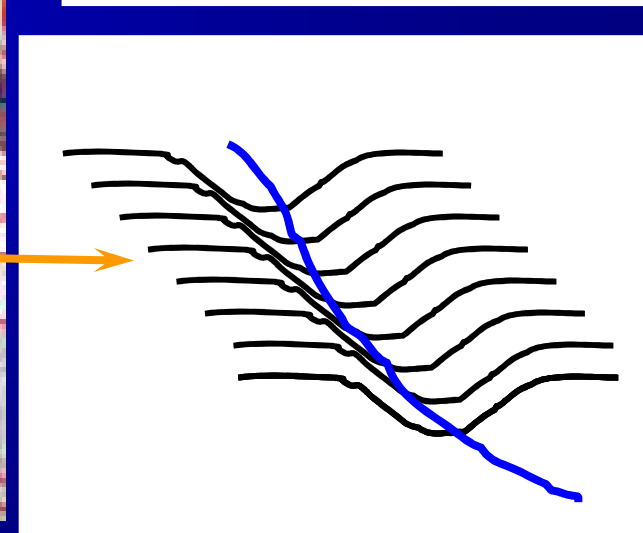
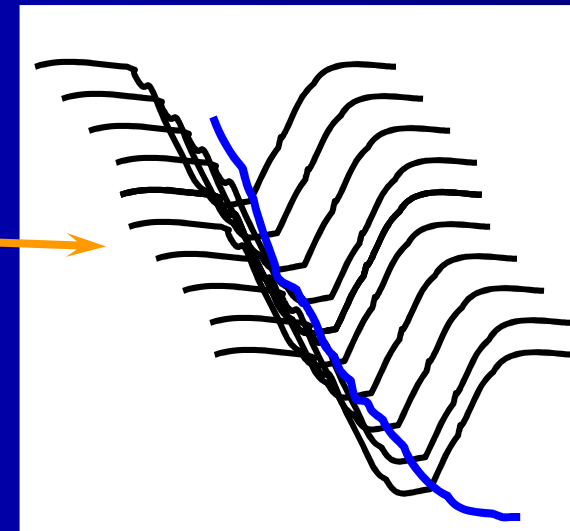
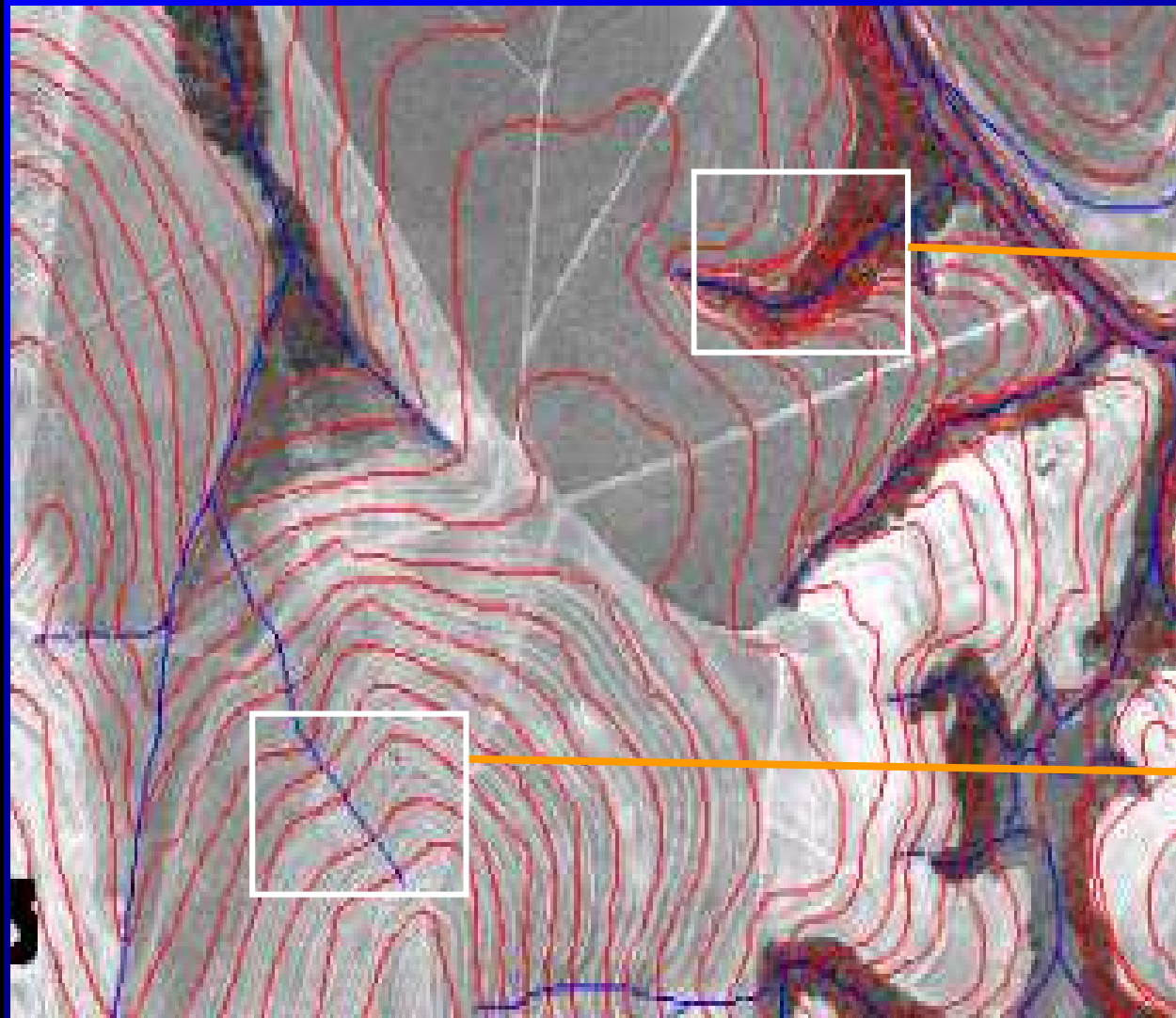


# EROSÃO ACELERADA



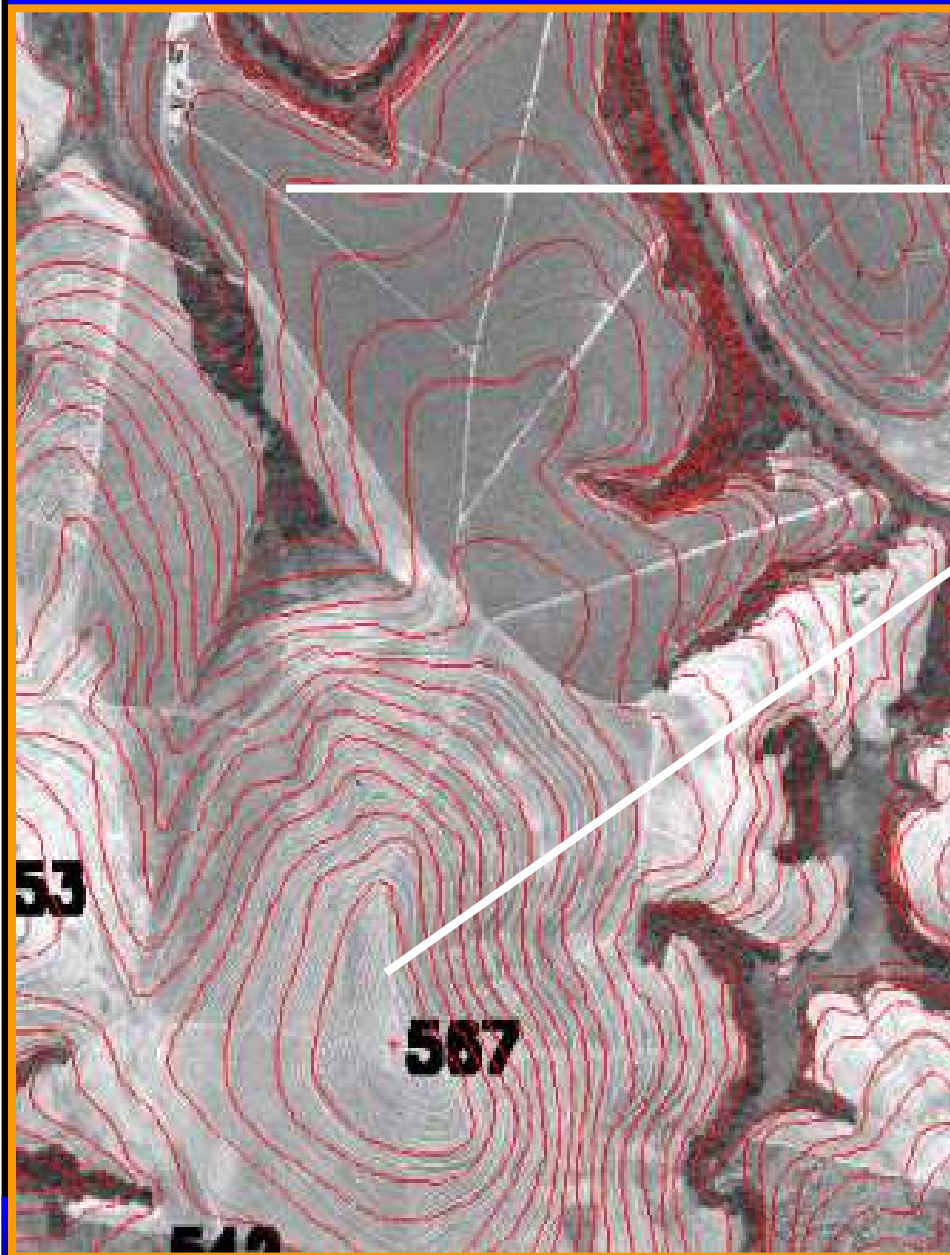
# A IMAGEM AÉREA NA AVALIAÇÃO DO RELEVO DO TERRENO

## HIDROGRÁFIA





# EROSÃO



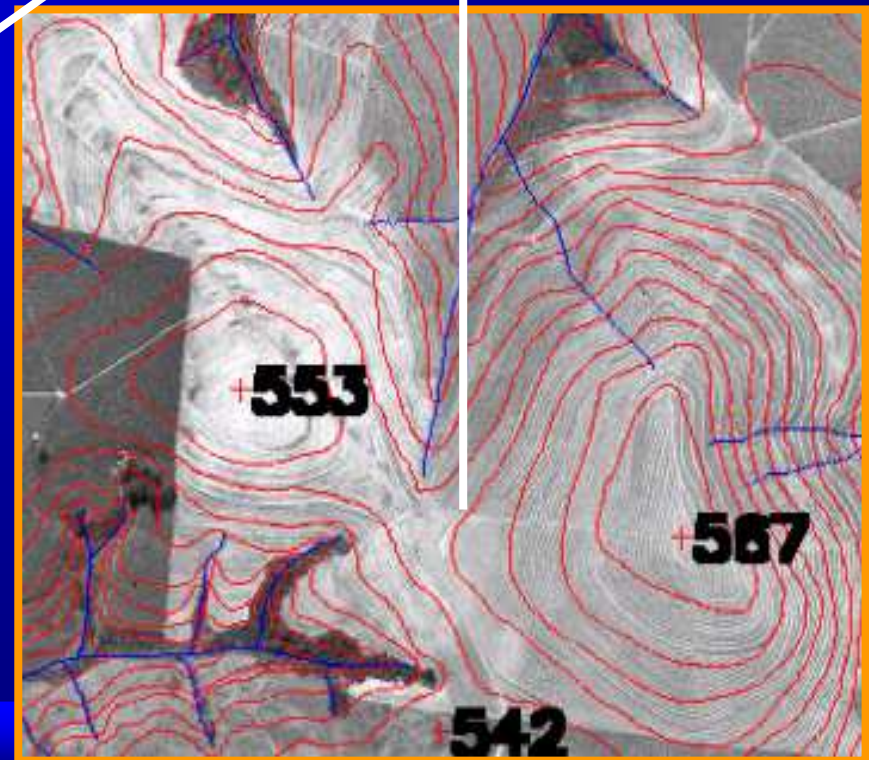
# LIGAÇÕES DE VERTENTES

- Lateralmente

Espigão

Garupa

Esporão



# EROSÃO

## TOPOGRAFIA DO TERRENO

**VERTENTE**

**DECLIVIDADE**

**CURVAS DE NÍVEL**

Plana

Constante

Igualmente espaçados

Côncava

Diminui à medida que a encosta desce

Próximos no cume e afastados na parte baixa

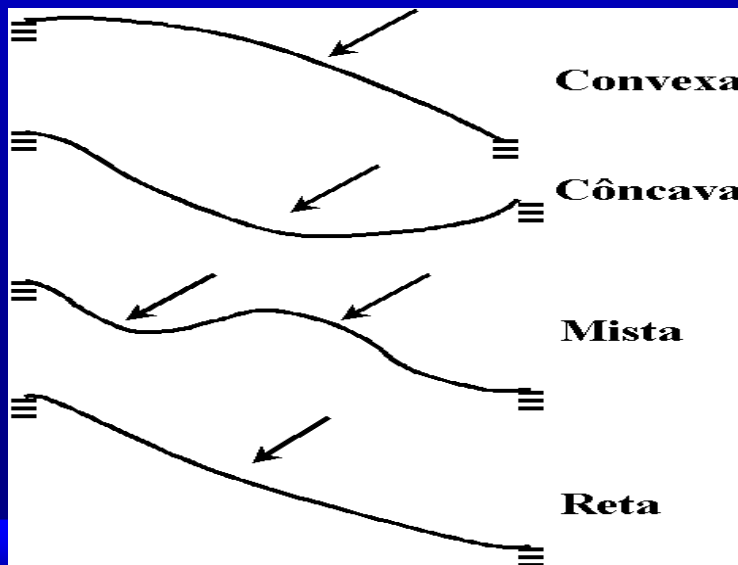
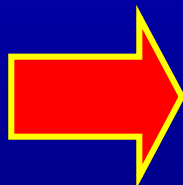
Convexa

Aumenta à medida que a encosta desce

Espaçadas no cume e próximas na parte baixa

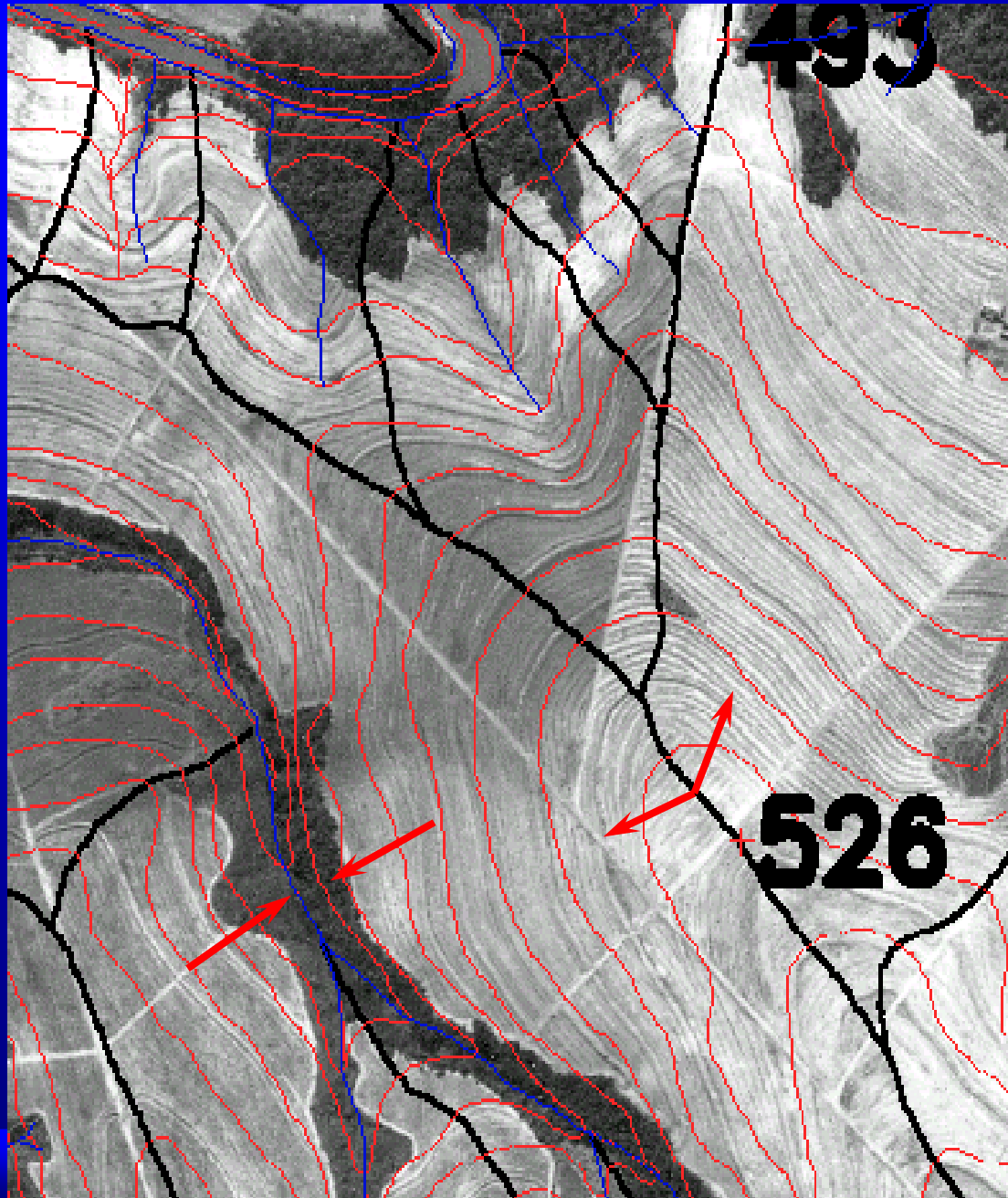


**H<sub>2</sub>O**



**EROSÃO**

## EROSÃO



## LIGAÇÕES DE VERTENTE

- Pela parte superior  
Divisor de águas
- Pela parte inferior  
Talvegue (rios)





# A IMAGEM AÉREA NA AVALIAÇÃO DO RELEVO DO TERRENO

## ⇒ EROSÃO ACELERADA

### Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS)

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

**A**= perda média anual de solo por unidade de área, t/ha;

**R**= fator erosividade das chuvas

**K**= fator erodibilidade do solo

**L**= fator comprimento de encosta (**CURVAS DE NÍVEL**)

**S**= fator grau do declive (**CURVAS DE NÍVEL**)

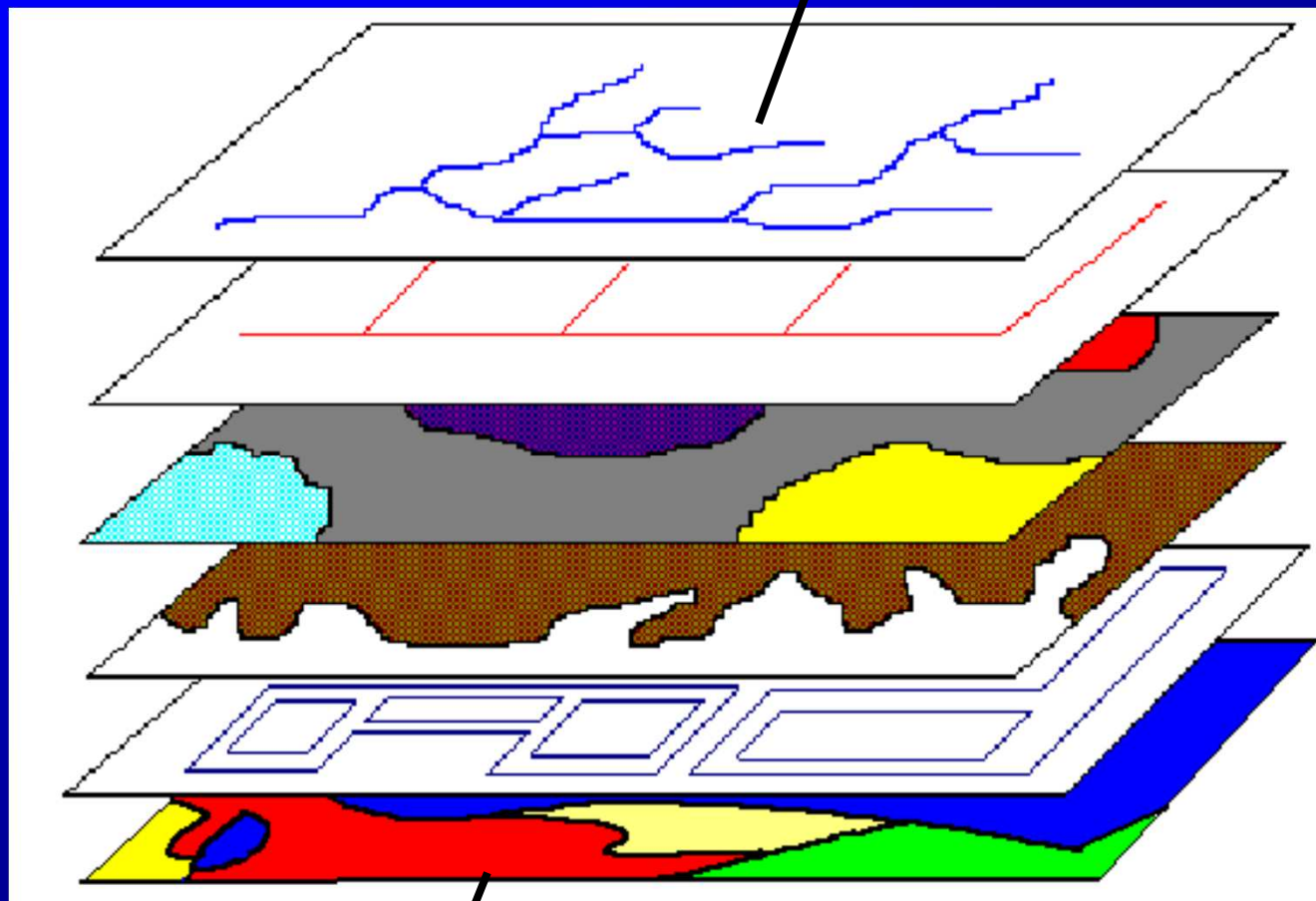
**C**= fator uso e manejo

**P**= fator práticas conservacionistas (**CURVAS DE NÍVEL**)

**SIG**



# ➤ EROSÃO ACELERADA



Fator (R)

X

**Fator (LS)**

X

Fator (K)

X

Fator (C)

X

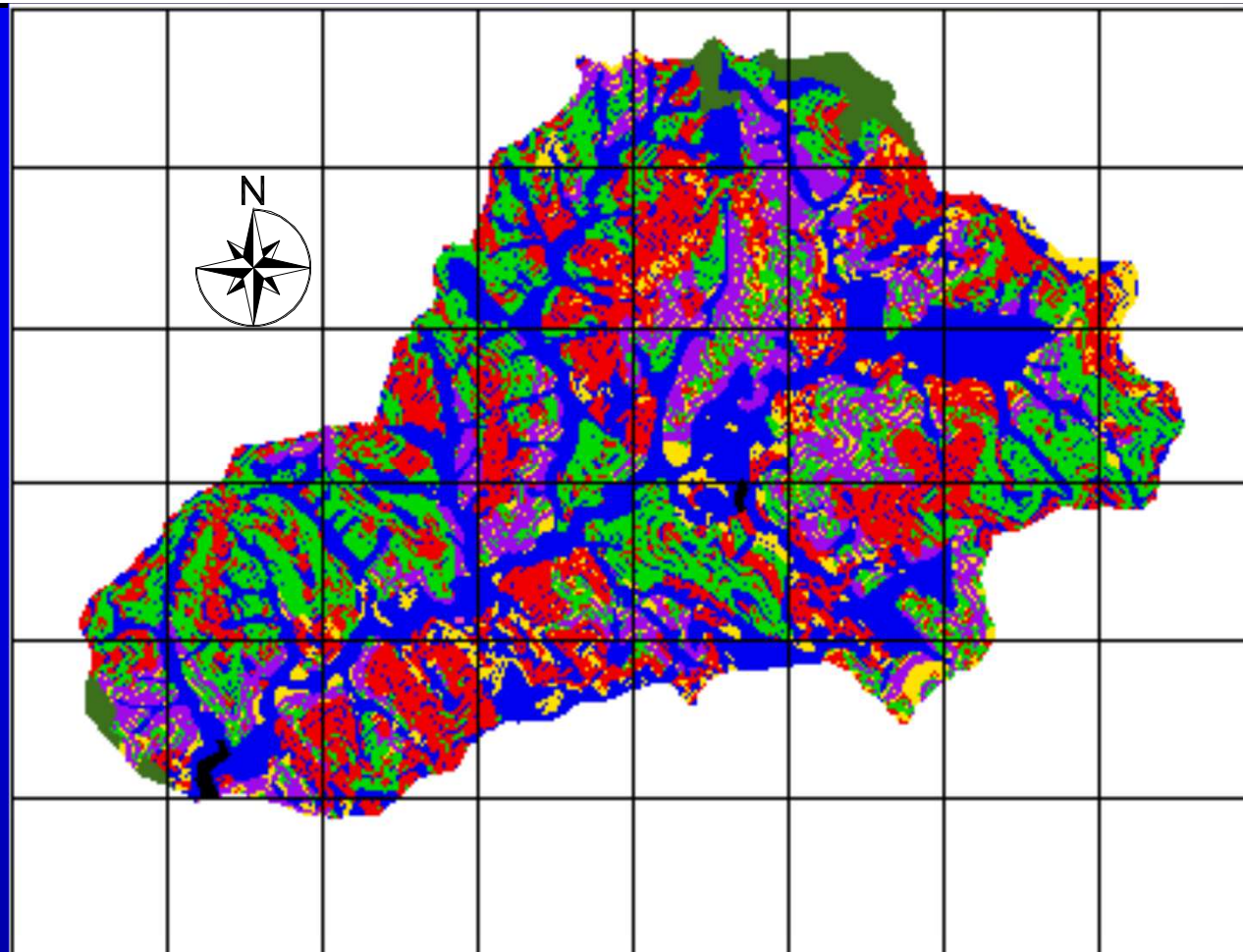
**Fator (P)**

||

Perda t/ha  
(Tolerância)





# EROSÃO ACCELERADA



0 2000 m

Mapa de Tolerância de Perdas de Solos, 1995

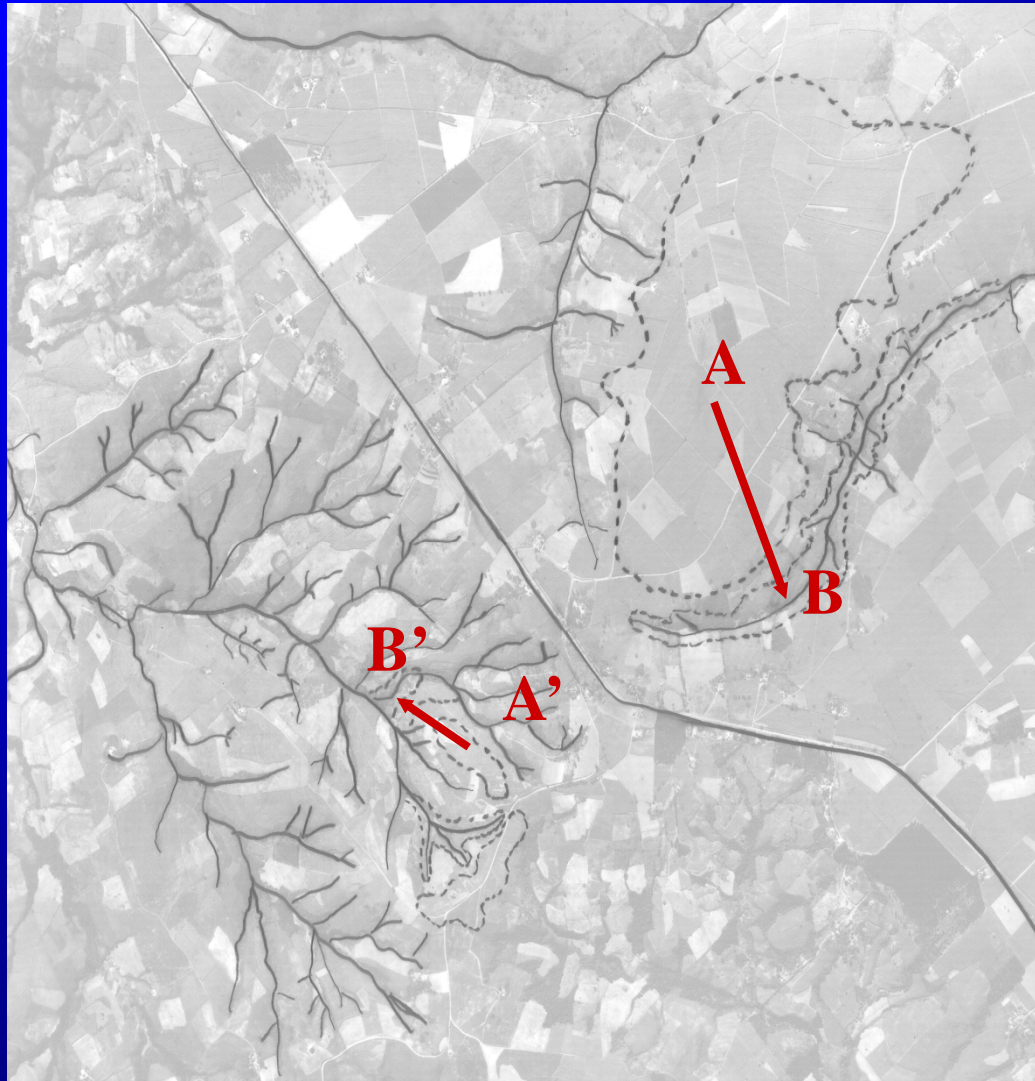
Níveis	Área ha	Níveis	Área ha
 Tolerável	648,60	 > 10 vezes a tolerância	240,00
 1 vez a tolerância	138,00	 Área Urbana	39,16
 5 vezes a tolerância	474,20	 Represa	5,52
 10 vezes a tolerância	240,00		



# AÇÃO DO HOMEM



# GEOLOGIA E SOLO



 Relevo



“ Posição das unidades de solos no relevo ”

# ➡ GEOLOGIA E SOLO

## Topossequências



Relevo - Suave ondulado

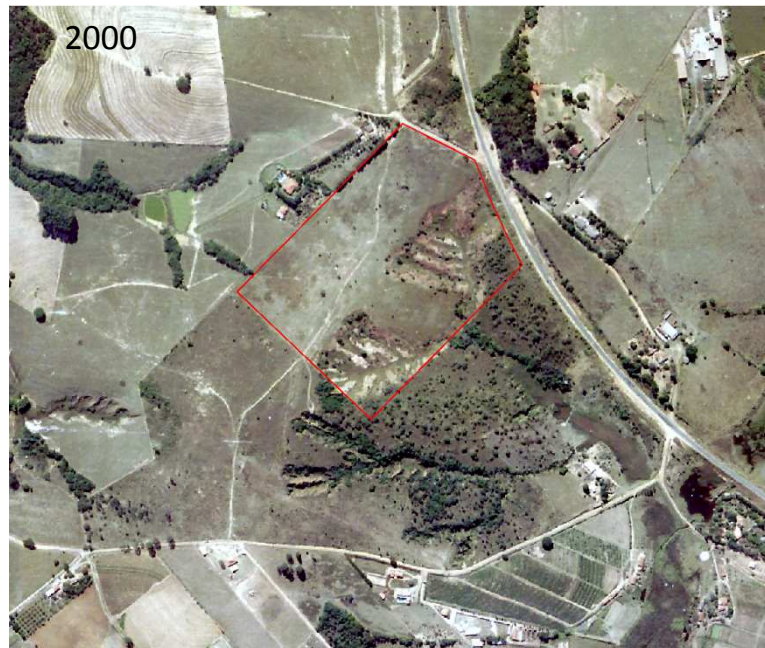


Relevo - Ondulado





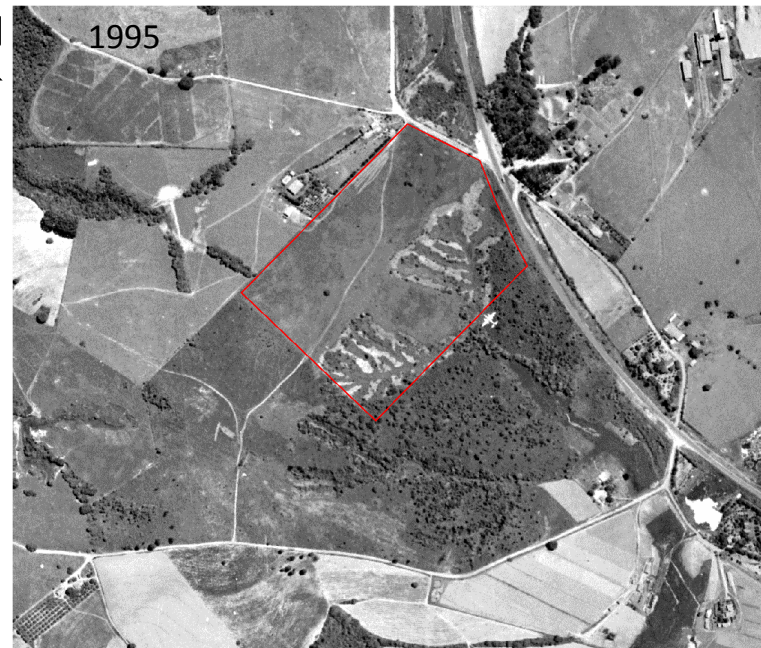
# Avaliação de Imóveis Rurais



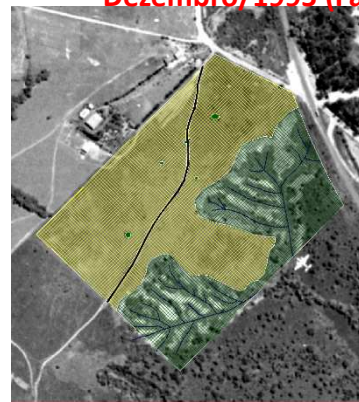
**Agosto/2000 (Faixa 19/Foto 0047/ 1:30000)**



Legenda	Área
Pasto	8,327 ha
Mata Nativa	5,770 ha
Estrada Interna	0,175 ha
Árvores ou Arbustos	0,034 ha
Rede de Drenagem	

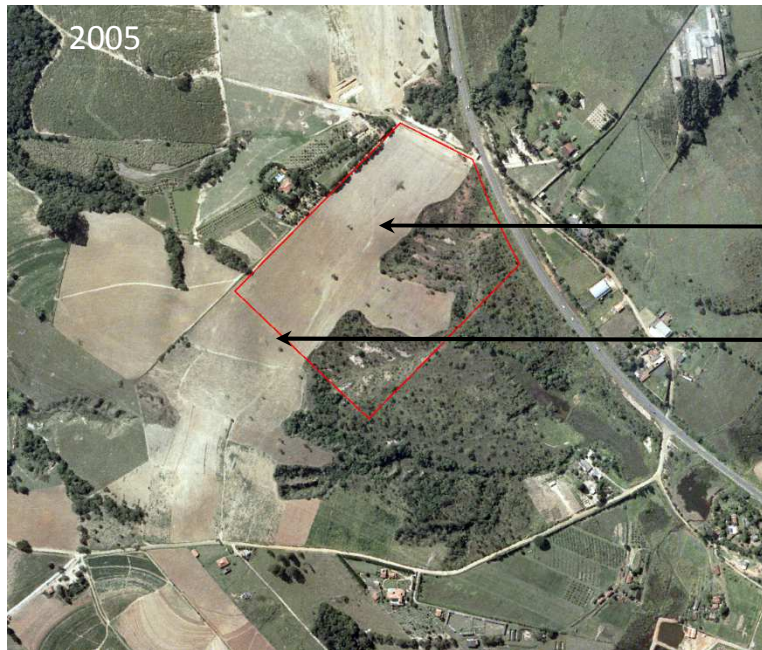


**Dezembro/1995 (Faixa 02/Foto 005/ 1:25000)**

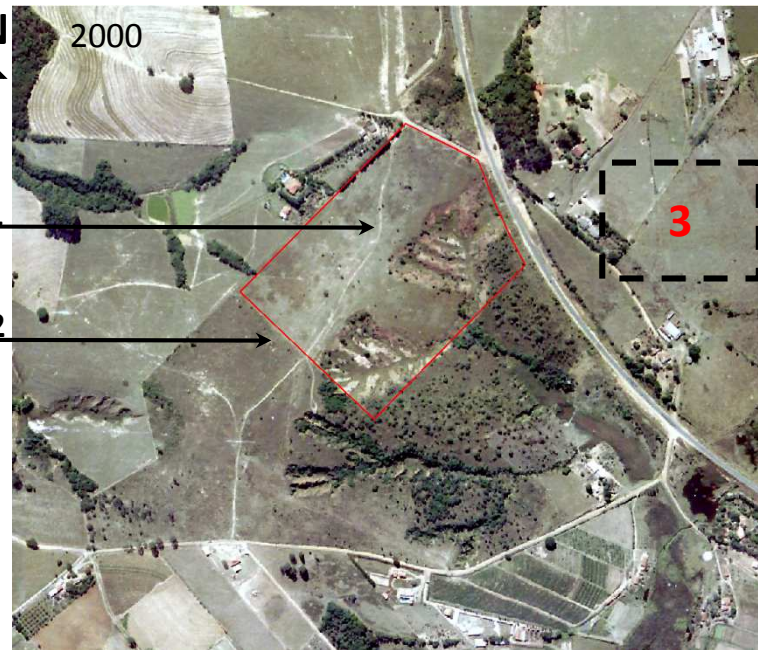


Legenda	Área
Pasto	8,438 ha
Mata Nativa	5,670 ha
Estrada Interna	0,175 ha
Árvores ou Arbustos	0,023 ha
Rede de Drenagem	





2005 (Faixa 13B/Foto 2688/ 1:30000)



Agosto/2000 (Faixa 19/Foto 0047/ 1:30000)

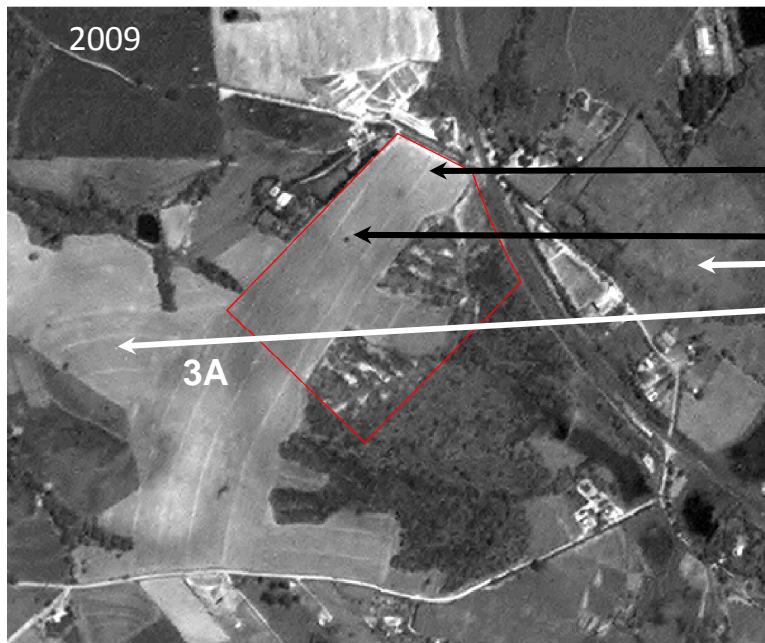


Legenda	Área
Cultura	8,285 ha
Mata Nativa	5,995 ha
Árvores ou Arbustos	0,026 ha
Rede de Drenagem	

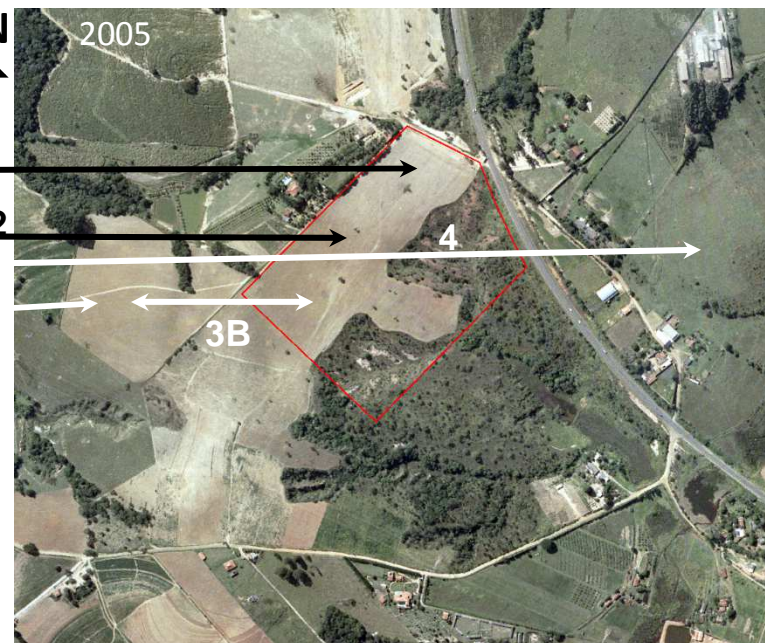


Legenda	Área
Pasto	8,327 ha
Mata Nativa	5,770 ha
Estrada Interna	0,175 ha
Árvores ou Arbustos	0,034 ha
Rede de Drenagem	





2009 (CBRES 2B/Sensor HRC/ Orbits 115\_B/ Ponto 126\_4)



2005 (Faixa 13B/Foto 2688/ 1:30000)



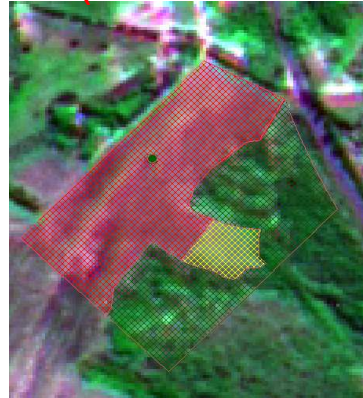
Legenda	Área
Pasto	0,855 ha
Cultura	7,473 ha
Mata Nativa	5,971 ha
Árvores ou Arbustos	0,006 ha
Rede de Drenagem	



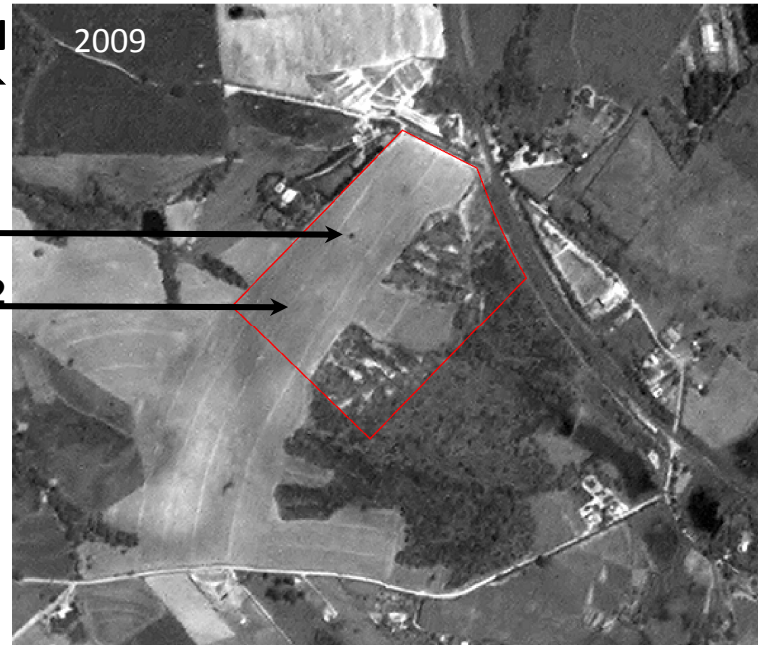
Legenda	Área
Cultura	8,285 ha
Mata Nativa	5,995 ha
Árvores ou Arbustos	0,026 ha
Rede de Drenagem	



2017 (CBRES 4/Sensor PAN 5 e 10/ Orbits 156/ Ponto 126)



Legenda	Área
Pasto	0,853 ha
Cultura	7,306 ha
Mata Nativa	6,140 ha
Árvores ou Arbustos	0,006 ha
Rede de Drenagem	



2009 (CBRES 2B/Sensor HRC/Orbits 115\_B/ Ponto 126\_4)



Legenda	Área
Pasto	0,855 ha
Cultura	7,473 ha
Mata Nativa	5,971 ha
Árvores ou Arbustos	0,006 ha
Rede de Drenagem	