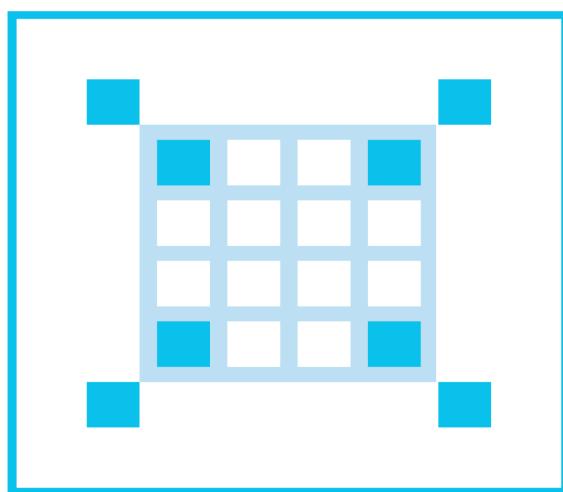


# **Universidade de Coimbra**

## **Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores**



**Visão Por Computador**

**Relatório do trabalho 5**

**ESTIMAÇÃO DA MATRIZ FUNDAMENTAL, DA MATRIZ ESSENCIAL E  
RECONSTRUÇÃO 3D**

**Hugo André Domingues Paiva 2008119774**

**João Francisco Miraldo Góis 2008111452**

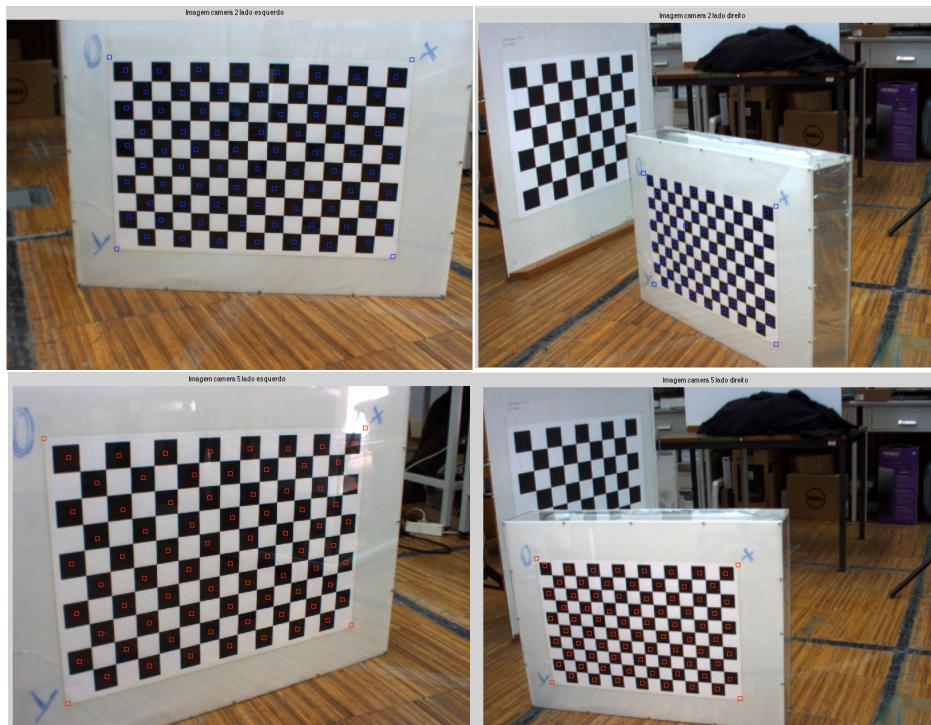
## Introdução

O trabalho consistiu na escolha de vários pontos (no mínimo 8) em cada imagem. A correspondência entre pontos foi feita manualmente e com os vários pontos fez se a estimativa da Matriz Fundamental de modo a calcular os epipolos e retas epipolares correspondentes, posteriormente calculou se a Matriz Essencial obtendo se a partir desta a Matriz transformação que descreve a rotação e translação efetuada pela câmera no momento de tirar a foto do lado esquerdo e posteriormente do lado direito, por fim foi feito a reconstrução 3D dos pontos.

## Trabalho:

- ESTIMAÇÃO DA MATRIZ FUNDAMENTAL: ALGORITMO DOS 8 PONTOS

1. O primeiro ponto deste trabalho consistiu na escolha de pelo menos 8 pontos nas imagens 02 e 05, tendo em atenção que os pontos não podem ser todos co-planares, e fazendo manualmente a correspondência entre os pontos de cada imagem, os pontos que escolhemos estão apresentados nas seguintes imagens, os pontos foram assinalados com o auxílio da função do matlab “`getpts`”.



2. Normalização de coordenadas:

Após o primeiro ponto, é efetuada a normalização dos pontos referentes as imagens capturadas à esquerda e aos pontos das imagens capturadas à direita, sendo os pontos de uma imagem dados por  $P_i = [x_i \quad y_i \quad 1]$ , através da função implementada “`normaliza()`”.

- “`normaliza()`”: dentro desta função são calculadas as Matrizes  $T_e$  e  $T_d$  e por fim é feita a normalização dos pontos esquerdos e direitos em que as coordenadas esquerdas e direitas normalizadas são dadas, respetivamente, por:

$$\hat{p}'_e = T_e \hat{p}_e \text{ e } \hat{p}'_d = T_d \hat{p}_d$$

### 3. Estimação da Matriz Fundamental:

Depois de se obter os pontos normalizados, efectua se o calculado da Matriz A, como foi demonstrado nas aulas teóricas, sendo A a matriz Nx9 e que para haver solução  $N \geq 8$ , para isso foi usado a função implementada “Fundamental()” que no fim devolve a estimação da matriz fundamental:

- “**Fundamental()**”: Função que tem como parâmetros de entrada os pontos normalizados para obtenção da Matriz A, matriz essa que é decomposta em valores singulares com auxílio da função do Matlab “[U D V]=svd(A)”, calculamos assim a matriz F, mas como esta Matriz F não tem característica 2, número de linhas ou colunas linearmente independentes, é imposta a restrição de modo a obter rank=2, após a decomposição em valores singulares, e impondo o menor valor singular de D a 0, é assim calculada a Matriz F’, sendo por fim a matriz Fundamental desnormalizada dada por:

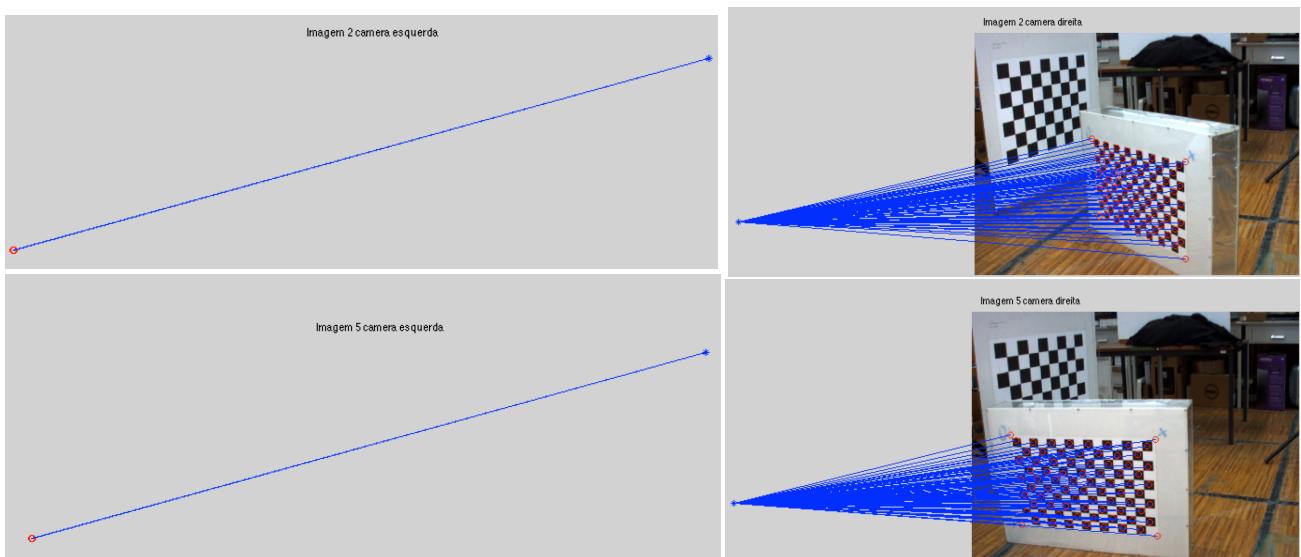
$$F = T_d^T \hat{F} T_e$$

### 4. Estimação dos Epipolos:

Como o epipolo esquerdo corresponde ao espaço nulo direito de F, e o epipolo direito corresponde ao espaço nulo direito da Matriz F Transposta, os epipolos foram calculados com o auxílio da função do Matlab “NULL”.

- $\hat{e}_e = \text{null}(F, 'r');$
- $\hat{e}_d = \text{null}(F^T, 'r');$

Representação dos epipolos e retas epipolares de cada imagem:



### Conclusão referente a estimação de epipolos e retas epipolares:

Pode-se concluir uma boa estimação dos epipolos pois para além de todas as retas epipolares passarem nos epipolos correspondentes, os epipolos esquerdos encontram-se bastante afastados da imagem, considerando o caso em que as câmeras estão frontal-paralelas os epipolos encontrar-se-iam no infinito e teriam coordenadas  $[e_1 \ e_2 \ 0]'$ , neste caso as imagens esquerdas foram tiradas quase frontalmente, dai o epipolo esquerdo se encontrar numa zona bastante afastada, e ter coordenadas  $[e_1 \ e_2 \ 0]'$  como se pode verificar:

```
epipolo_esq =
1.0e+05 *
    4.7546
   -1.3078
    0.0000
epipolo_dir =
      -745.0898
       601.5899
        1.0000
```

## ESTIMAÇÃO DA MATRIZ ESSENCIAL E RECONSTRUÇÃO 3D

### **1. Estimação da Matriz Essencial:**

Com os parametros intrínsecos dados no enunciado, da Matriz Fundamental calculada na pergunta 1 e sabendo que  $F = (Kd^T) * E * Kd$ , a matriz essencial é dada por  $E = (Kd^T) * F * Kd$  obtendo se assim através do Matlab:

### **2. Obtenção da Matriz Rotação e Vetor Translação:**

```
E =
1.0e+05 *
-0.2842 -1.0283  0.0365
-0.0030  0.0039  1.4683
-0.2764 -1.0022 -0.1926
```

Para efetuarmos o cálculo do vetor translação foi feita a decomposição da Matriz E em valores singulares sendo a solução para o pedido a 3 coluna da Matriz U.

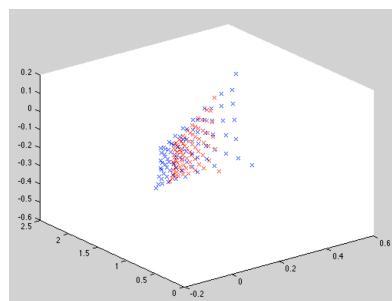
```
t =
0.6935
-0.1106
-0.7119
```

De seguida foi calculada a Matriz rotação que é dada por  $R = U * W * V^T$ , sendo U e V Matriz provenientes da decomposição em valores singulares de E, e  $W = [0 \ -1 \ 0; 1 \ 0 \ 0; 0 \ 0 \ 1]$ , foi usado a função RollPitchYawInverse(), função implementada na cadeira de Robótica, para determinar os ângulos das rotações efetuadas:

```
R =
0.6565 -0.2351 -0.7168
-0.3711 -0.9279 -0.0355
-0.6567  0.2893 -0.6964
beta =
41.0525
alfa =
-29.4759
gama =
157.4408
```

### **3. Reconstrução 3D:**

Em primeiro lugar foram normalizadas as coordenadas através dos parâmetros intrínsecos da câmera esquerda e direita, depois são calculadas as coordenadas [x,y,z] em 3D resultando assim a construção 3D



Conclusão: Como os pontos e as correspondências foram feitos à mão nota-se que a reconstrução 3D não foi perfeita. Em conclusão achamos que fomos de encontro aos objetivos do trabalho e à sua compreensão, temos agora uma percepção diferente do uso das várias técnicas implementadas no trabalho não só para reconstrução 3D, como também para tomar partido do seu uso na navegação de robots (Odometria Visual), pois através dela pode-se estimar posições, orientações e deslocamento efetuados.