

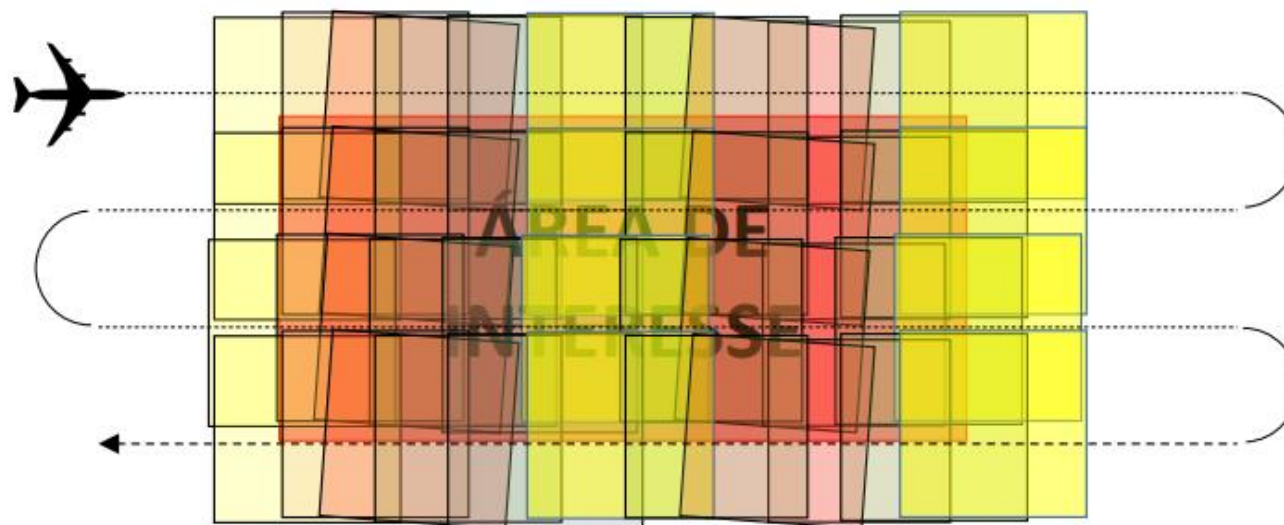


INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO FOTOGRAMÉTRICO: Conceitos Fundamentais

Prof.^a Débora Simões

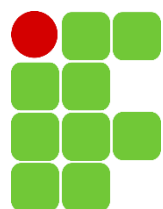
Disciplina: Processamento de dados fotogramétricos obtidos com drones

Curso: Técnico em Geoprocessamento



Fonte: Oliveira (2020).

Processamento de dados fotogramétricos obtidos com drones



O que fazer com as imagens obtidas?

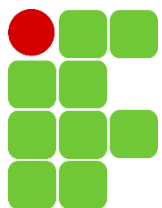


Fonte: Oliveira (2020).

NADA!

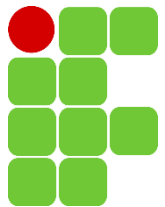
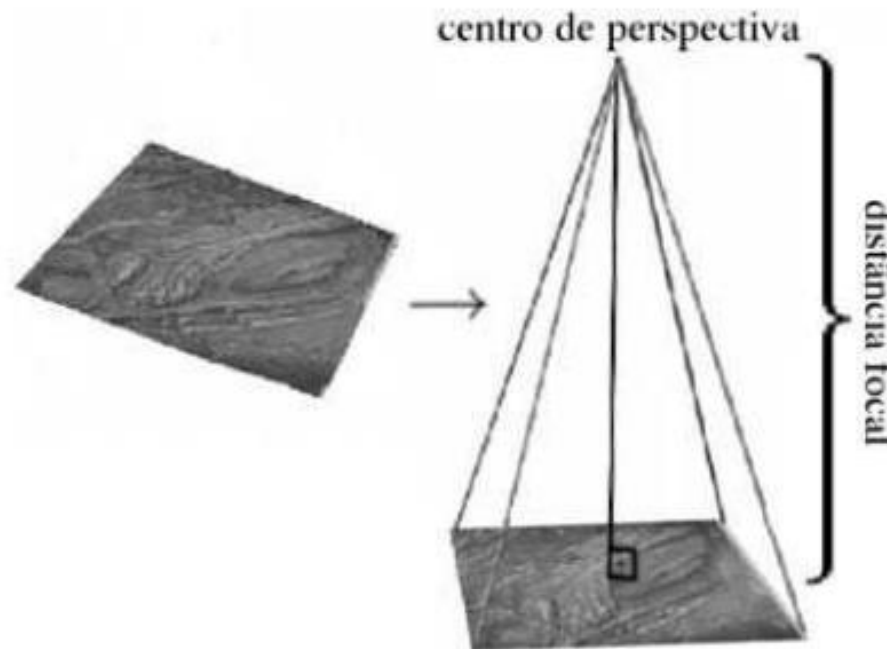
*Se sua finalidade é
medidas de
precisão, isto é,
para fins de
mapeamento.*

ESCALA NÃO UNIFORME



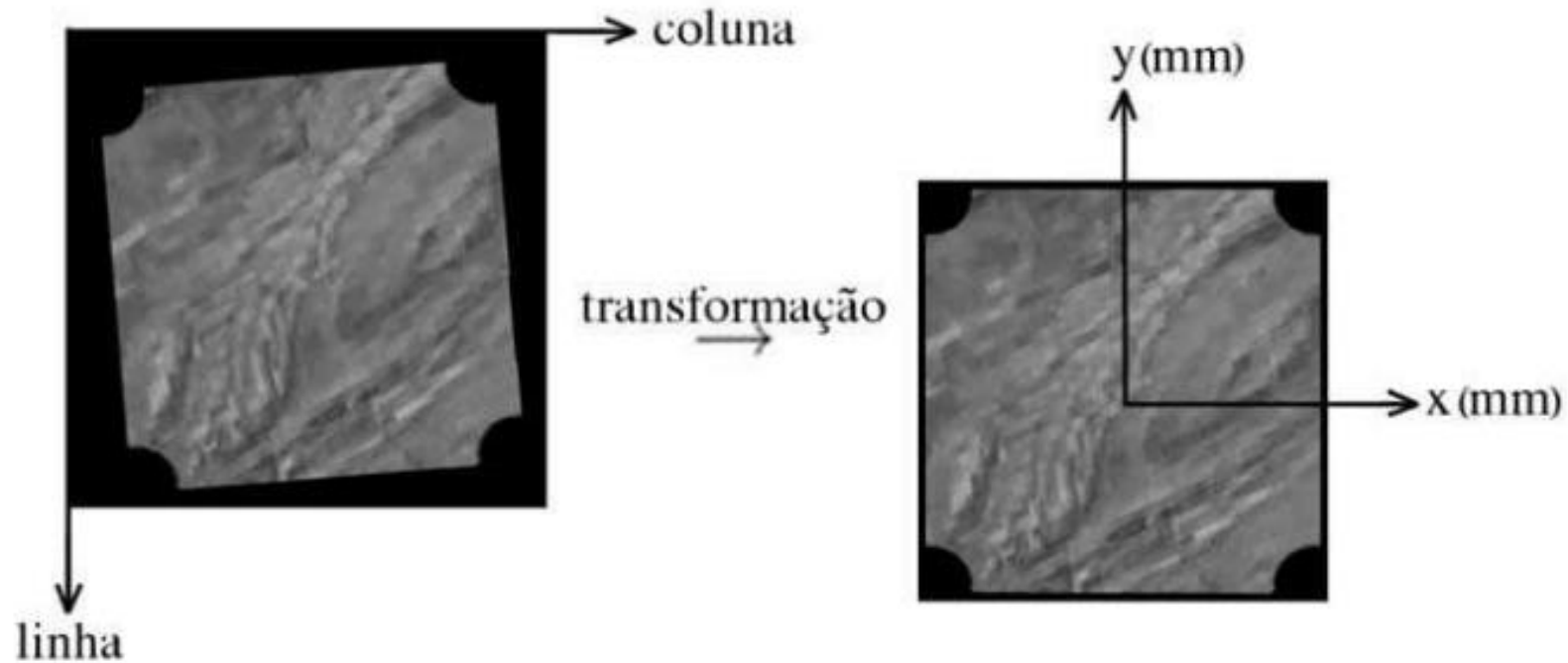
Orientação interior

- Reconstrução da geometria do feixe perspectivo, isto é, da posição do plano de imagem em relação ao eixo óptico da câmara fotográfica (COELHO; BRITO, 2007).

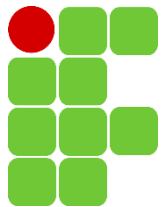


Orientação interior

- Importância: **Uniformização de unidades**



Fonte: Coelho e Brito (2007).

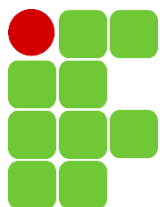


Geometria interna da câmera

SISTEMA DE LENTES + DIAFRAGMA



- Erros sistemáticos:
 - Deslocamento do ponto principal
 - Distorção radial simétrica
 - Distorção descentrada
 - Afinidade



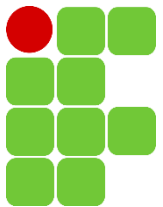
Fonte: Oliveira (2020).

Orientação interior

- PARÂMETROS DE ORIENTAÇÃO INTERIOR (POI): “Descrevem a geometria interna da câmera no instante de aquisição das imagens” (OLIVEIRA, 2020).

- POI $\rightarrow f, x_o, y_o, K_1, K_2, K_3, P_1, P_2, A, B$

 **CALIBRAÇÃO DE CÂMARAS**



Fonte: Oliveira (2020).

Câmeras



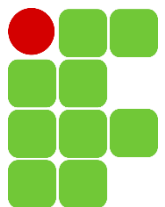
MÉTRICAS

- Alta estabilidade geométrica
 - POI → valores baixos
- Não variam consideravelmente em curto espaço de tempo
 - Calibração: laboratório
 - Certificado de calibração



NÃO-MÉTRICAS

- Baixa estabilidade geométrica
 - POI → valores altos
- Variam consideravelmente em curto espaço de tempo
 - Calibração deve ser realizada periodicamente



Fonte: Oliveira (2020).

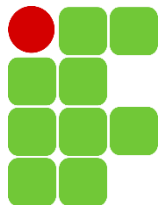
Orientação interior

É POSSÍVEL UTILIZAR CÂMARAS NÃO-MÉTRICAS PARA MAPEAMENTO?

- Sim, desde que seja feita uma calibração adequada e todas as distorções significativas sejam modeladas.

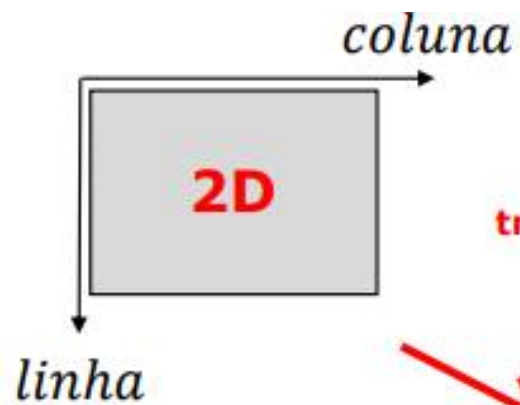
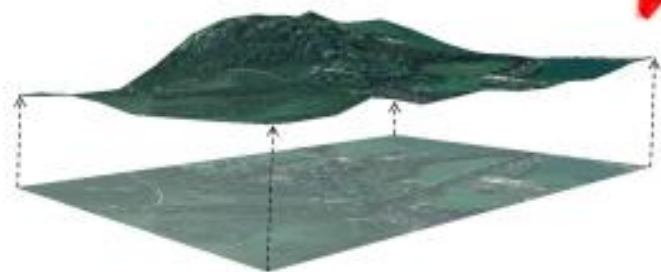


Fonte: Oliveira (2020).



FOTOGRAMETRIA

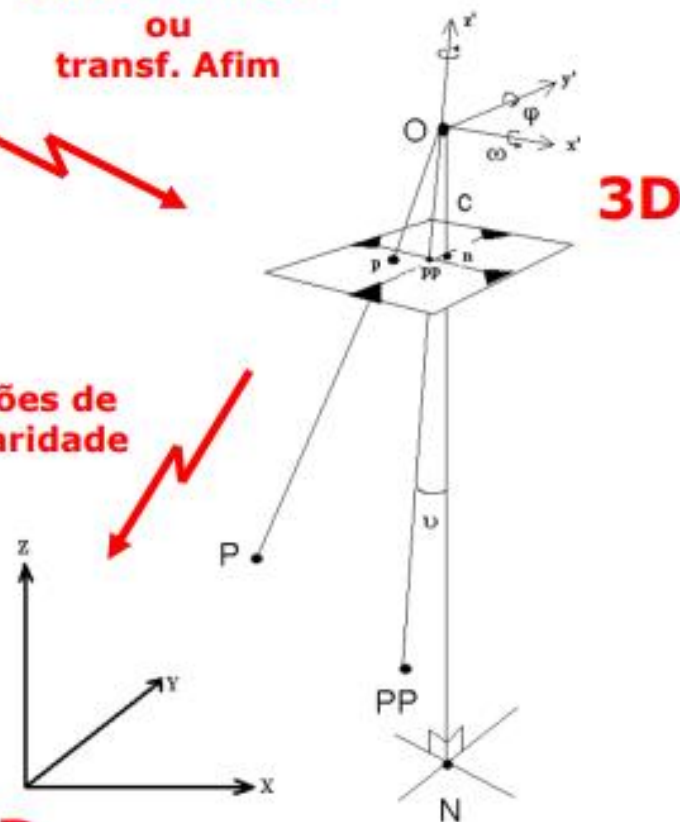
2D → 3D



transf. Helmert
ou
transf. Afim

Equações de
Colinearidade

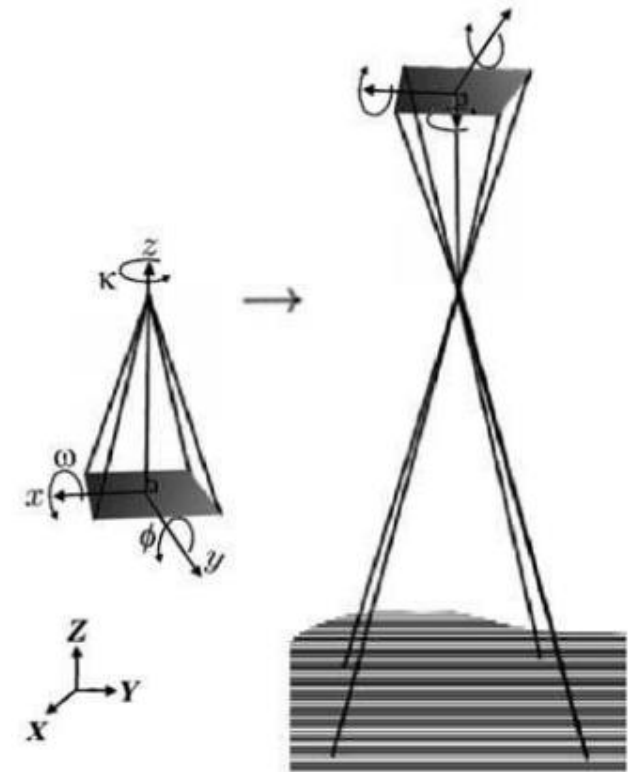
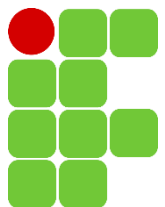
3D



Fonte: Oliveira (2020).

Orientação exterior

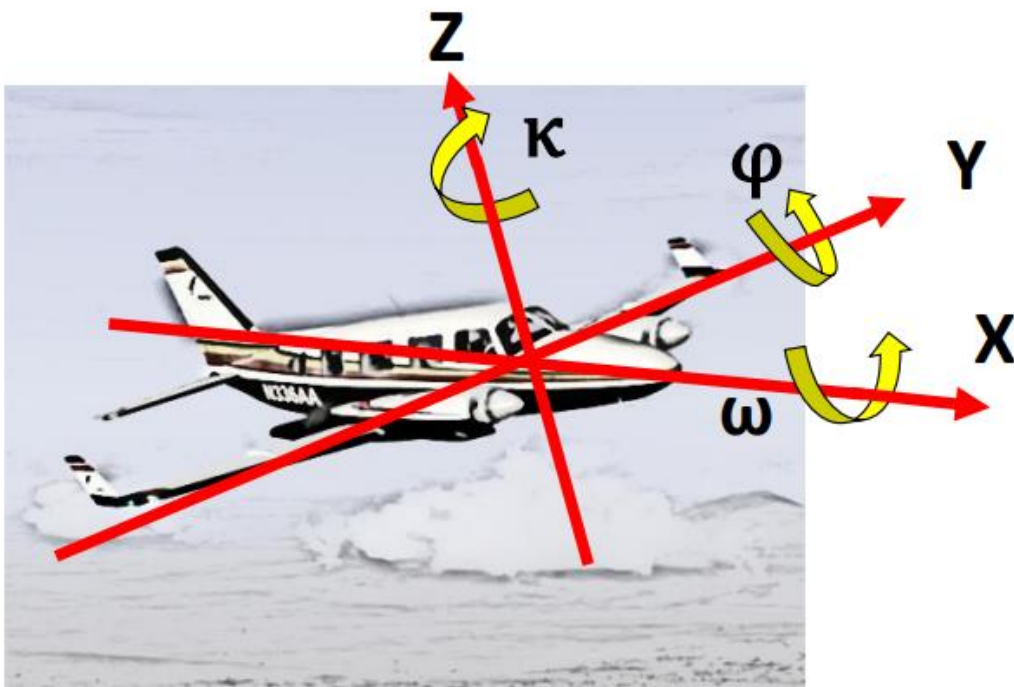
- **Objetivo:** obtenção da **posição** e da **atitude** do sensor ao coletar cada imagem fotográfica em relação ao referencial do espaço-objeto (COELHO; BRITO, 2007).
- **PARÂMETROS DE ORIENTAÇÃO EXTERIOR (POE):** “Descrevem a posição e atitude da plataforma no instante de aquisição de cada imagem” (OLIVEIRA, 2020).
- **POE $\rightarrow X_o, Y_o, Z_o, \kappa, \varphi, \omega$**



Fonte: Coelho e Brito (2007).

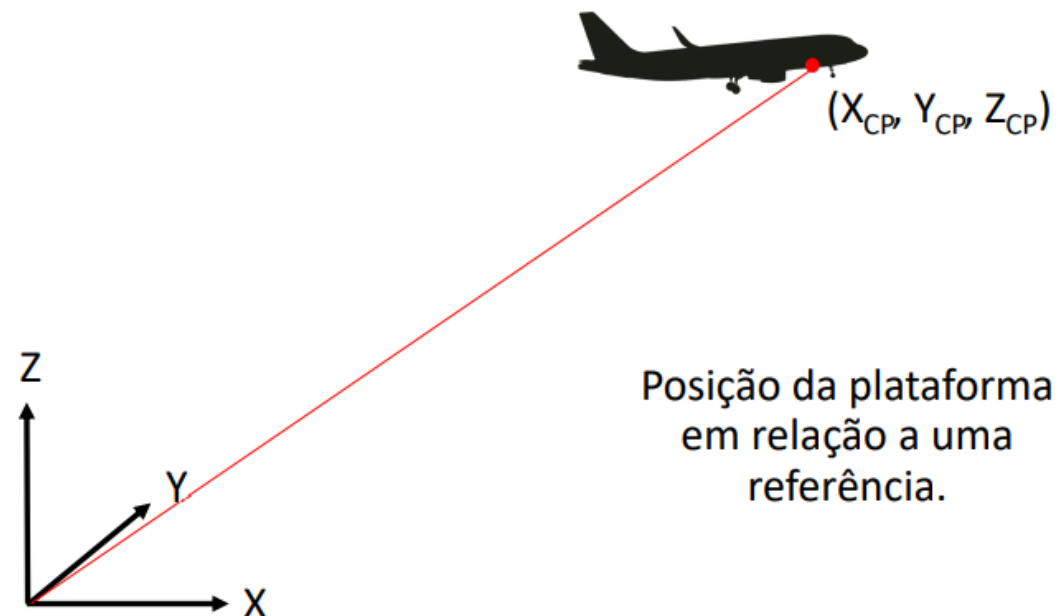
Orientação exterior

ATITUDE DA PLATAFORMA

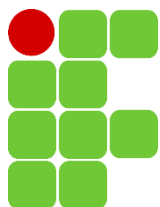


Ângulos de Euler (ω : rolagem; φ : arfagem; κ : guinada)

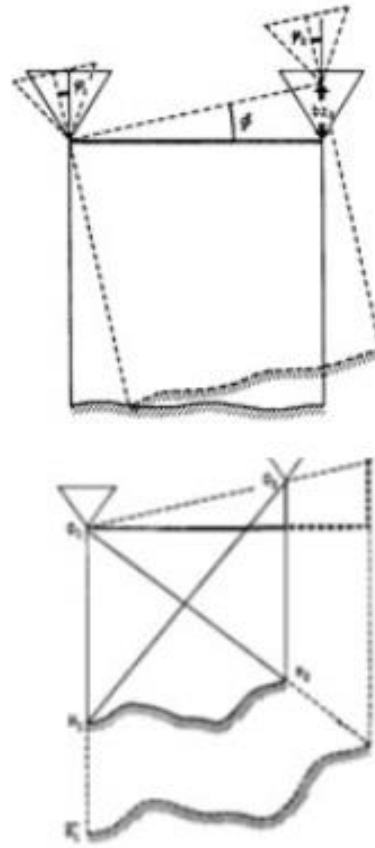
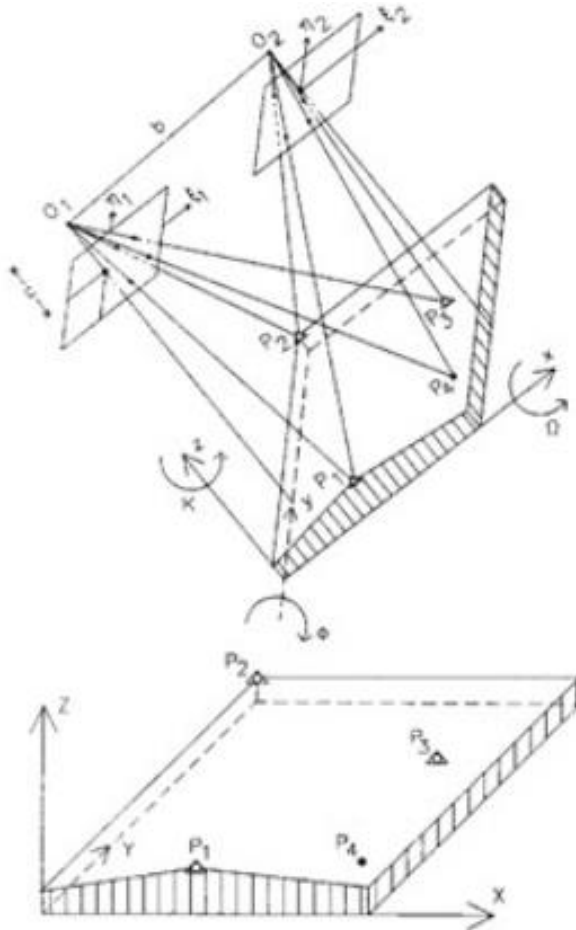
POSIÇÃO DA PLATAFORMA



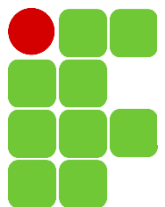
Fonte: Oliveira (2020).



Orientação exterior



- **Orientação relativa:** referenciar cada feixe em relação ao seu homólogo, reconstruindo a **posição exata de um par estereoscópico** no espaço durante a tomada das imagens fotográficas.
- **Orientação absoluta:** **referenciar o par de feixes em relação ao terreno**, colocando o modelo estereoscópico em escala e nivelando-o.



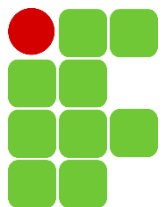
Orientação exterior

COMO DETERMINAR OS POE?

- **Georreferenciamento Direto** → uso de receptores/antenas GNSS e sistema inercial
- **Georreferenciamento Indireto** → **Resseção Espacial** ou **Fototriangulação** (com pontos de apoio)



Uso de drones com sistema *Post Processed Kinematic* (**PPK**) ou sistema *Real Time Kinematic* (**RTK**)

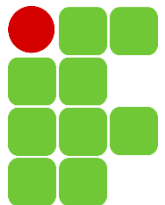


Pontos de apoio... lembrando

- Pontos de controle

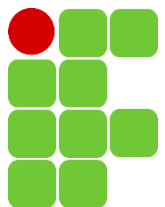
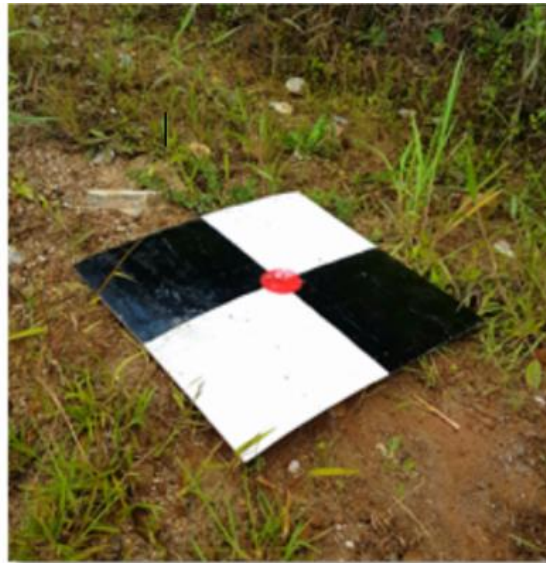
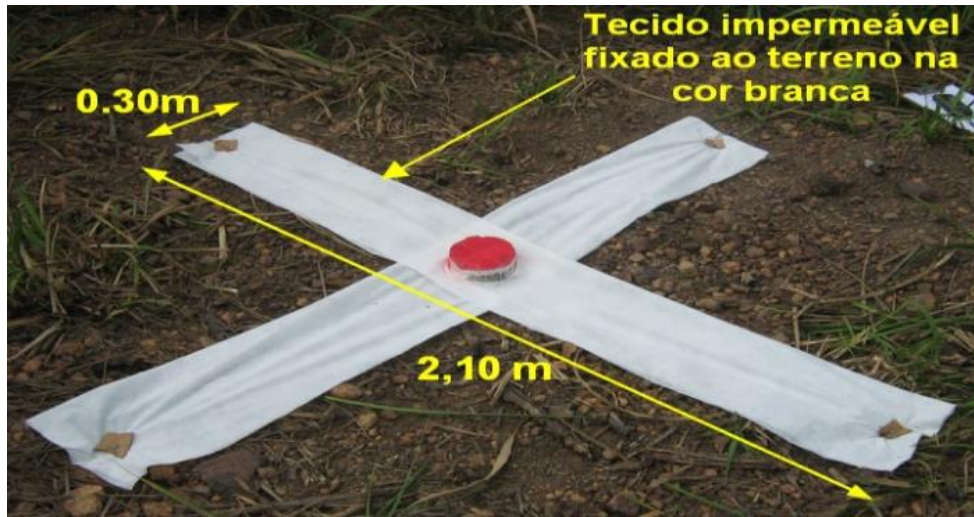


Pontos **foto identificáveis** → aumentam a acurácia do mapeamento



Pontos de controle

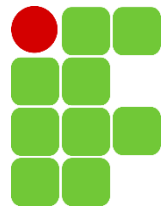
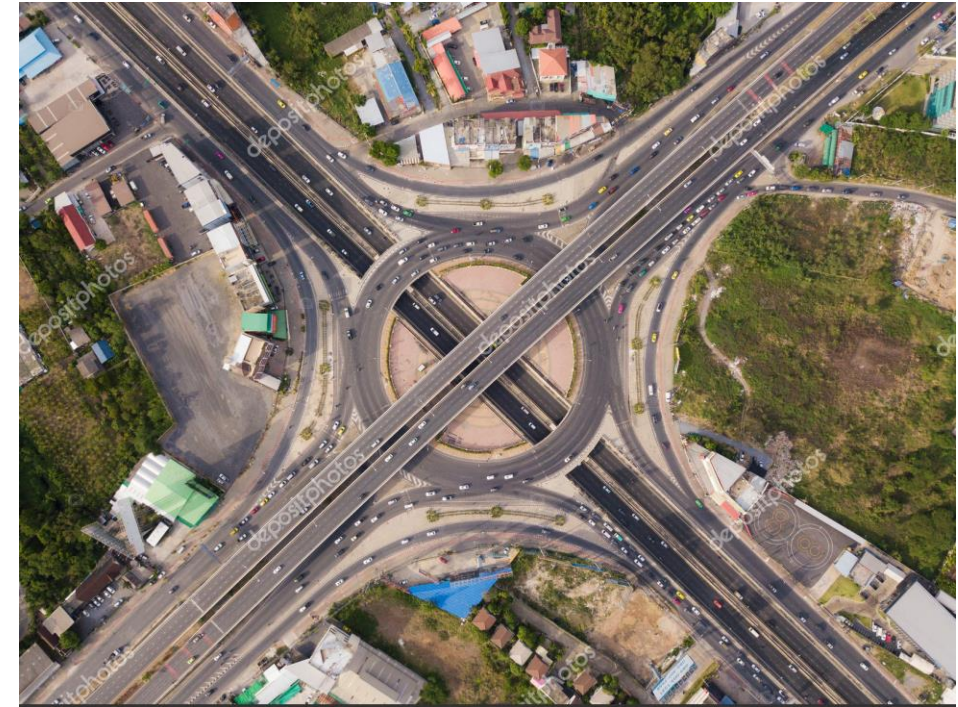
1. PRÉ-SINALIZADOS / ARTIFICIAIS



Sugestão: tamanho do alvo no terreno → 12 a 15 vezes o tamanho do GDS definido no projeto

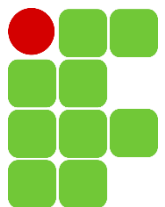
Pontos de controle

2. *NATURAIS*



Pontos de controle

- Determinados via posicionamento por GNSS



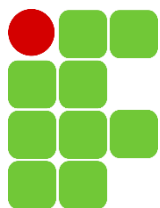
IMPORTANTE

Pontos de verificação

- Pontos de verificação ou checagem
 - Pontos “extras”
 - Naturais ou artificiais foto identificáveis
 - Determinados via posicionamento por GNSS
 - Não participam do ajustamento de observações no processo de fototriangulação/resseção espacial
- Objetivo: verificar a acurácia do produto obtido

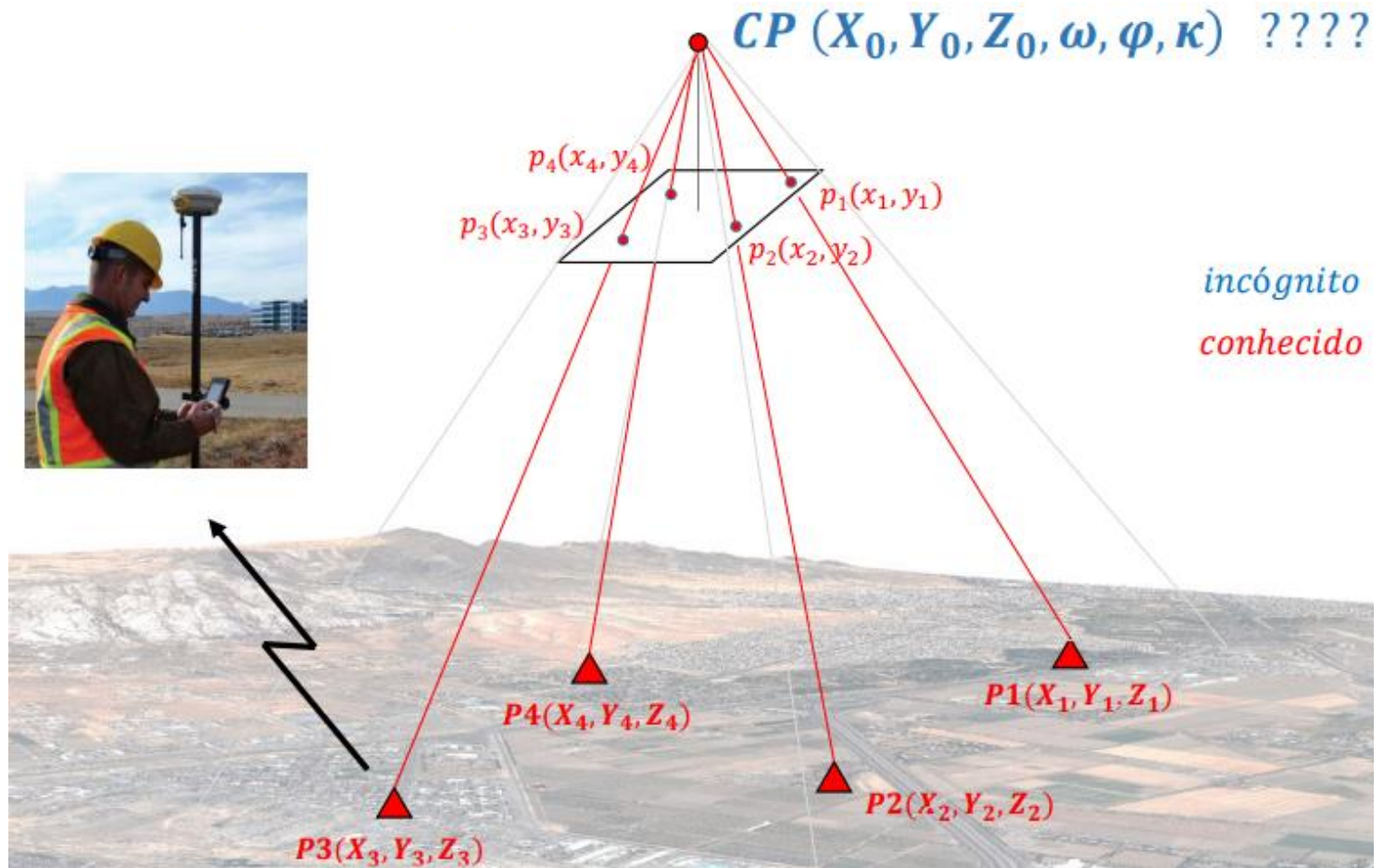


• Pontos de Checagem
▲ Pontos de Apoio

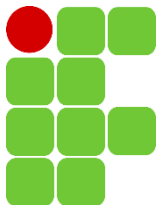


Resseção espacial

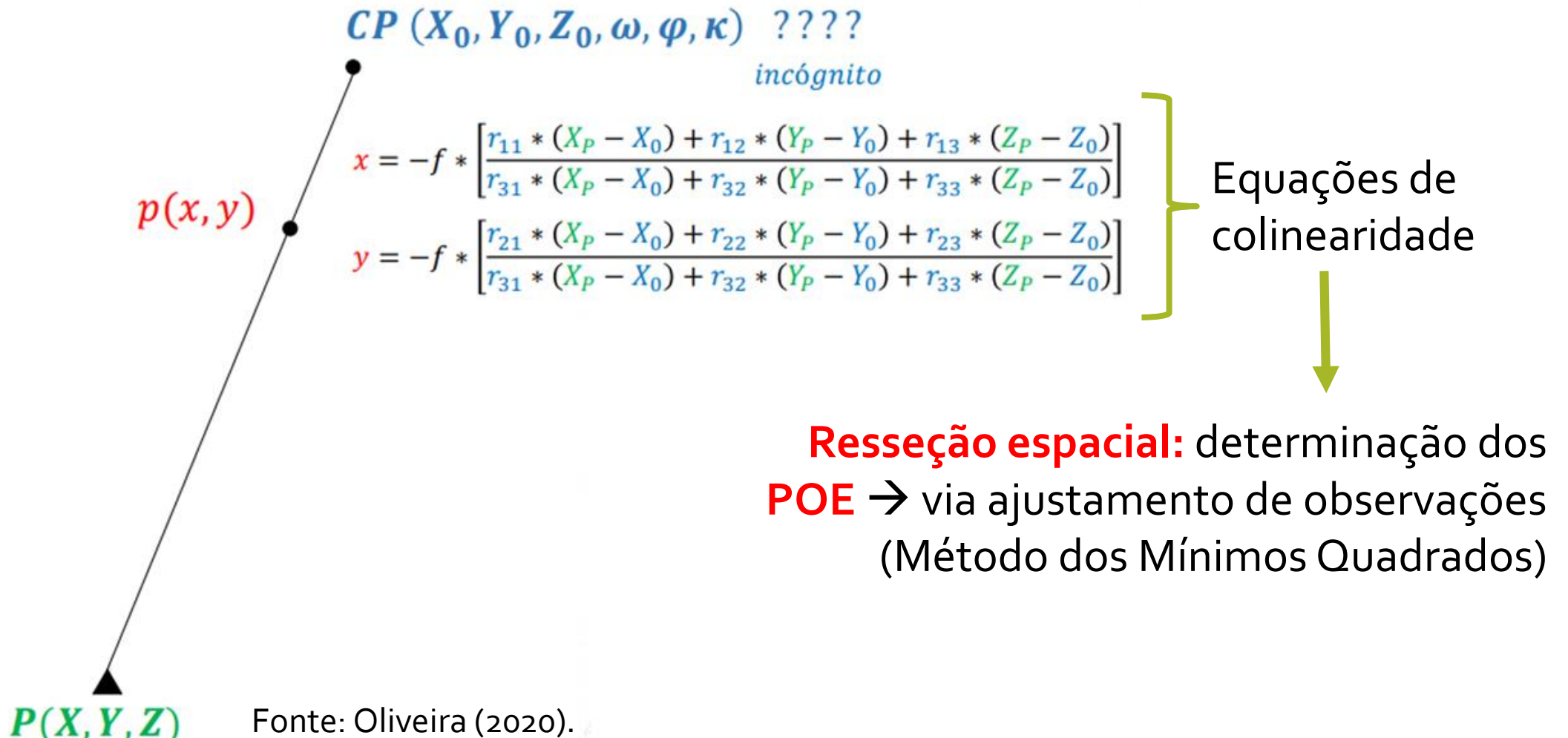
- Objetivo: determinar a **posição** e **atitude** do centro perspectivo (CP) da câmara (**POE**), no instante de aquisição da imagem, a partir de:
 - pontos de controle;
 - medições de seus correspondentes na imagem; e
 - P.O.I.



Fonte: Oliveira (2020).

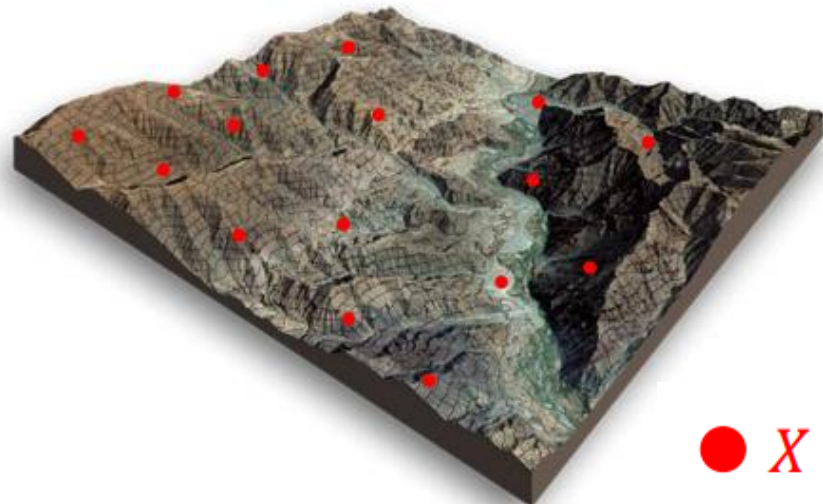


Resseção espacial

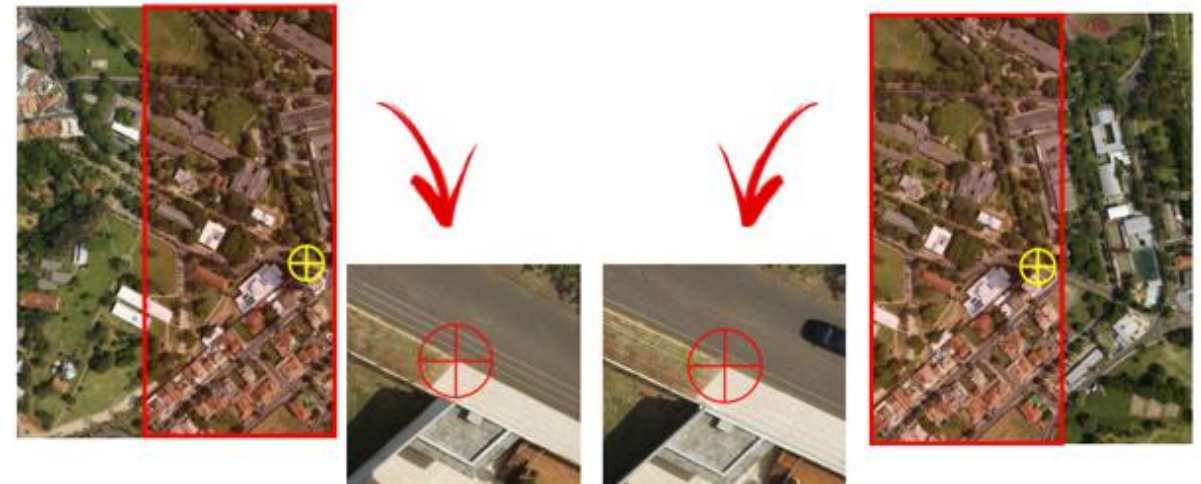


Interseção fotogramétrica

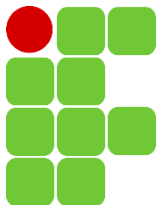
- Objetivo: determinar as coordenadas 3D de pontos no espaço objeto, a partir de:
 - Medições dos **pontos correspondentes na imagem** → **pontos homólogos**;
 - Duas ou mais fotografias;
 - POI;
 - POE .



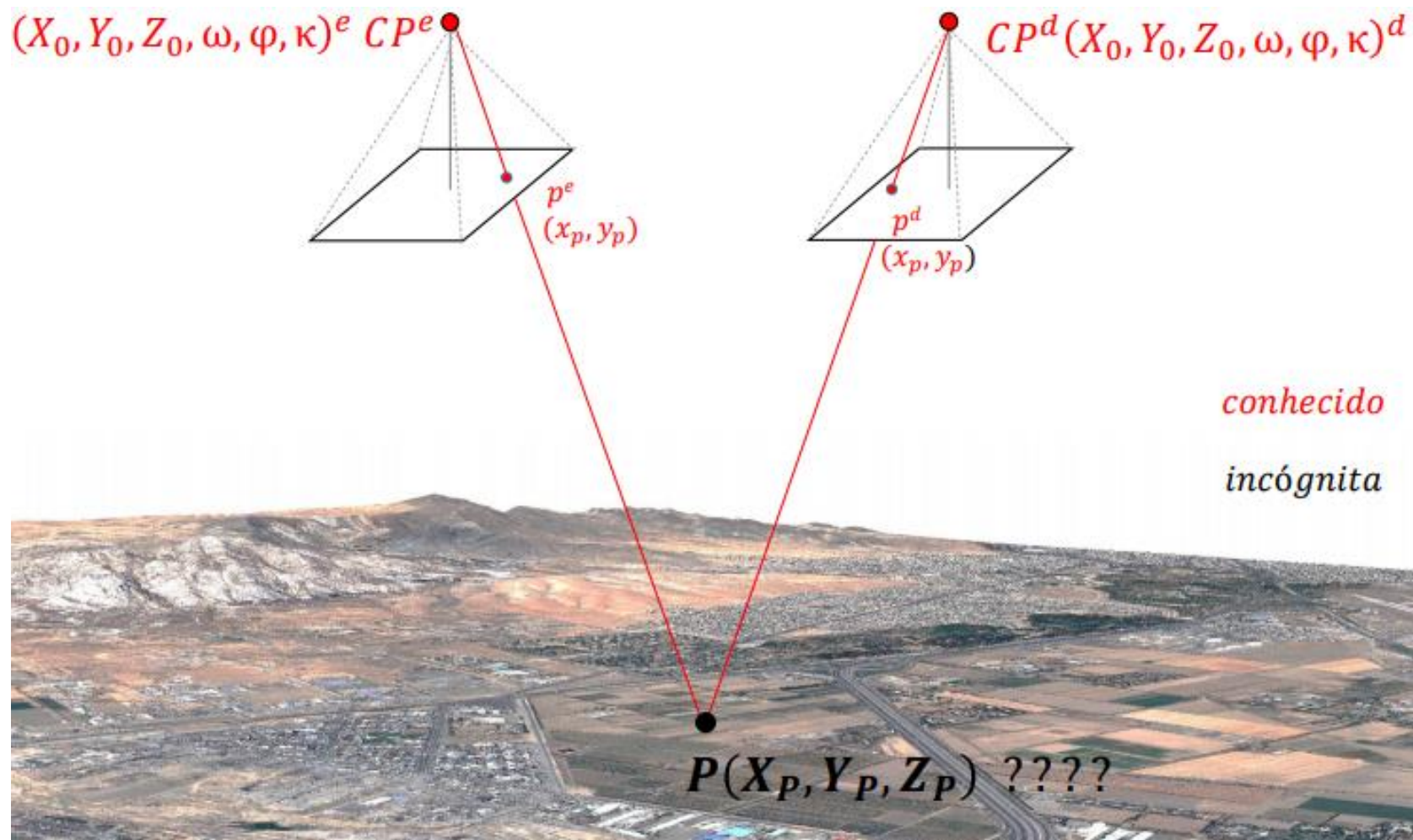
● *XYZ*



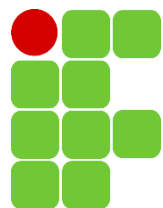
Fonte: Oliveira (2020).



Interseção fotogramétrica



Fonte: Oliveira (2020).

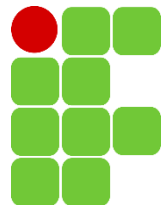
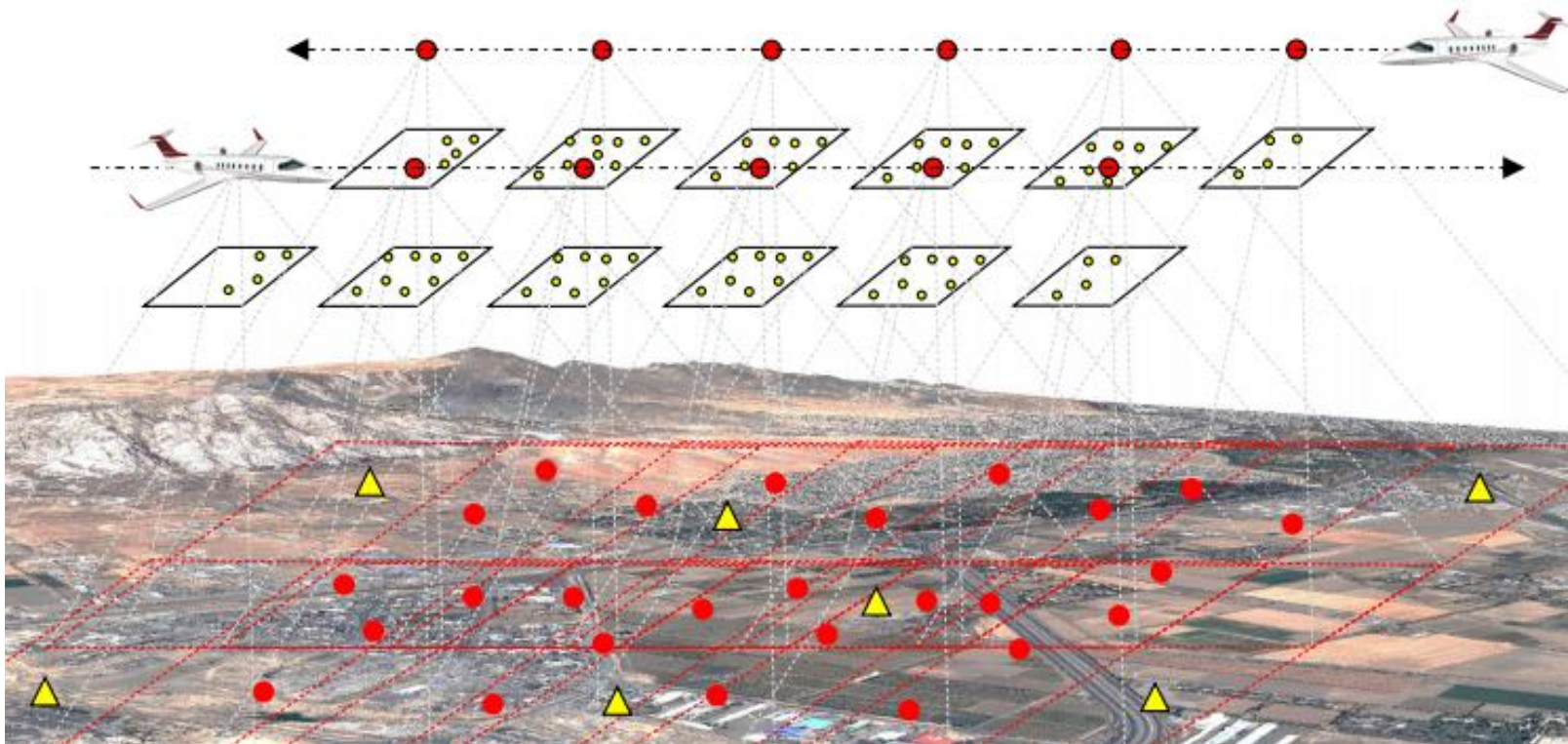


Fototriangulação

Incógnitos $(X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa)$ P.O.E. de todos os CPs
 $(X, Y, Z)^t$ dos *tie points*

Conhecido $(X, Y, Z)^c$ pontos de controle
 $(x, y)^c$ correspondentes aos pontos de controle na imagem
 $(x, y)^t$ correspondentes aos tie points na imagem

**RESSEÇÃO ESPACIAL +
INTERSEÇÃO FOTOGRAMÉTRICA**

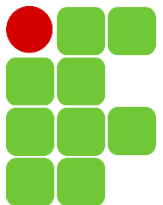


Fonte: Oliveira (2020).

Processamento de dados fotogramétricos obtidos com drones

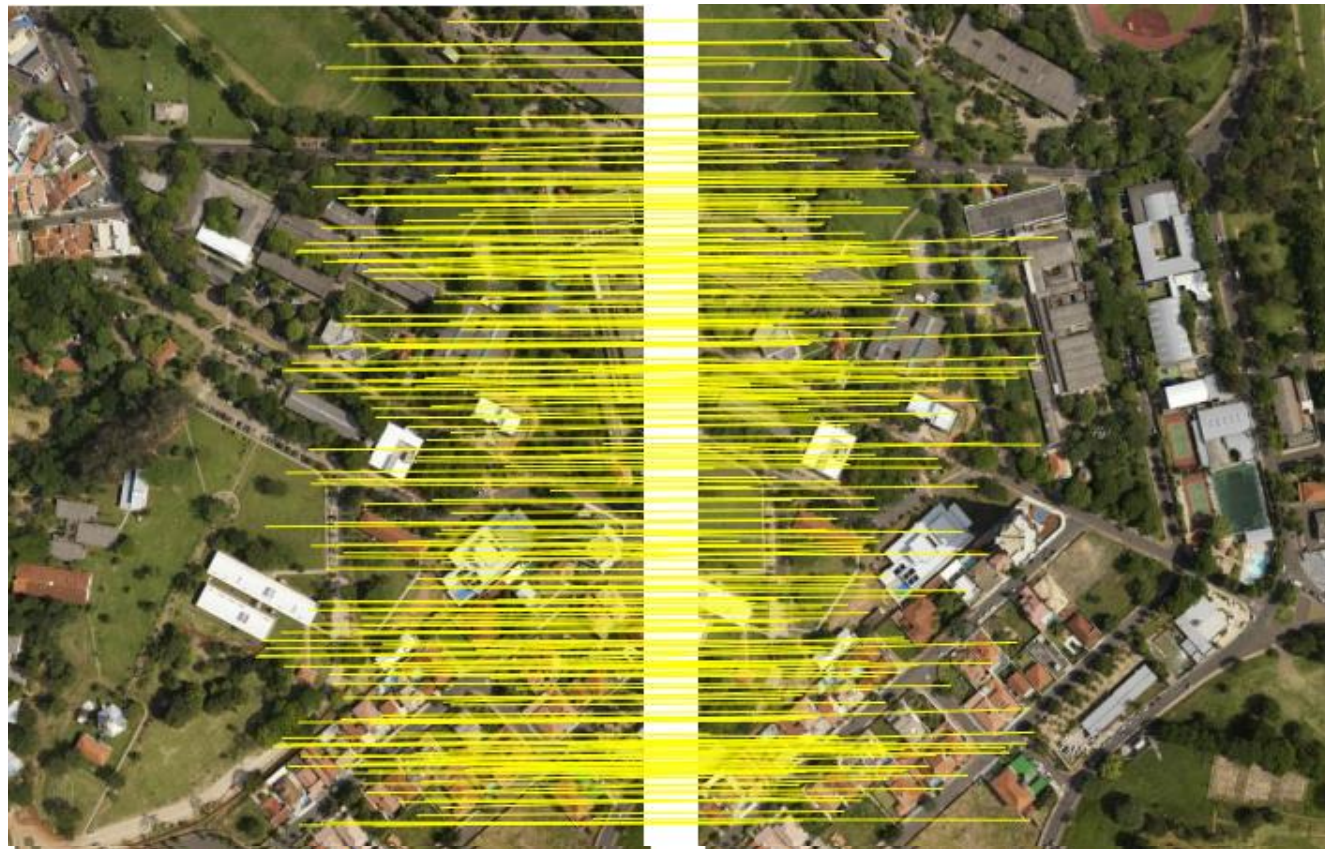
Fototriangulação

- Fototriangulação por feixes perspectivos (*bundle adjustment*): execução de uma **resseção espacial** simultaneamente à execução da **interseção fotogramétrica** para um conjunto de imagens digitais adquiridas sobre determinado trecho do terreno (COELHO; BRITO, 2007).
- Com um só ajustamento, obtêm-se os **parâmetros da orientação exterior** ($X_o, Y_o, Z_o, \kappa, \phi, \omega$) para todas as imagens do voo, associados às **coordenadas no espaço-objeto** (sistema de terreno – X, Y, Z) de uma série de pontos previamente medidos sobre as imagens e de poucos pontos medidos *in situ* (COELHO; BRITO, 2007).

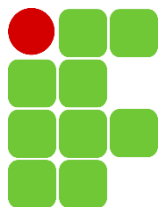


Correspondência de imagens

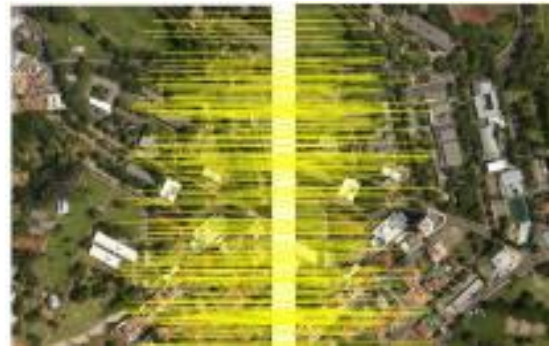
- “Gargalo” na produção fotogramétrica → **identificação de pontos homólogos**



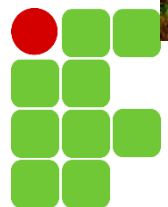
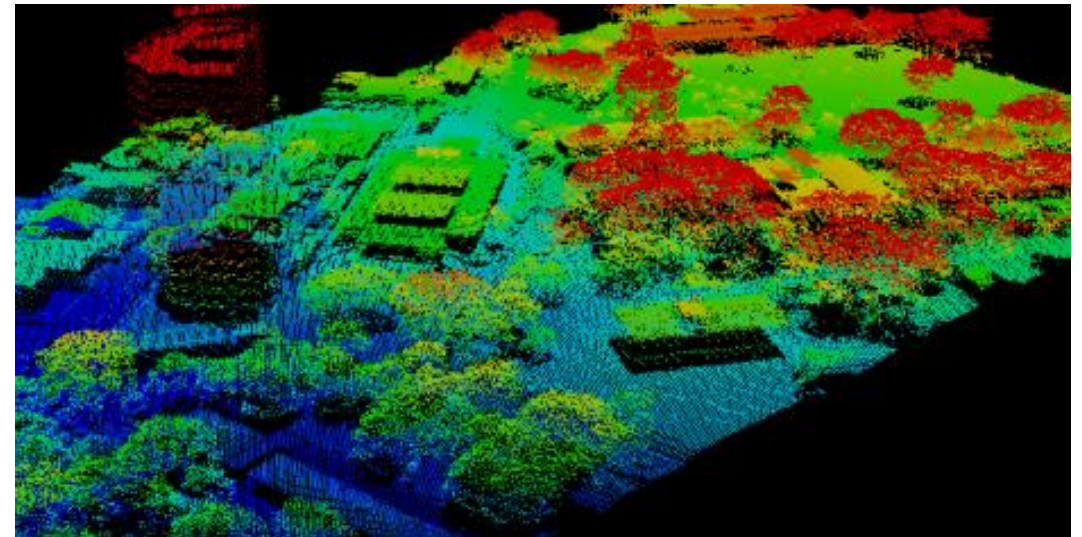
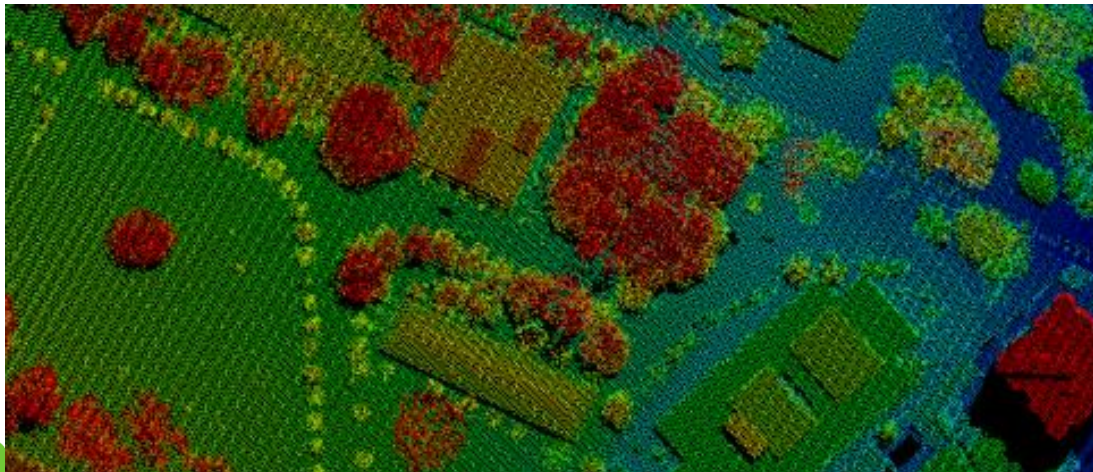
Fonte: Oliveira (2020).



Correspondência de imagens



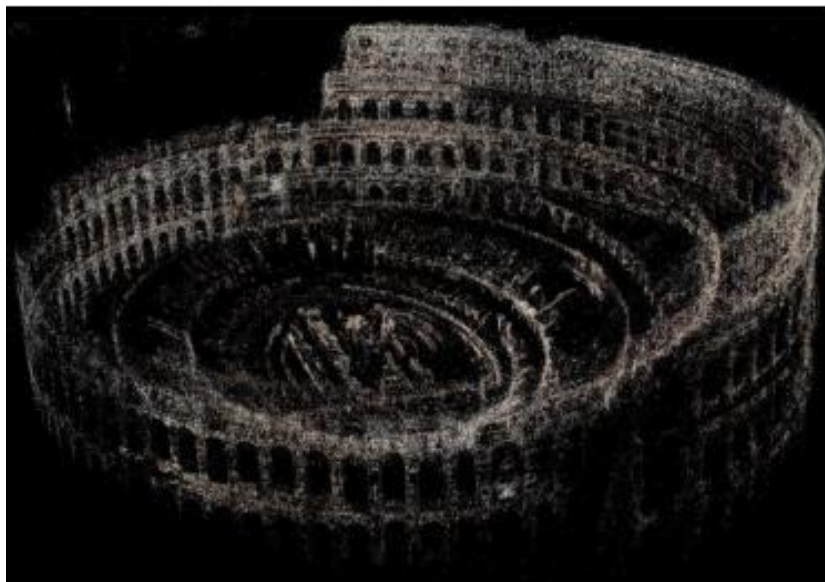
+ Fototriangulação



Fonte: Oliveira (2020).

Correspondência de imagens

- Caso esparsos → janelas de pesquisa



Sub-imagem
referência



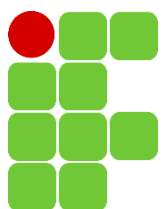
imagem A



Sub-imagem
pesquisa

imagem B

Busca-se todas as possíveis combinações, realizando **medidas de similaridade** por meio de funções de correlação → encontra o ponto homólogo



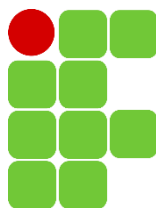
Fonte: Oliveira (2020).

Correspondência de imagens

- Caso denso → automaticamente busca pontos chaves (*key points*) – uso de janelas de pesquisa e “pixels”
- Mais adotado: algoritmo SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) → Visão computacional

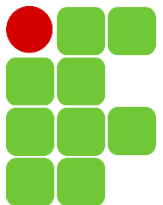


Fonte: Oliveira (2020).



Correspondência de imagens

- Por que é importante?
 - **Otimização na identificação de pontos homólogos!**
- O que acontece quando são inseridos milhares de pontos de uma pequena área no algoritmo de interseção fotogramétrica?
 - **Obtenção de nuvens de pontos tridimensionais → MDT e MDS**



Fonte: Oliveira (2020).

Referências bibliográficas

COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria digital**. UERJ. Rio de Janeiro, 2007.

OLIVEIRA, H. C. **Calibração de Câmeras**. Notas de aula da disciplina de Geomática. Departamento de Infraestrutura e Ambiente. FECFAU. UNICAMP, 2020.

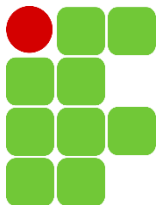
OLIVEIRA, H. C. **Correspondência de imagens**. Notas de aula da disciplina de Geomática. Departamento de Infraestrutura e Ambiente. FECFAU. UNICAMP, 2020.

OLIVEIRA, H. C. **Fotogrametria: Introdução e Conceitos Fundamentais**. Notas de aula da disciplina de Geomática. Departamento de Infraestrutura e Ambiente. FECFAU. UNICAMP, 2020.

OLIVEIRA, H. C. **Fototriangulação**. Notas de aula da disciplina de Geomática. Departamento de Infraestrutura e Ambiente. FECFAU. UNICAMP, 2020.

OLIVEIRA, H. C. **Interseção fotogramétrica**. Notas de aula da disciplina de Geomática. Departamento de Infraestrutura e Ambiente. FECFAU. UNICAMP, 2020.

OLIVEIRA, H. C. **Resseção espacial**. Notas de aula da disciplina de Geomática. Departamento de Infraestrutura e Ambiente. FECFAU. UNICAMP, 2020.





OBRIGADA!

Prof.^a Débora Simões

debora.simoes@ifsuldeminas.edu.br

"Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão."
(Mahatma Gandhi)