

# **Reconstrução tridimensional de espaços utilizando tecnologia Lidar**

---

Bernardo Lourenço

Orientado por Miguel Riem Oliveira

23 de Julho de 2018

Universidade de Aveiro

# Introdução

---

# Overview

---

1. Introdução
2. Hardware Utilizado
3. Processo
4. Calibrações

# Reconstrução de Ambientes

Importante em inúmeras áreas, como na robótica, arquitetura, prototipagem, topografia...

Criação de um modelo computacional que reflete o objeto/espacô real.

Modelo pode ser usado para visualização, análise dimensional, navegação, simulação.

## Fundamentos Teóricos

---

## Dados de reconstrução

**Pointcloud** conjunto de pontos que pertencem à superfície do objeto.

- A mais fácil de obter.
- Colorização é feita ponto a ponto.
- Não armazena informação semântica sobre o objeto.
- Mais resolução implica um crescimento cúbico do numero de pontos.
- Propriedades iguais são repetidas por todos os pontos.

## Mesh

## Modelos Semânticos

# Dados de reconstrução

## Pointcloud

**Mesh** conjunto de triângulos que formam a superfície do objeto.

- Muito usada em CG.
- Colorização é feita por texturas.
- Armazena informação semântica, como a área, volume.
- Mais realista (occlusão, lightning (reflexões)).
- Possibilidade de ser usado em muitos algoritmos (CFD).
- Mais resolução não implica um aumento do número de triângulos.

## Modelos Semânticos

# Dados de reconstrução

## Pointcloud

## Mesh

**Modelos Semânticos** superfície é modelada por modelos matemáticos.

- Usado em reconstruções de modelos para modelação, fabrico ou para obtenção de modelos simplificados.
- Usualmente usadas curvas de Bezier como modelo.
- Difícil de automatizar. Requer assim muito processamento manual.
- Pouco usado em relação à Mesh.

# Visão Estéreo

- Mecanismo similar ao funcionamento estéreo do olho humano.
- Distância é calculada pelo cálculo da disparidade entre duas imagens. Esta disparidade é depois transformada numa nuvem de pontos.
- Não contem informação dimensional absoluta, apenas relativa.

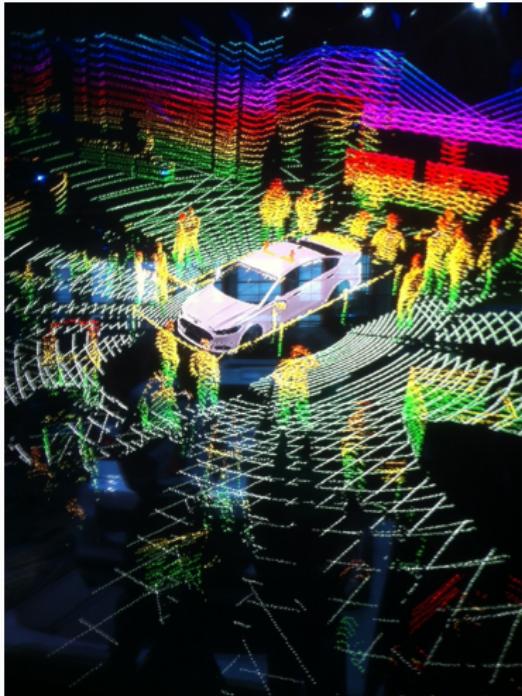


- Utiliza um sensor destinado à captura da informação de depth. Usualmente é usado uma câmara IR que capta padrões desenhados por um laser.
- Resulta numa imagem com informação de cor (RGB) e distância (D).
- Esta tecnologia não é muito precisa.



# Lidar: Light Detection and Ranging

- Usa um sinal laser pulsado para medir distâncias.
- Muito utilizado para medir a topografia da Terra.
- Consegue medições muito precisas ( $< 1mm$ ).
- Não contêm informação de cor.

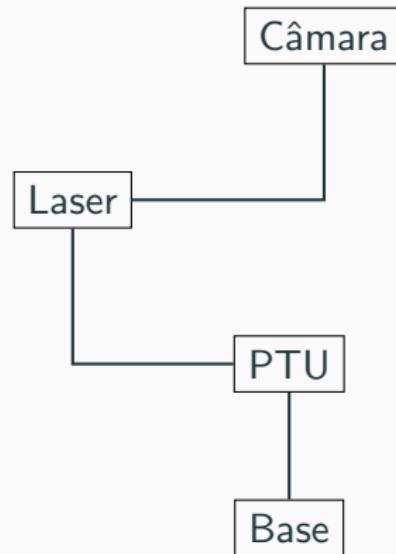


## Hardware

---

# Equipamento: Lemonbot

- Plataforma portátil e autónoma capaz de realizar aquisições.
- Tem 3 partes funcionais:
  - Laser Lidar
  - Câmara RGB
  - Pan-Tilt Unit (PTU)



## Laser Lidar Sick LMS100

- 2D ou planar
- Radiação Infra-vermelhos
- Resolução de 12mm
- Abertura de 270°
- Intervalo 0.5m .. 30m



# Câmera

## Câmera PointGrey Flea3

- 2.8 MP
- Resolução 1920x1440px
- Framerate 15 fps



## FLIR Pan-Tilt D46

- Tilt -45°..+45°
- Pan -146°..+146°
- Precisão Elevada 0.01°



# Aquisição

---

## Aquisição

---

Processo que combina os scans do laser e as imagens da câmara para produzir uma nuvem de pontos colorizada.

# Acquisição

---

Para produzir o set de imagens e laserscans, o pan-tilt é movimentado numa interpolação num espaço de ângulos.

Existem uma lista de waypoints para a obtenção das imagens.

Os laserscans são obtidos no movimento entre os waypoints.

Dois processos sequenciais:

1. **Transformação e acumulação** dos Laserscans em uma nuvem de pontos não colorizada.
2. **Registo** das imagens na nuvem de pontos.

# Transformação e Acumulação

---

1. Transformação dos Laserscans em nuvens de pontos no referencial do laser.

# Transformação e Acumulação

---

1. Transformação dos Laserscans em nuvens de pontos no referencial do laser.
2. Transformação das nuvens de pontos no referencial estático do robot (*base\_link*).

# Transformação e Acumulação

---

1. Transformação dos Laserscans em nuvens de pontos no referencial do laser.
2. Transformação das nuvens de pontos no referencial estático do robot (*base\_link*).
3. Acumulação dos pontos numa nuvem de acumulação.

## Registo de cor

```
for image := images
    for point := pointCloud
        pointInCamera := transform(point, baseToCameraTF)
        u,v := project3dToUV(pointInCamera, cameraK)
        if (u,v) > (0,0) and (u,v) < (width, height)
            color := image[u, v]
        end
    end
end
```

## Registo de cor

---

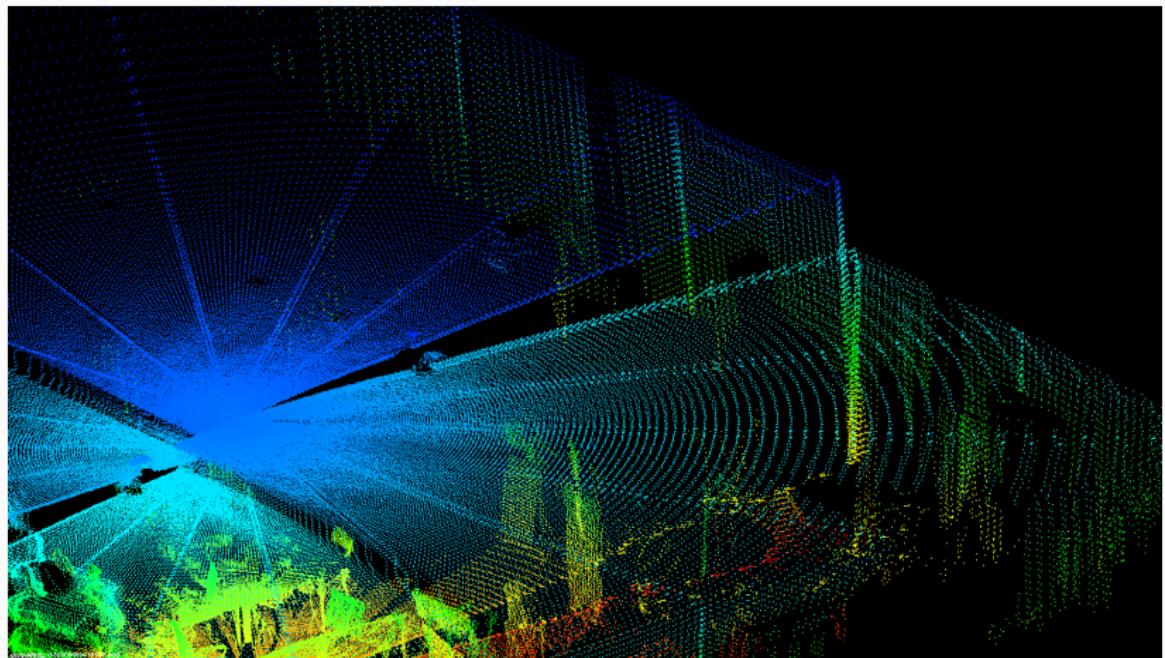
1. Para cada imagem existe um registo, ou seja, uma nuvem de pontos colorizada parcial.
2. A nuvem de pontos final é uma acumulação das nuvens parciais, através de uma heurística (por exemplo, Last One Wins).

## Problemas

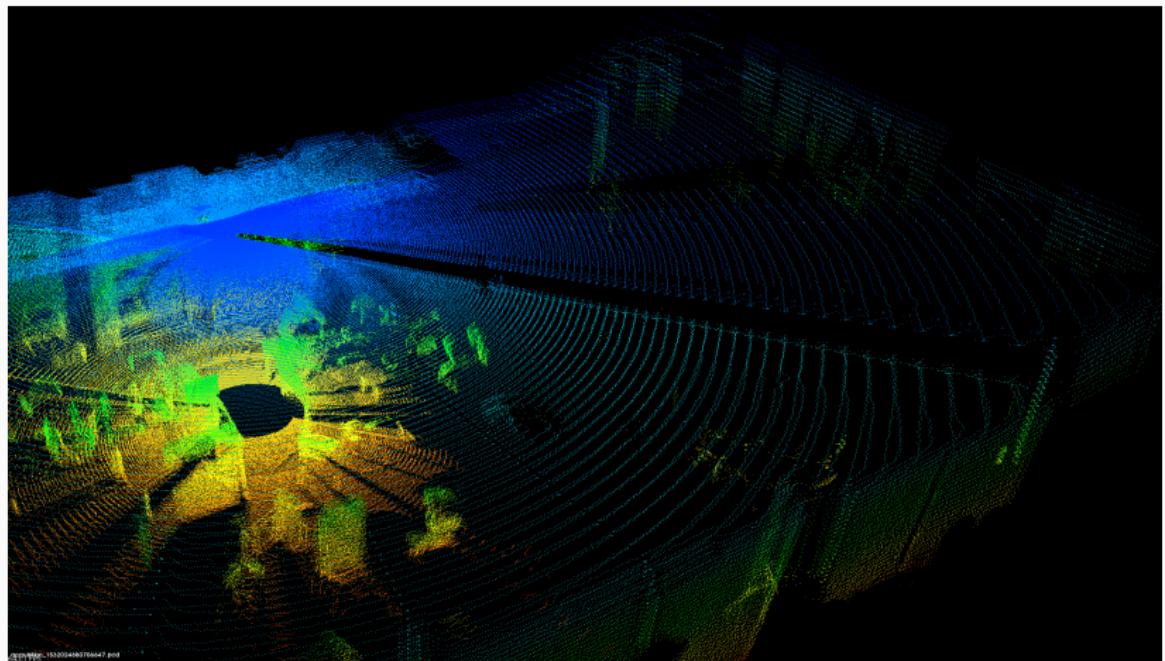
---

- Qualidade geométrica e de registo é dependente de uma boa calibração.
- Várias cores para o mesmo pixel. Como selecionar a cor certa?
- Cor pode não ser uniforme durante a aquisição, o que implica que superfícies de cor uniforme não aparecem uniformes (exposição, sensibilidade, iluminação).
- Existe muita oclusão, mas pode ser obtida pela fusão de várias aquisições.

# Problemas Geométricos



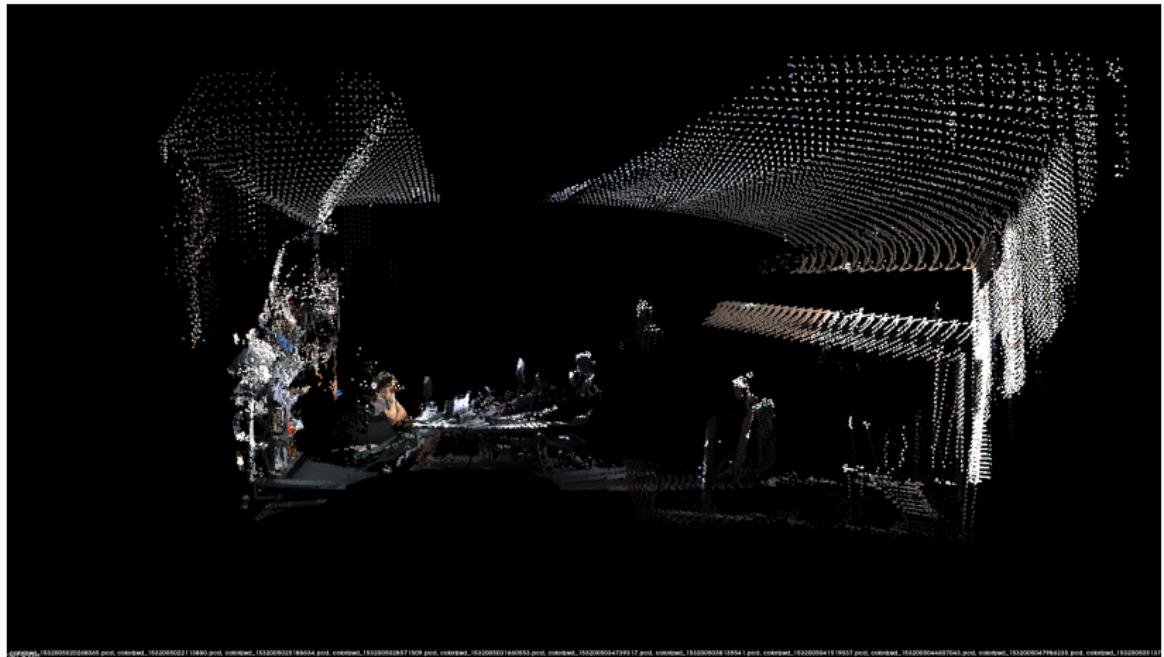
# Problemas Geométricos



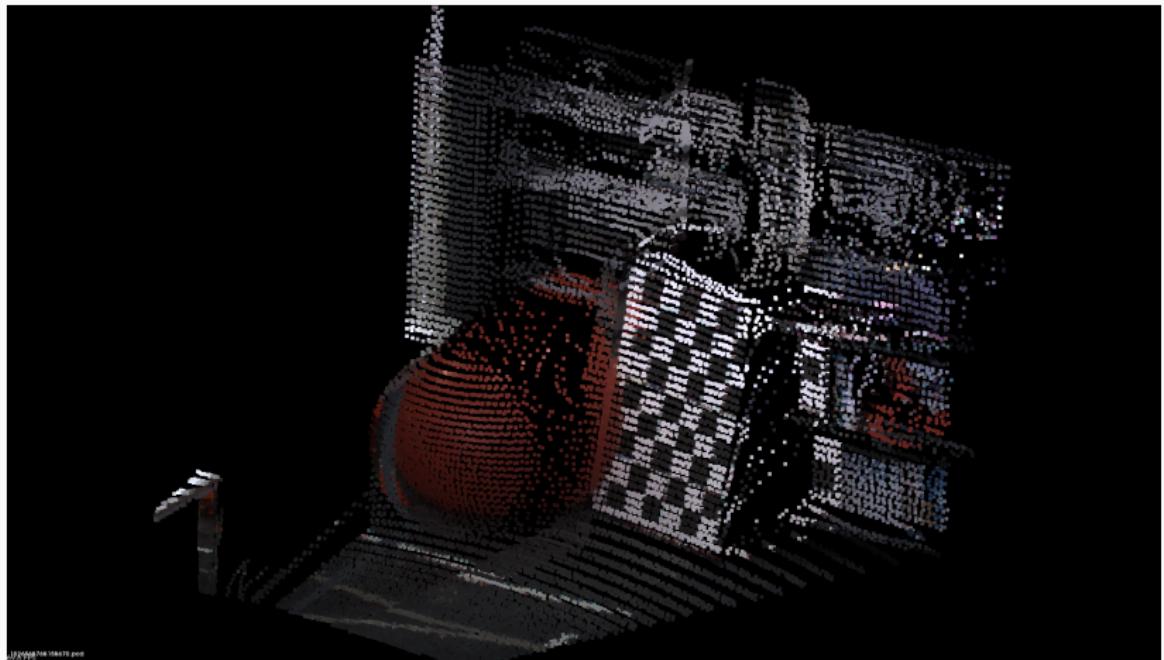
# Problemas Cor



# Problemas Cor



# Problemas Registro



22/09/2018 10:47:00.pdf

## Calibrações

---

## Calibrações necessárias

---

- 2 calibrações intrínsecas:

## Calibrações necessárias

---

- 2 calibrações intrínsecas:
- 2 calibrações extrínsecas:

# Calibrações necessárias

---

- 2 calibrações intrínsecas:
  - Calibração câmara
- 2 calibrações extrínsecas:

# Calibrações necessárias

---

- 2 calibrações intrínsecas:
  - Calibração câmara
  - Calibração do laser
- 2 calibrações extrínsecas:

# Calibrações necessárias

---

- 2 calibrações intrínsecas:
  - Calibração câmara
  - Calibração do laser
- 2 calibrações extrínsecas:
  - Calibração Câmara-PTU - *Hand to Eye Calibration*

# Calibrações necessárias

---

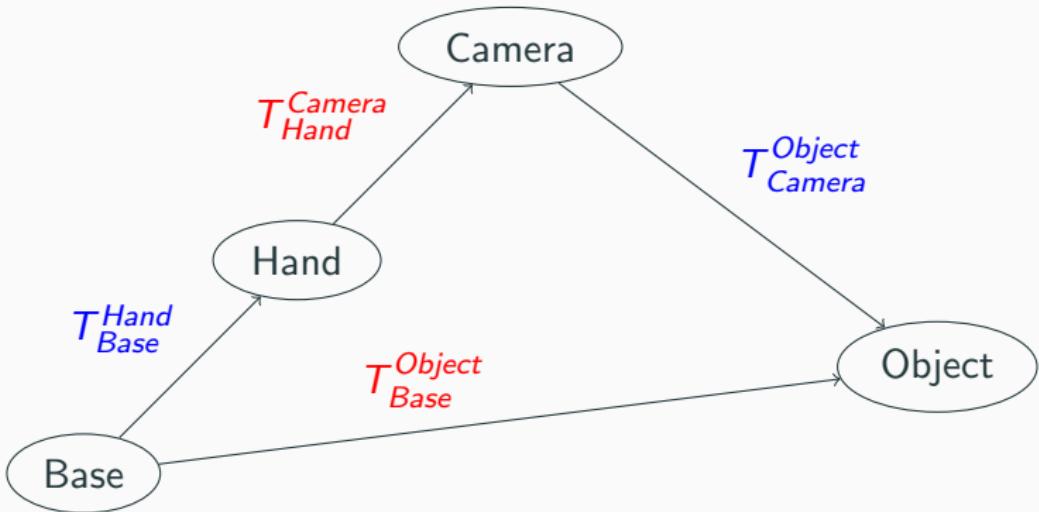
- 2 calibrações intrínsecas:
  - Calibração câmara
  - Calibração do laser
- 2 calibrações extrínsecas:
  - Calibração Câmara-PTU - *Hand to Eye Calibration*
  - Calibração Câmara-Laser - *RADLOCC Calibration*

## Descrição Hand2Eye Calibration

---

- Algoritmo de calibração de uma câmara em relação a um braço robotizado através de um algoritmo regressor.
- Utiliza um marcado de fácil identificação e estimativa de pose por visão), como um ARuCo, como um objeto estático.
- Existem dois pares de transformações conhecidas e desconhecidas, usadas como *inputs* para o regressor.
- Algoritmo implementado na biblioteca VISP e também disponível no ROS.

# Fórmula



$$T_{Base}^{Hand} \cdot T_{Hand}^{Camera} \cdot T_{Camera}^{Object} = T_{Base}^{Object}$$

# Procedimento

---

1. Movimento do braço robótico (PTU).
2. Identificação da pose do marcado através da imagem da câmara.
3. Registo das 2 transformações.
4. Voltar ao primeiro passo até registar poses suficientes.
5. Correr o algoritmo regressor.

Para testar a qualidade da calibração encontrada podem-se utilizar as seguintes técnicas:

- O algoritmo de calibração tem como resultado um erro associado ao *dataset* de *input*.
- Um marcado pode ser usado novamente para avaliar o sistema. Num sistema calibrado, o marcado deverá manter-se na mesma posição após um movimento do braço (PTU).
- Esta avaliação poderá ser feita inicialmente visualmente ou mais corretamente, registando posições do marcador sucessivamente e de seguida calculado o desvio nessa amostra.

## Calibração Câmera-Laser

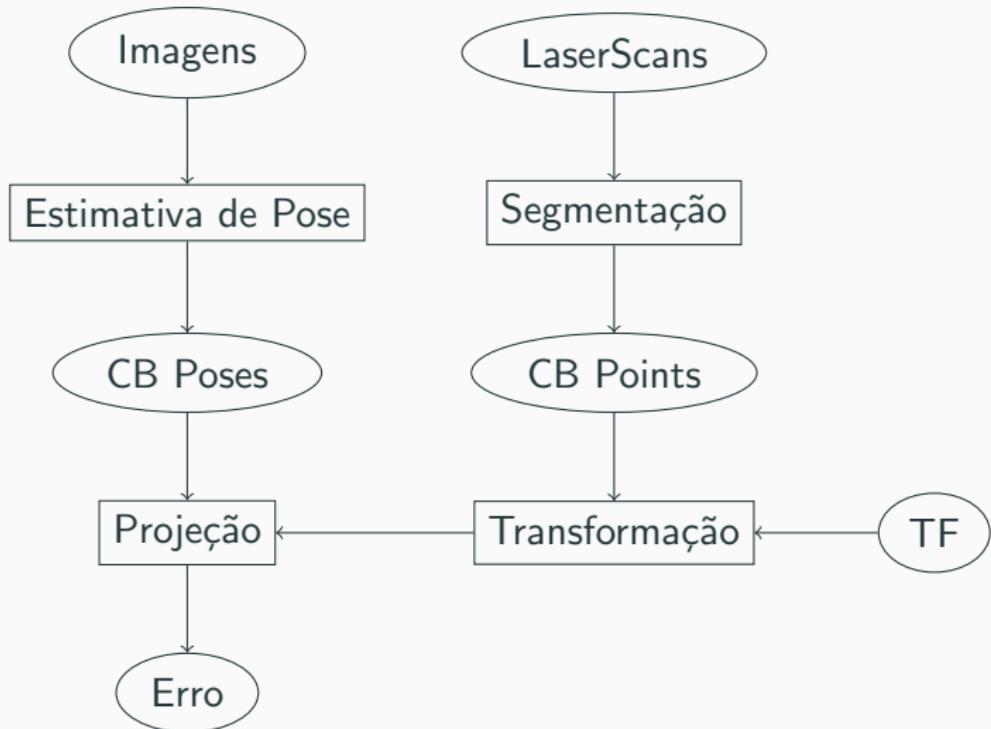
---

Este algoritmo consiste num otimizador chamado RADLOCC que cruza dados de uma câmara e de um laser para encontrar a transformação entre os dois.

É usado um *chessboard* como marcador, por ser possível estimar a pose nas imagens da câmara e por servir como alvo para o laser.

Influencia especialmente no registo de cor.

# Algoritmo



## Dataset

---

É necessário registrar várias *Imagens* e *LaserScans*.

É necessário conter variação suficiente nas poses do *Chessboard* para que o algoritmo possa convergir.

É necessário que o fundo seja estático, para que a segmentação seja fácil.

Como teste da calibração da calibração existem vários métodos:

- Reprojeção dos pontos do laser nas imagens do dataset.
- Reprojeção dos pontos do laser em *realtime*.
- Análise do registo da cor nas nuvens de pontos das capturas.

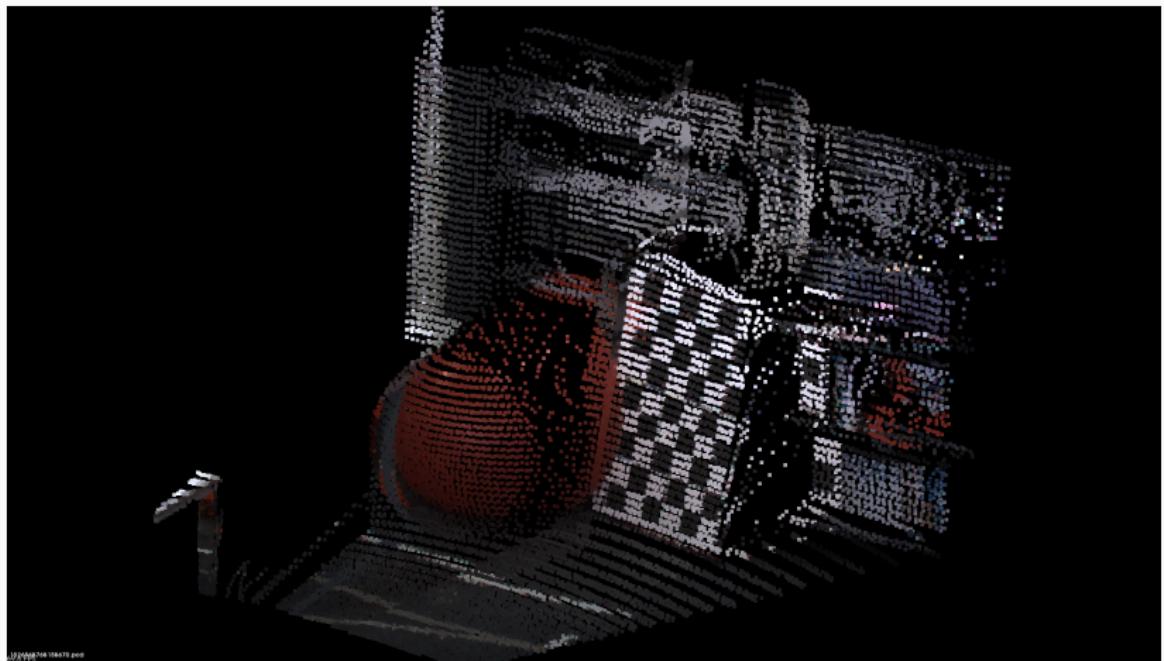
# Má reprojeção dos pontos



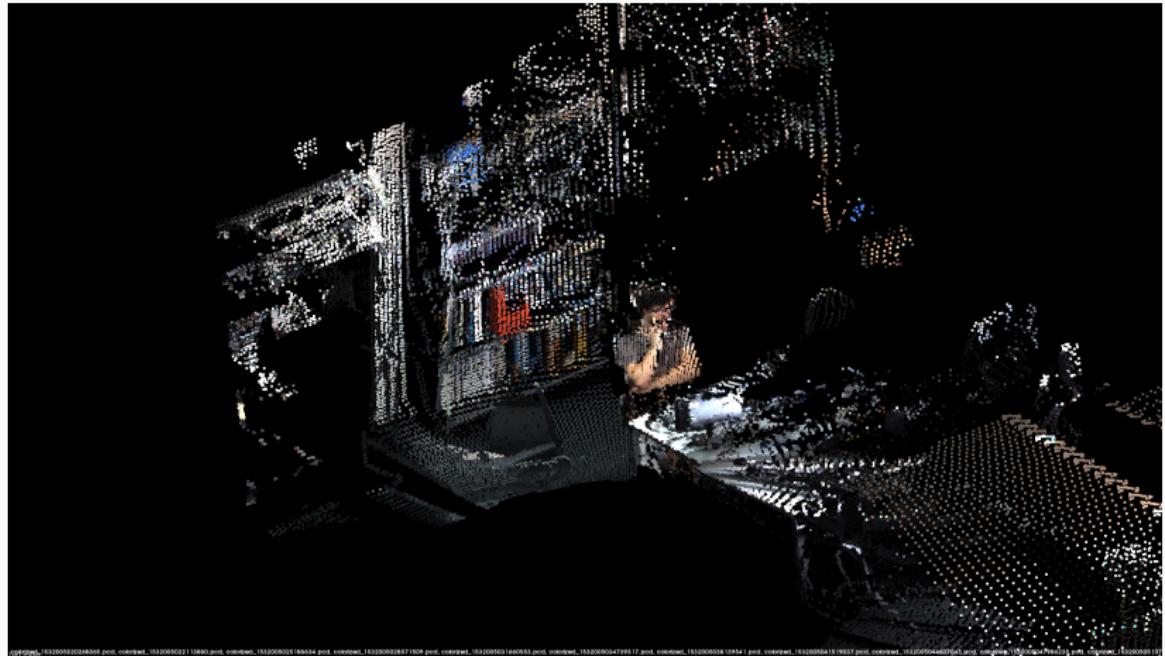
## Boa reprojeção dos pontos



## Mau registo na acquisição



# Melhor registo na acquisição



## Conclusão

---

# Conclusão

---

- Aquisição funcional de nuvens de pontos colorizada.
- Qualidade da aquisição é altamente depende da calibração, que deve ter repetibilidade.

# Conclusão

---

- Aquisição funcional de nuvens de pontos colorizada.
- Qualidade da aquisição é altamente depende da calibração, que deve ter repetibilidade.

Perspectivas Futuras:

- Determinar um método para comparar a qualidade de nuvens de pontos obtidas por diferentes tecnologias (IR).

Questões?