

universidade de aveiro



theoria poiesis praxis

# Unidade de Perceção Visual e de Profundidade Para o Atlascar2

Diogo Correia

---

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica

---

Orientador: Prof. Doutor Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Coorientador: Prof. Doutor Paulo Miguel de Jesus Dias

Aveiro, 21 de Julho de 2017

# Estrutura da Apresentação

---

1. Introdução;
2. Hardware e software;
3. Projeto Mecânico e elétrico;
4. Fusão de dados e deteção do espaço livre;
5. Resultados;
6. Conclusões e trabalho futuro.

# Introdução

---

## Veículos autônomos

- Audi e Nvidia;
- Volvo e Microsoft;
- Daimler e Uber;
- Waymo e Lyft.



Veículo autônomo da Uber, baseado num Ford Fusion.



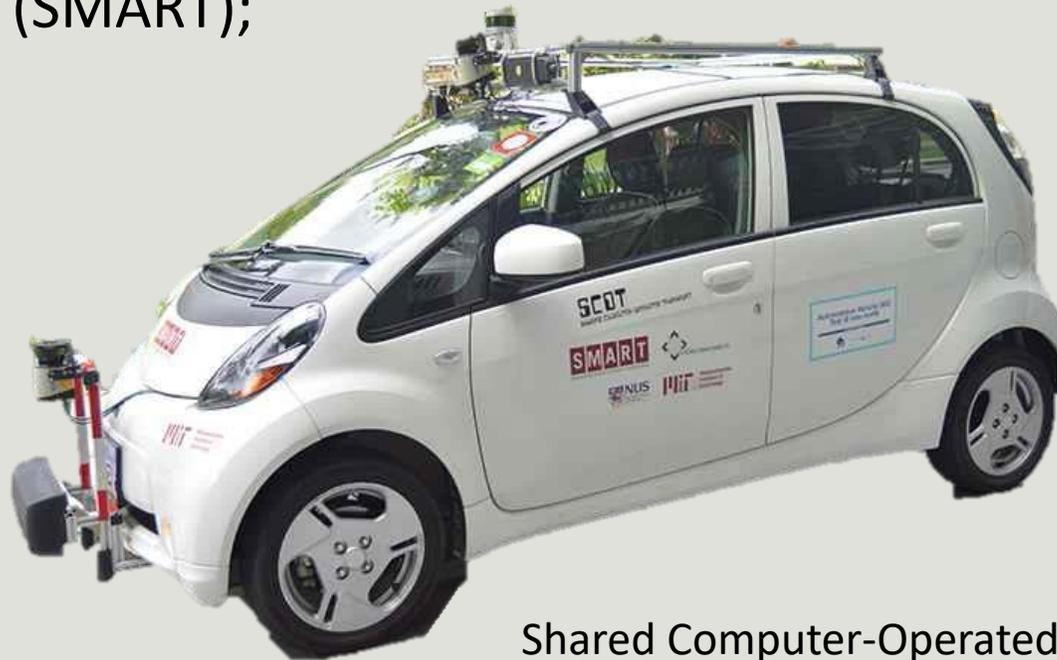
Veículo autônomo da Waymo, baseado num Chrysler Pacifica

# Introdução

---

## Veículos autónomos

- Singapore-MIT Alliance for Research and Technology (SMART);



Shared Computer-Operated Transit (SCOT) - Veículo dedicado à investigação em condução autónoma do instituto SMART. Equipado com vários sensores LIDAR 2D e 3D

# Introdução

---

## Projeto Atlas

- Desenvolvido pelo Laboratório de Automação e Robótica;
- Tem por objetivo desenvolver sistemas de percepção para implantação em plataformas moveis;
- Iniciou-se com a construção de pequenas plataformas para participar em competições de robótica;
- Evoluiu para plataformas á escala real com capacidades de navegação autónoma.



ATLASCAR 1, baseado num Ford Escort.



Atlas1, primeiro protótipo do projeto Atlas a participar em competições de robótica.

# Introdução

---

## Contexto do problema

- ATLASCAR 1 está a chegar ao seu fim-de-vida;
- É necessário sensorizar uma nova plataforma, o ATLASCAR 2;
- Software de aquisição de dados.



ATLASCAR 2, baseado Mitsubishi i-MIEV

# Introdução

---

## Objetivos

- Desenvolver, construir e instalar uma infraestrutura para suportar os sensores a colocar no ATLASCAR 2;
- Instalar os cabos necessários à alimentação dos sensores e comunicação à comunicação com a unidade de processamento;
- Desenvolver software para adquirir dados dos sensores e determinar o espaço livre em torno do ATLASCAR 2.



# Hardware & Software

## ATLASCAR 2

Grupo	Caraterística	Valor
Dimensões	Distancia entre vias (F/T)	1310/1270 mm
	Distancia entre eixos	2550 mm
	Peso (bruto)	1450 kg
	Radio mínimo de curvatura	4,5 m
Motor	Autonomia	150 km
	Velocidade máxima	130 km/h
	Potencia máxima	49 kW
Bateria de tração	Tensão	330 V DC
	Capacidade	16 kWh
	Tempo de carga	10 horas @ 8A



Mitsubishi i-MIEV de 2015

# Hardware & Software

---

## Sensores



Sick LMS151 LIDAR



Velodyne Puck VLP 16  
LIDAR



Camera Point Grey Zebra 2



Sick LD-MRS LIDAR

# Hardware & Software

---

Unidade de Processamento e outros equipamentos auxiliares



APC Smart-UPS 1500 VA



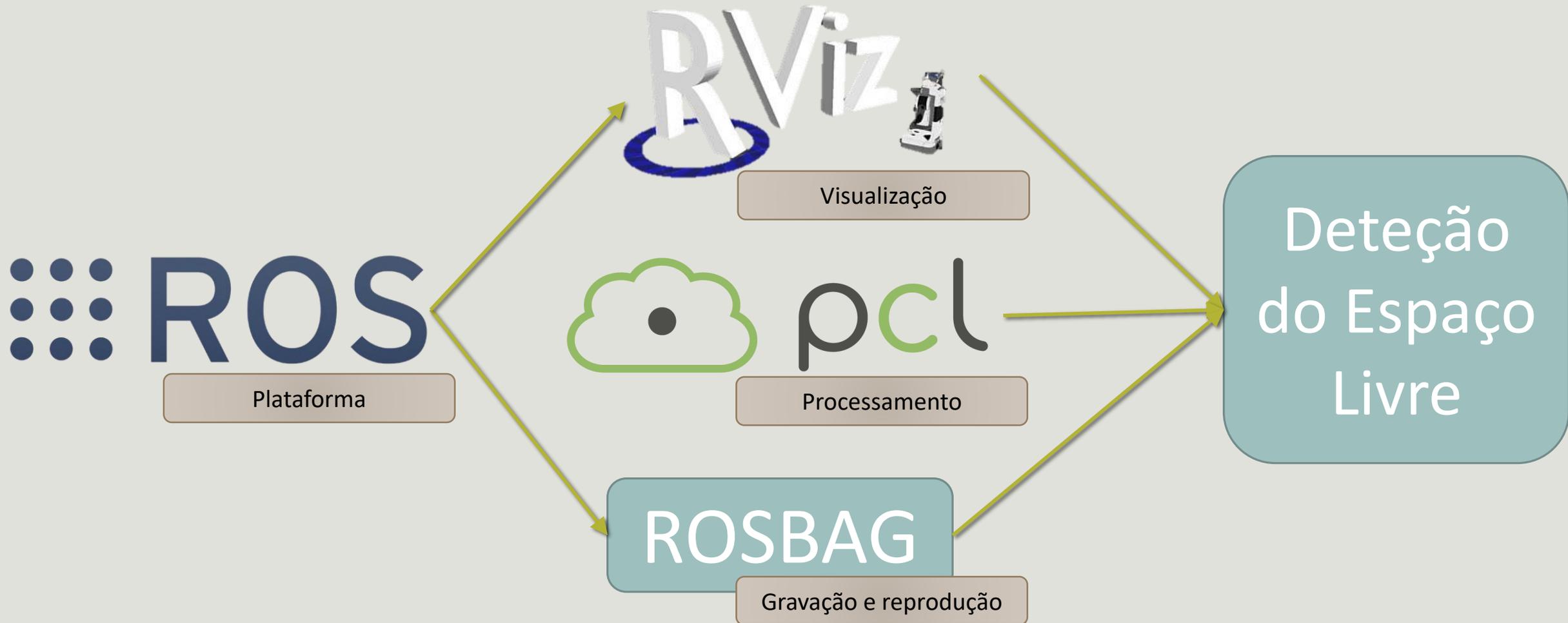
Switch Cisco SD205



Nexus P-230H4/HR4

# Hardware & Software

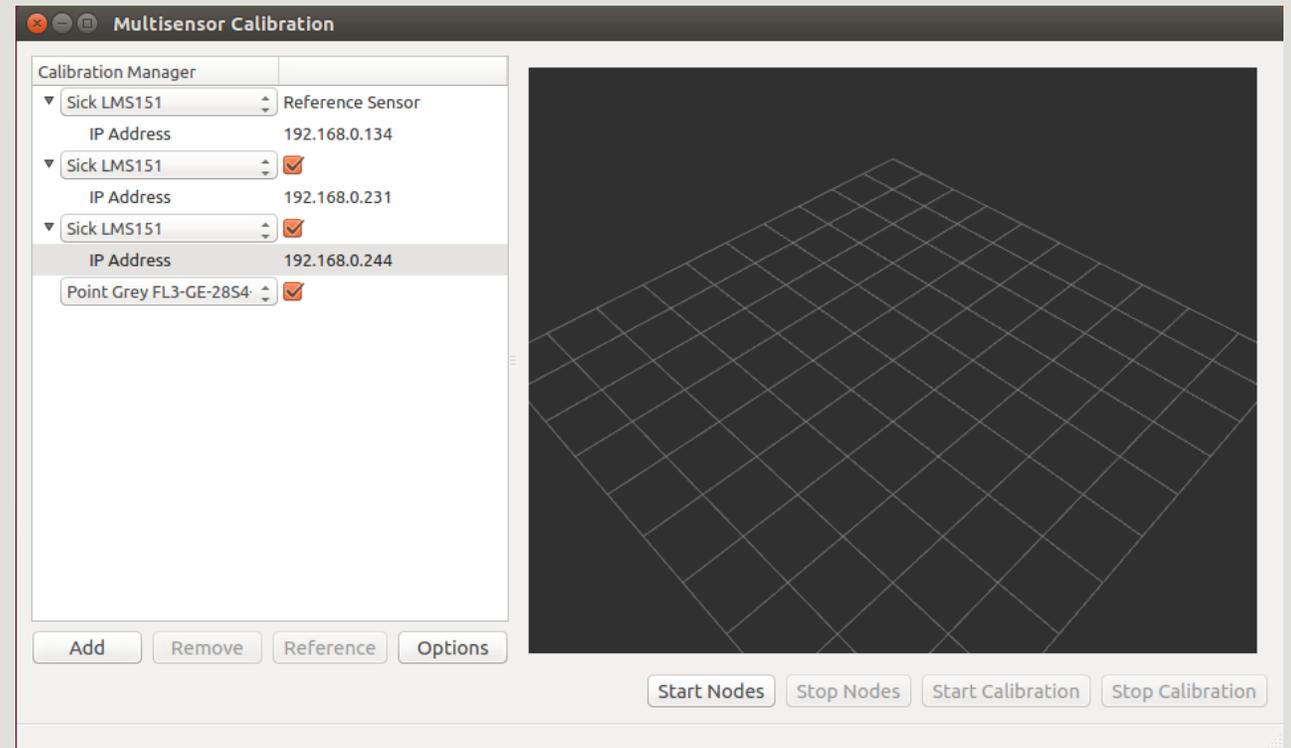
## Software



# Hardware & Software

## Pacote de Calibração Multisensorial

- Interface gráfica para calibração de vários tipos de sensores;
- Permite calibrar os seguintes sensores:
  - Sick LMS151;
  - Sick LD-MRS;
  - Kinect;
  - SwissRanger SR4000;
  - Cameras Point Grey.

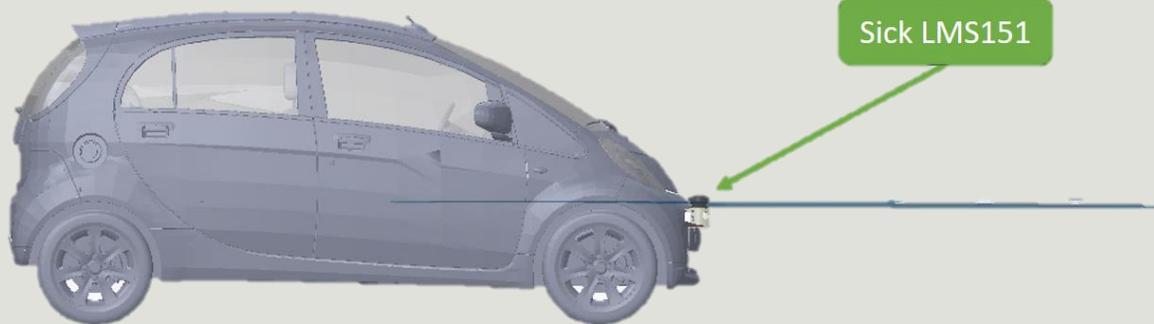


Interface gráfica do pacote de calibração

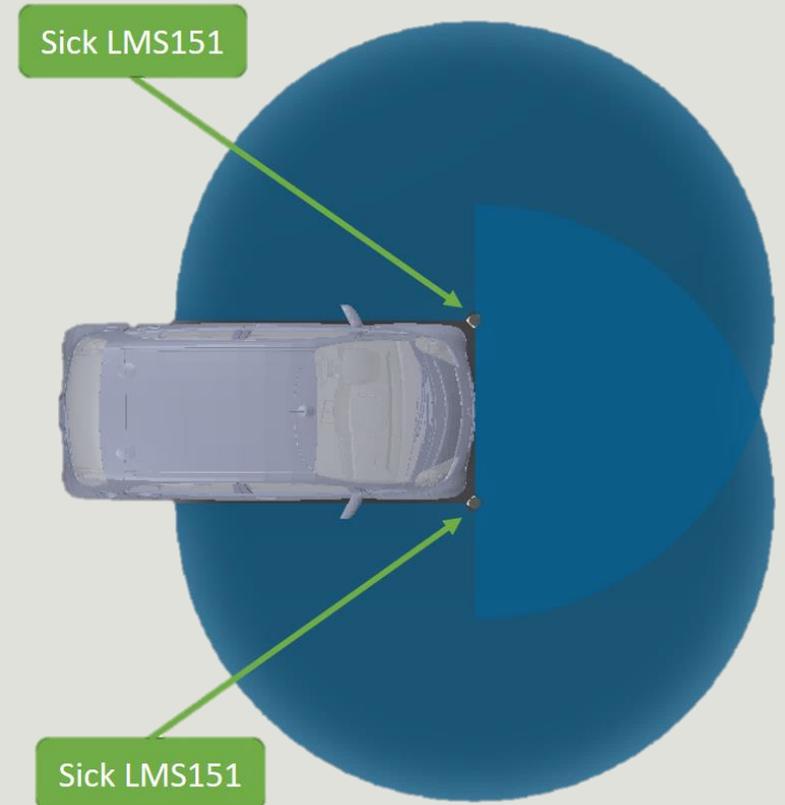
# Projeto Mecânico e Elétrico

## Seleção da posição dos sensores

- Dois scanners 2D colocados nos limites frontais da plataforma;
- Garante que não há oclusões devido a partes do veículo;
- Colocados acima da cava das rodas prevenindo oclusões causadas pelas rodas da frente.



Posição dos sensores Sick LMS151 no ATLASCAR 2 – Vista Lateral



Posição dos sensores Sick LMS151 no ATLASCAR 2 – Vista de Cima

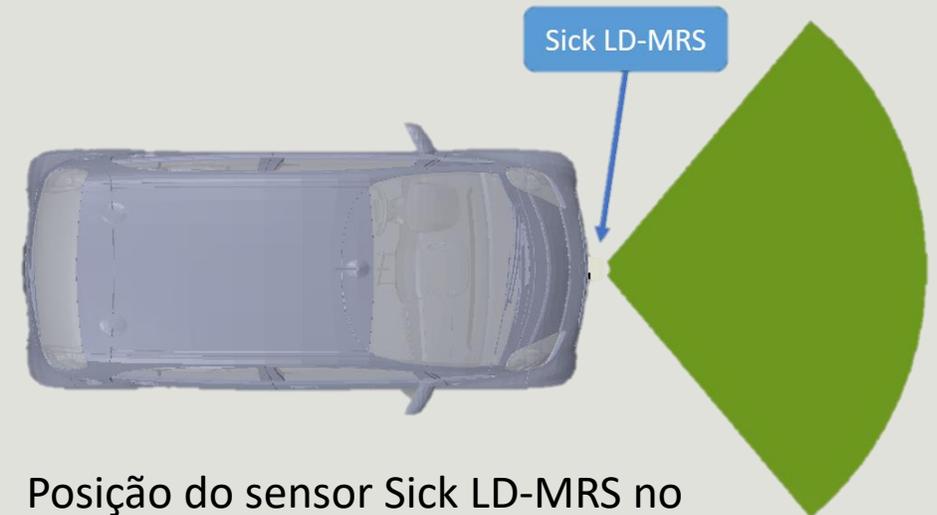
# Projeto Mecânico e Elétrico

## Seleção da posição dos sensores

- Centrado á frente do veiculo;
- Faz uso de uma abertura no para-choques para montar os acessórios de fixação;
- Deteta objetos em frente ao veiculo mais baixos que o plano dos scanners planares.



Posição do sensor Sick LD-MRS no ATLASCAR 2 – Vista Lateral

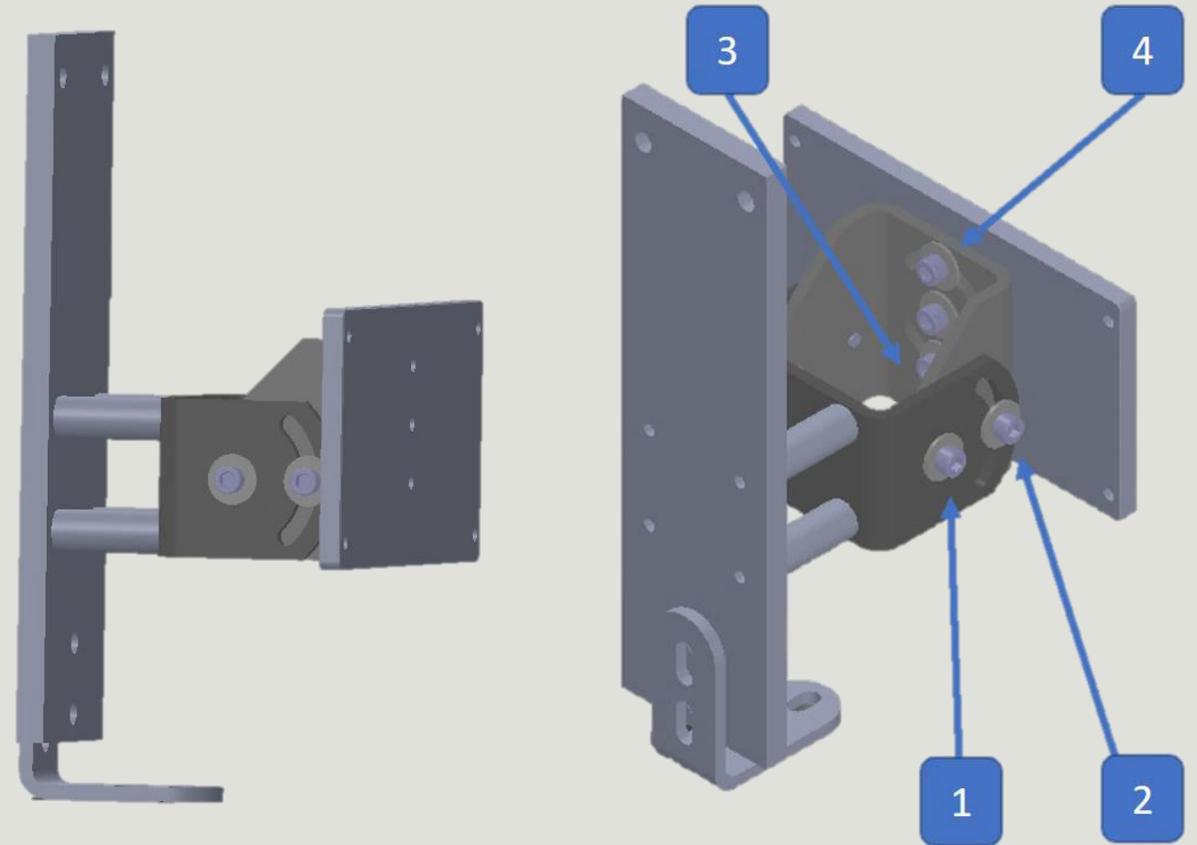


Posição do sensor Sick LD-MRS no ATLASCAR 2 – Vista de Cima

# Projeto Mecânico e Elétrico

## Fixação do Sick LD-MRS

- Fixado diretamente ao chassis;
- Garante grande uma fixação estável;
- Permite o ajuste do sensor segundo dois ângulos (Pitch e Roll);
- Permite pequenos ajustes em altura;



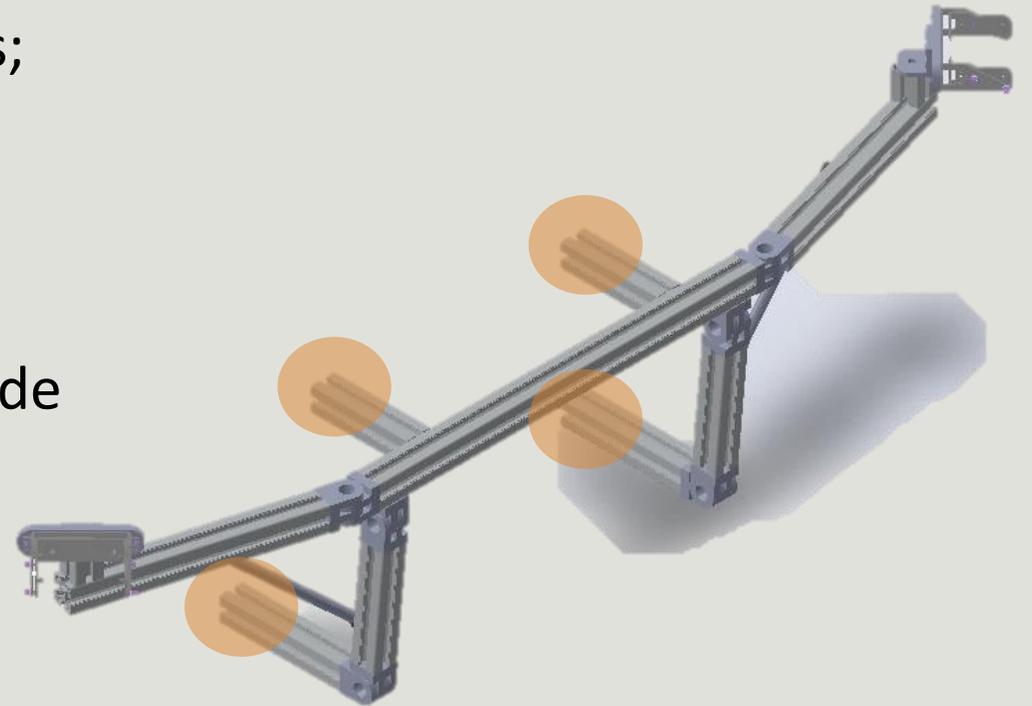
Sistema de fixação do sensor Sick LD-MRS

# Projeto Mecânico e Elétrico

---

## Barras frontais

- Fixadas diretamente ao chassis em 4 pontos;
- Garante uma fixação estável dos sensores;
- Solução modular;
- Permite fácil e rápida instalação e remoção de vários sensores;
- Mantem um bom aspecto estético.

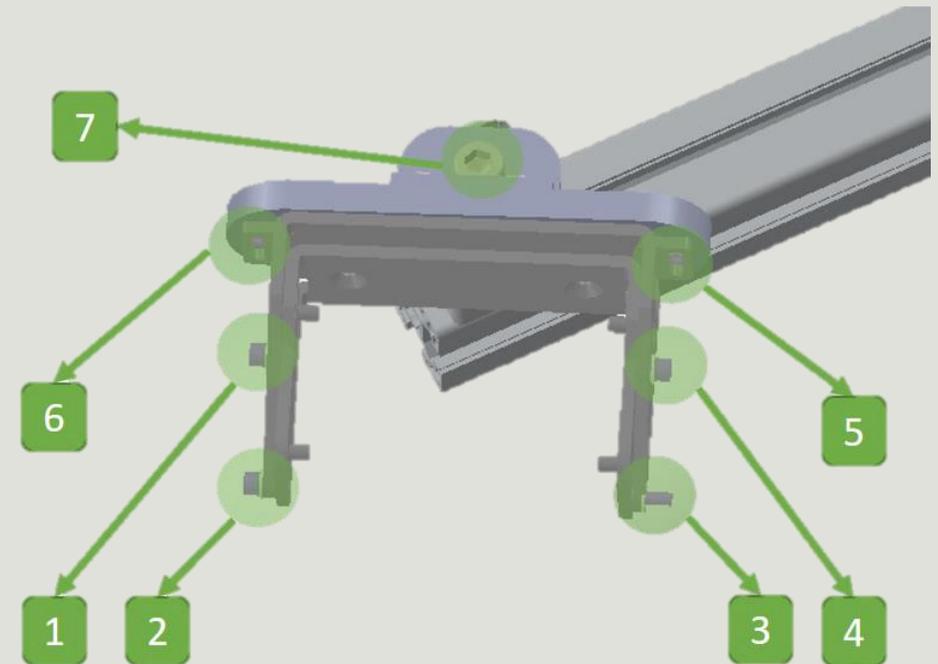


Barras frontais

# Projeto Mecânico e Elétrico

## Barras frontais – Fixação do Sick LMS

- Os sensores podem ser colocados em qualquer posição ao longo das barras frontais;
- Permite o ajuste em torno de 3 ângulos (yaw, pitch e roll);
- Fixação estável dos sensores.



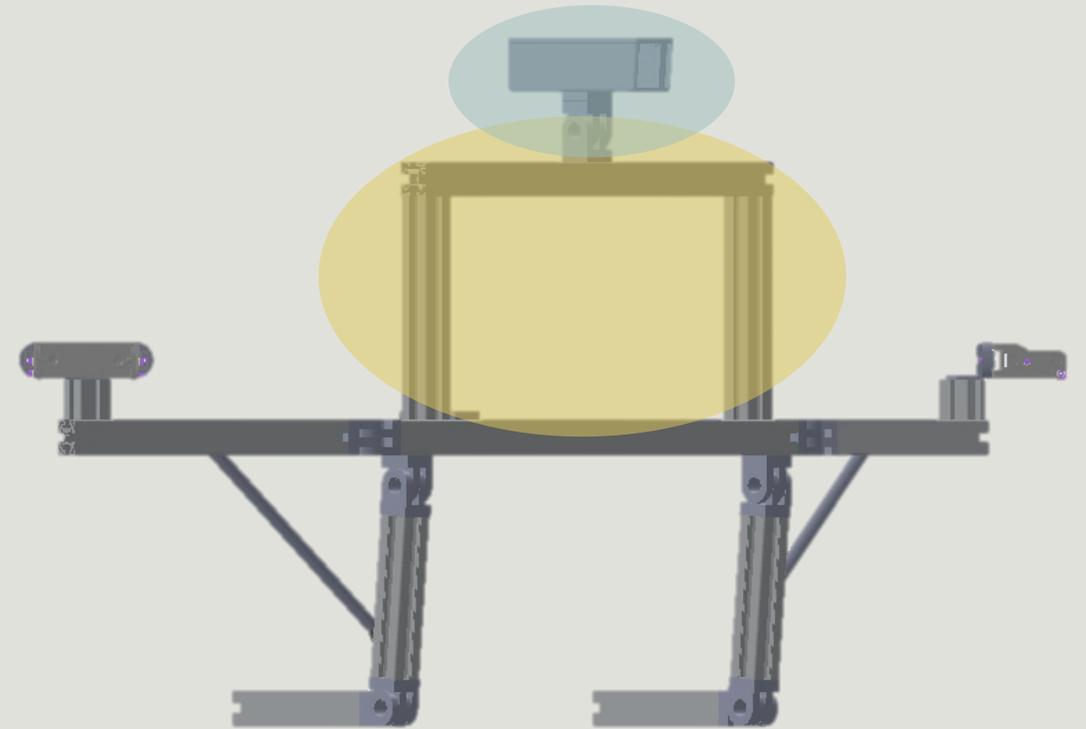
Sistema de fixação e ajuste do sensor Sick LMS151

# Projeto Mecânico e Elétrico

---

## Barras frontais – Fixação da Camera

- Foram adicionadas mais 3 barras de alumínio á estrutura inicial;
- Foi desenvolvida uma caixa protetora, construída por impressão 3D;
- Protege a camera contra elementos ambientais.



Barras frontais com sistema de fixação da camera

# Projeto Mecânico e Elétrico

---

## Construção & Montagem



Montagem do sistema de fixação do Sick LD-MRS

# Projeto Mecânico e Elétrico

## Construção & Montagem



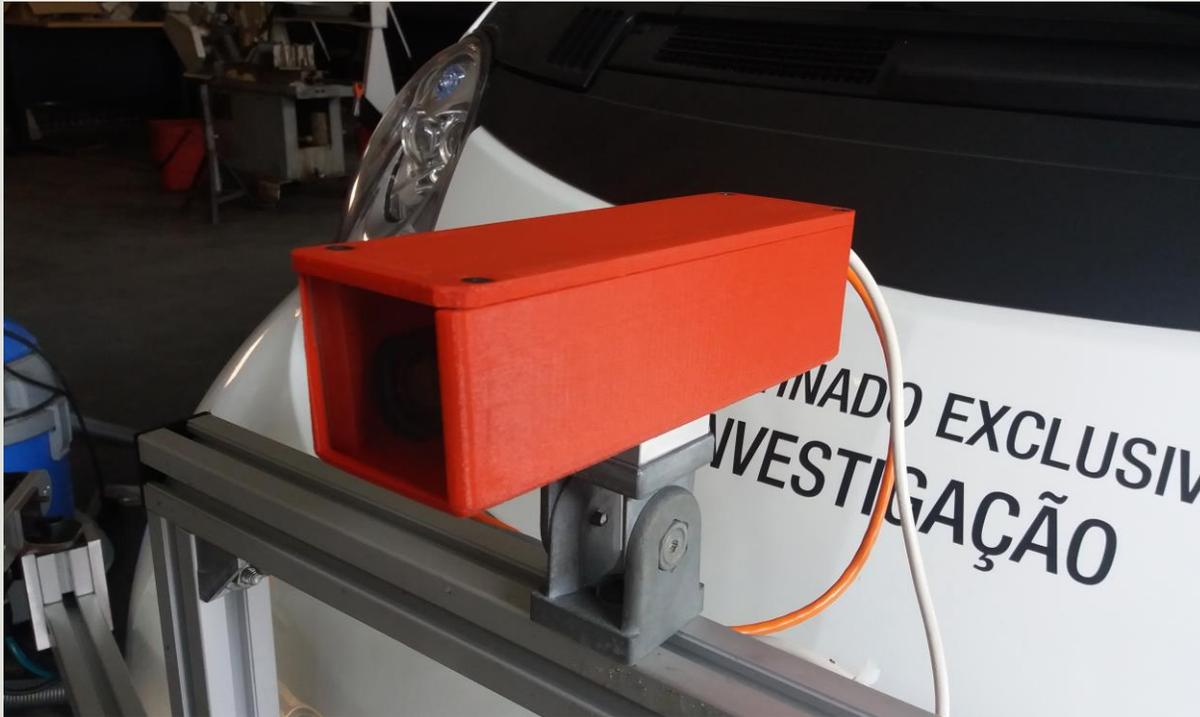
Montagem das barras frontais



Fabrico dos tirantes de apoio

# Projeto Mecânico e Elétrico

## Construção & Montagem



Caixa protetora da camera



Camera e LIDARs montados

# Projeto Mecânico e Elétrico

---

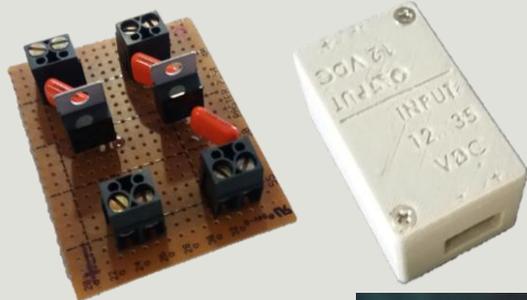
Resultado da montagem dos sensores



# Projeto Mecânico e Elétrico

## Alimentação dos sensores e Ethernet switch

Ficha de ligação



Disjuntor

Regulador de Tensão



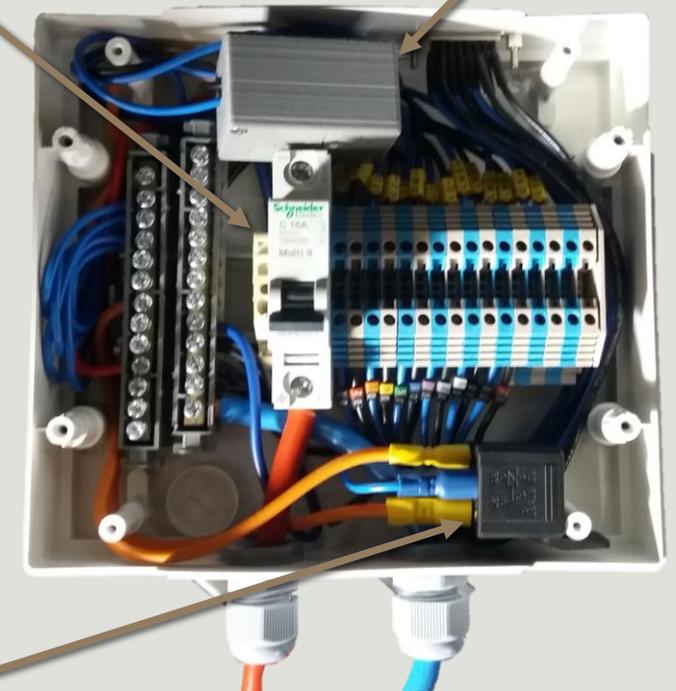
Exterior do quadro de alimentação



Ligação a ignição

Alimentação

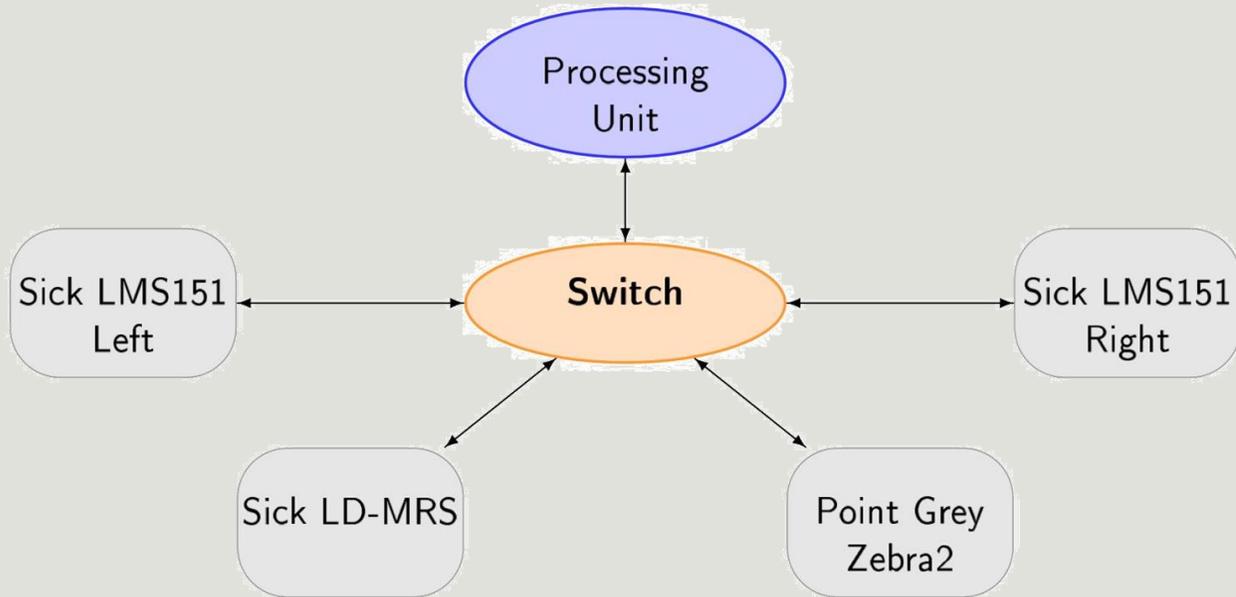
Relé de Segurança



Interior do quadro de alimentação

# Projeto Mecânico e Elétrico

## Infraestrutura de comunicação



Estrutura de comunicação entre os sensores e a unidade de processamento



Ethernet switch e respectivas ligações aos sensores à unidade de processamento

# Projeto Mecânico e Elétrico

## Instalação das cablagens



Cabos de alimentação e de sinal para os sensores  
LIDAR



Cabos de alimentação e sinal que ligam ao quadro  
elétrico e à unidade de processamento

# Projeto Mecânico e Elétrico

## Instalação do monitor e da unidade de processamento



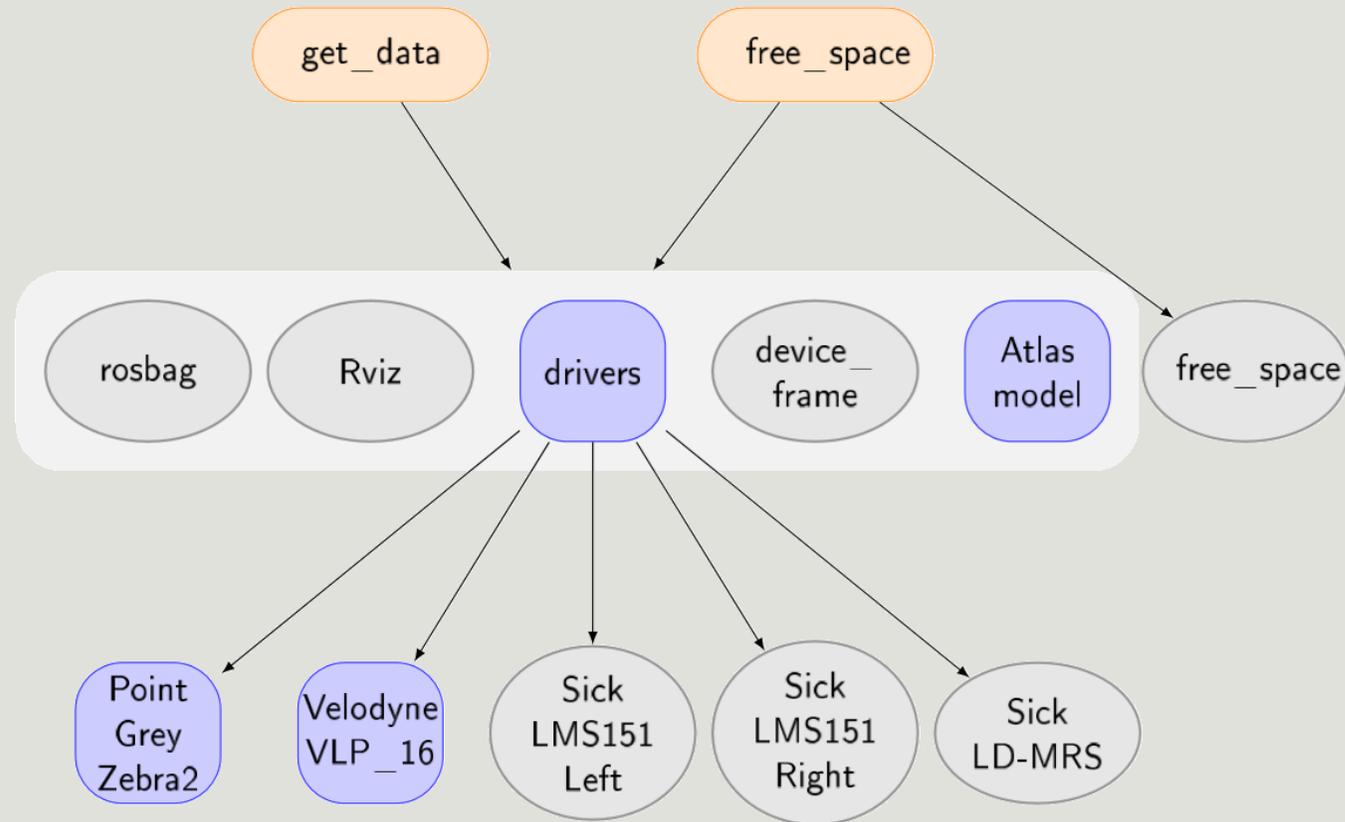
Monitor colocado no banco traseiro do ATLASCAR2



Unidade de processamento e UPS instaladas na mala do ATLASCAR2

# Deteção do espaço livre

## Arquitetura do pacote



# Deteção do espaço livre

---

## Aquisição de Dados

- Pacotes ROS estabelecem a comunicação com os sensores e iniciam a aquisição de dados;
- O uso e parametrização desses pacotes é gerido através de uma launch file:  
“drivers.launch”;
- Os dados dos sensores são publicados em tópicos específicos que são subscritos pelos nodos de processamento e/ou visualização.

```
<node name="lms151_E" pkg="lms1xx" type="lms1xx" required="true" output="screen" if="$(arg lms151_E)">  
  <param name="host" value="192.168.0.134"/>  
  <param name="frame_id" value="lms151_E"/>  
  <remap from="scan" to="lms151_E_scan"/>  
</node>
```

# Deteção do espaço livre

---

## Deteção da bola – Velodyne Puck VLP-16

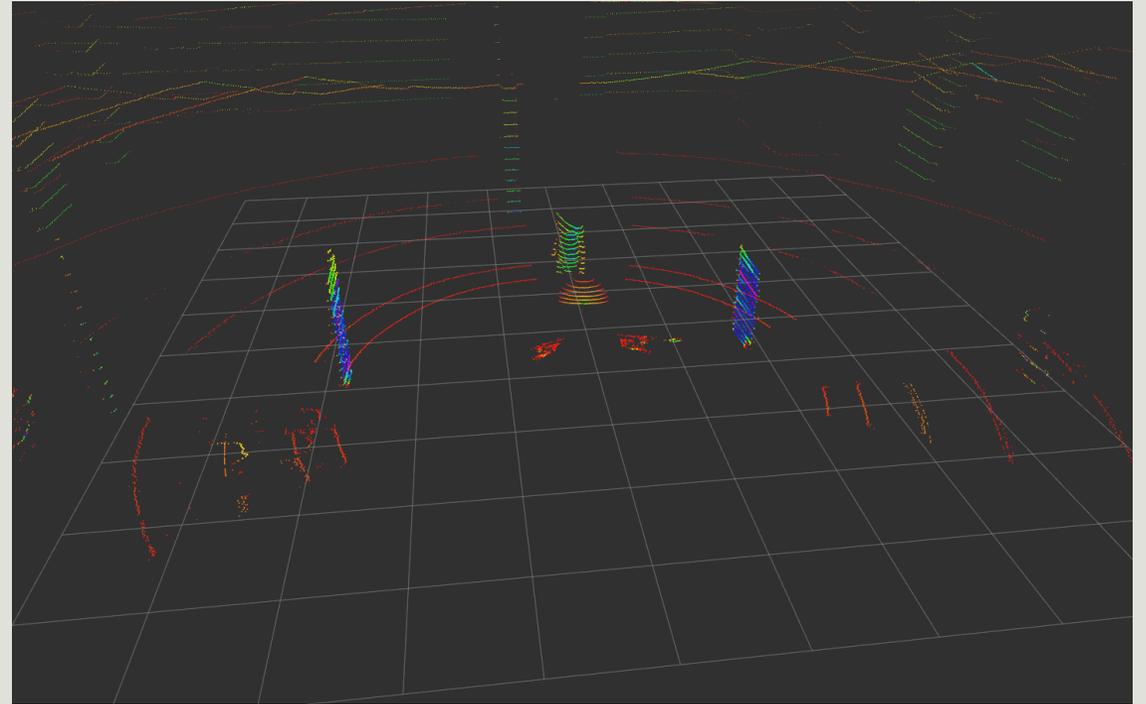
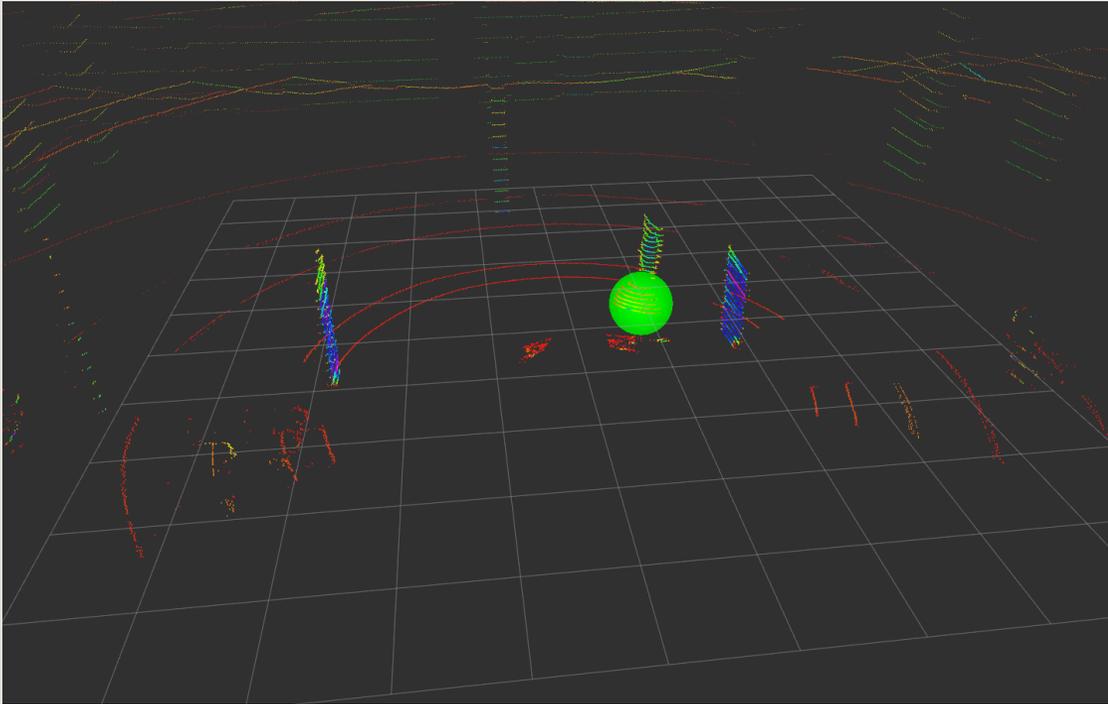
- O pacote de calibração usado não contempla a calibração deste sensor;
- Duas alternativas foram analisadas para adicionar este sensor ao pacote de calibração:
  - Usar um algoritmo de RANSAC;
  - Separar os dados do sensor em scans planares e pesquisar um círculo em cada plano.

# Deteção do espaço livre

---

## Deteção da bola – Velodyne Puck VLP-16

- O algoritmo RANSAC é fácil de implementar mas não apresenta resultados satisfatórios.

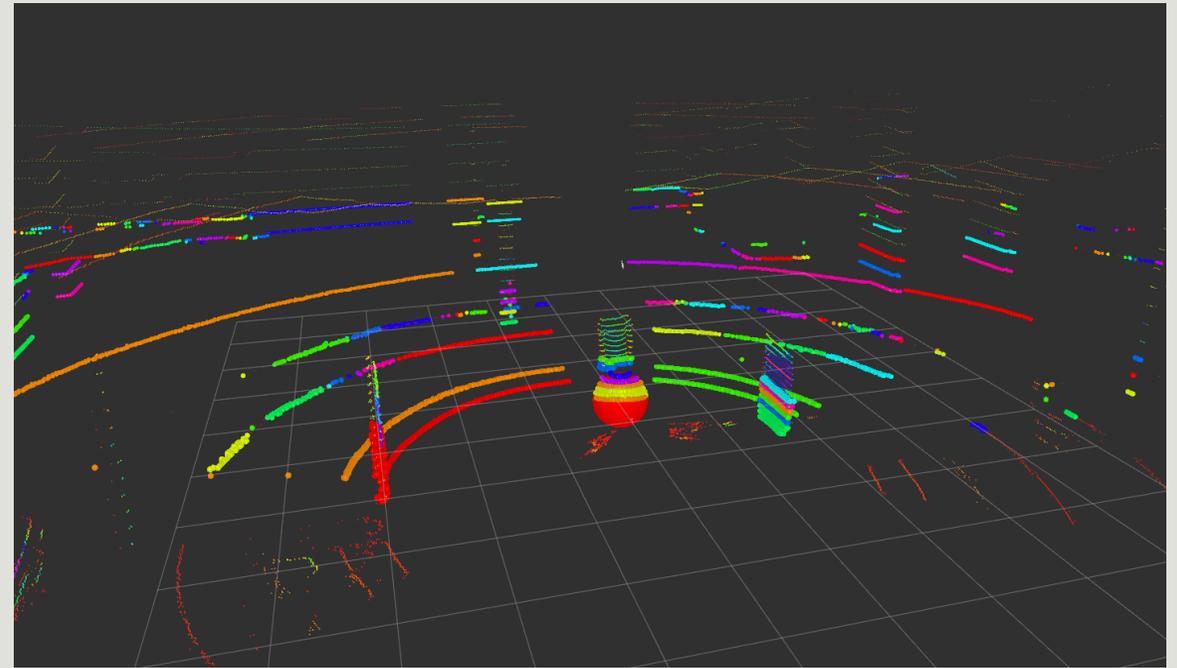
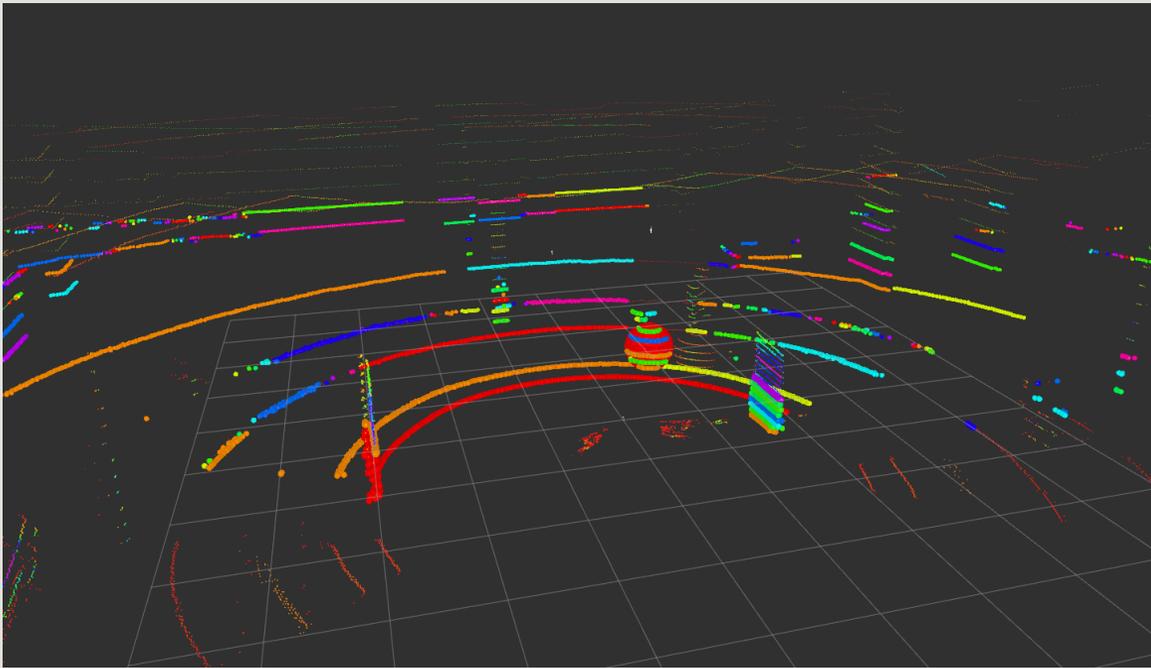


# Deteção do espaço livre

---

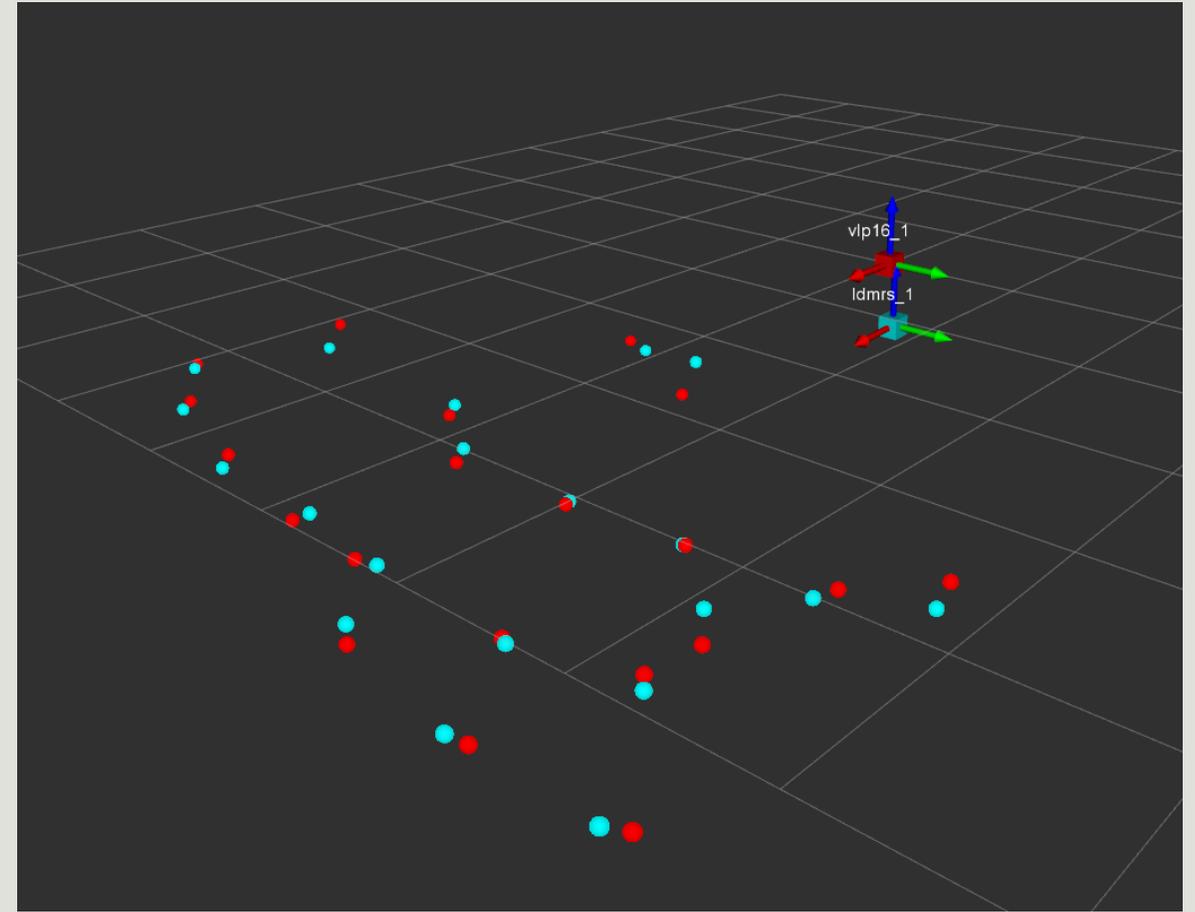
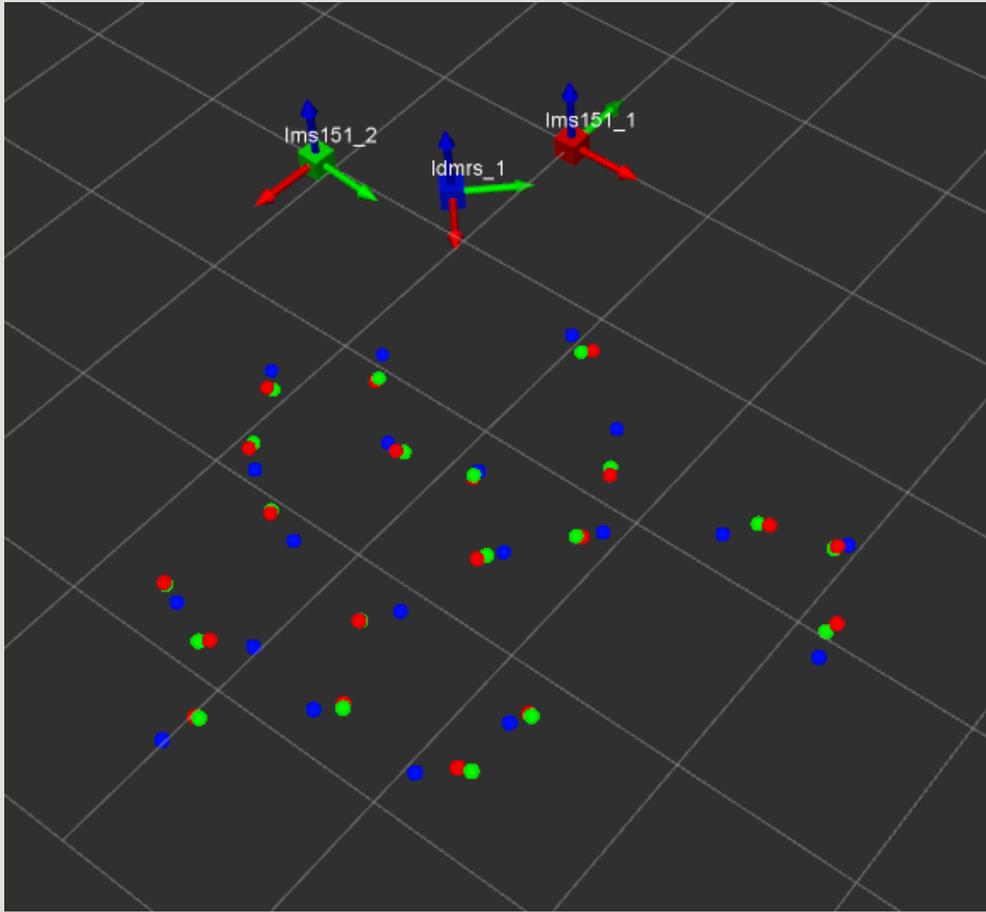
## Deteção da bola – Velodyne Puck VLP-16

- Separando os dados em scans planares obtêm-se melhor resultados;
- Mais pesado computacionalmente.



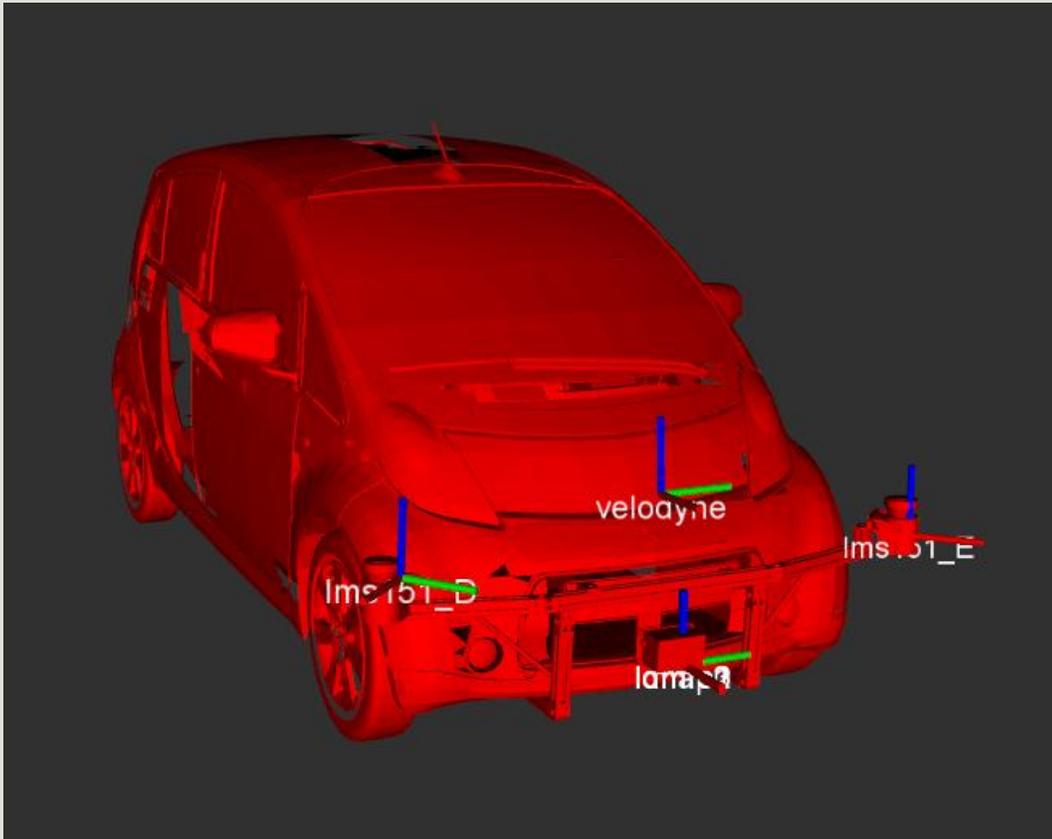
# Deteção do espaço livre

## Calibração dos sensores LIDAR



# Deteção do espaço livre

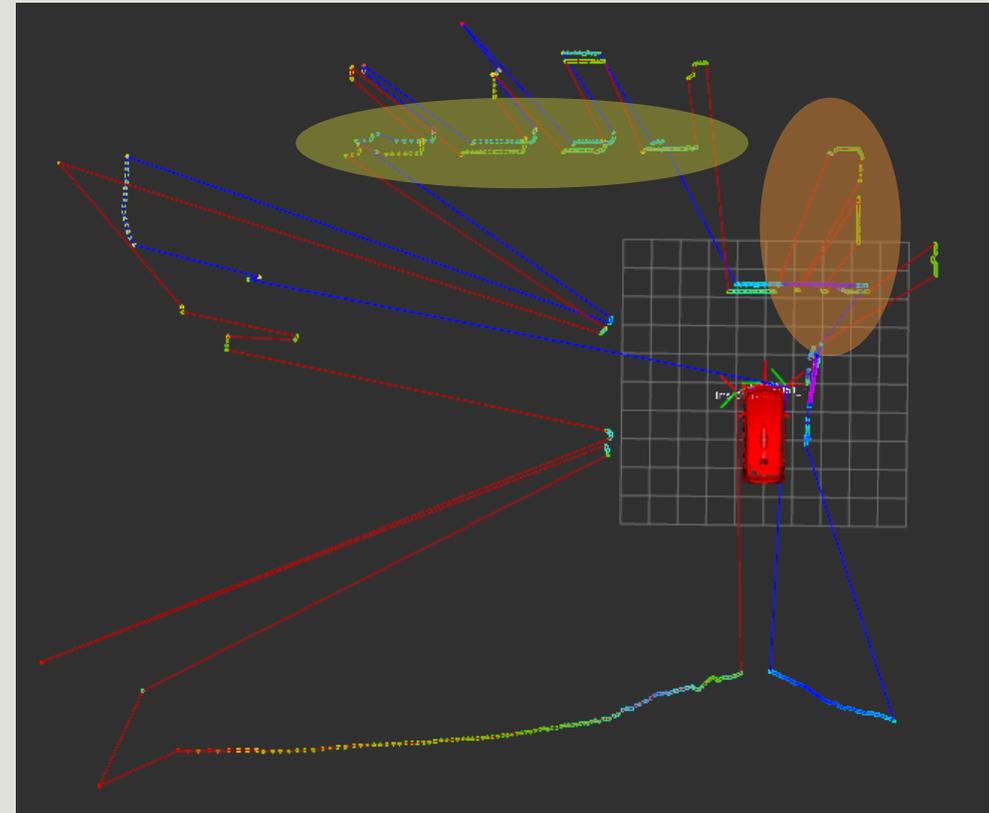
## Calibração dos sensores LIDAR



# Deteção do espaço livre

## Fusão de Dados

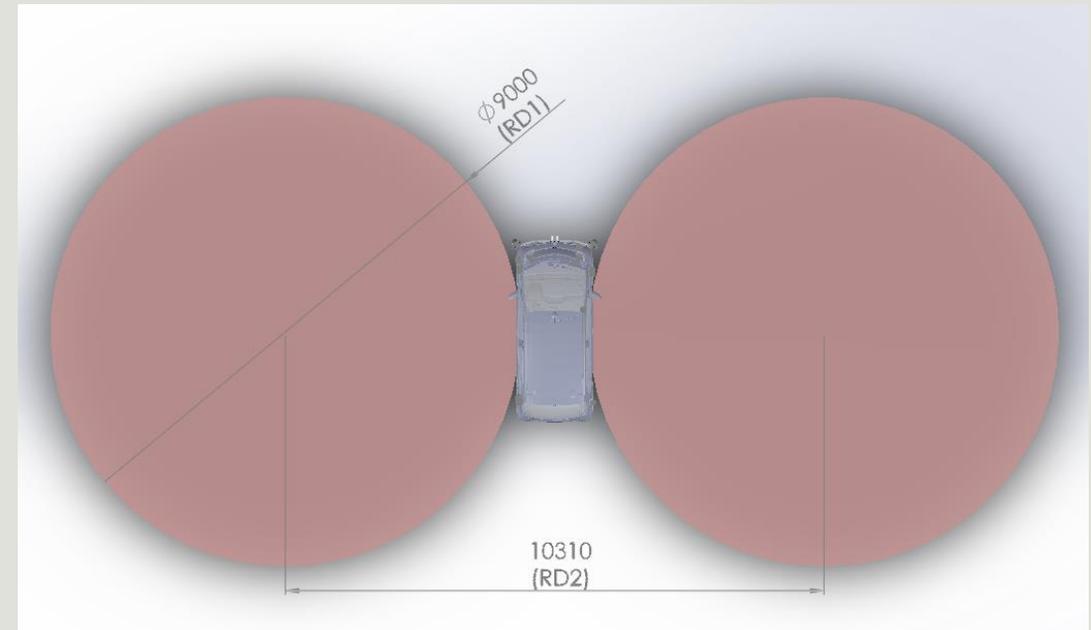
- Os pontos são convertidos em coordenadas esféricas, ordenados e filtrados pelo seu ângulo de azimute;
- Pontos com menos de  $0.5^\circ$  de diferença para o ponto vizinho, apenas o ponto com menor raio é mantido, o outro é descartado;
- Permite eliminar erros de calibração (área verde)
- Permite eliminar objetos atrás de outros obstáculos mais próximos (área laranja).



# Deteção do espaço livre

## Deteção do espaço livre

- Duas representações para o espaço livre foram desenvolvidas:
  - Usando polígonos de espaço livre/ocupado;
  - Usando grelhas de ocupação;
- Nesta representação é também tido em conta a zona que o veículo não consegue atingir devido a limitações da direção Akerman;



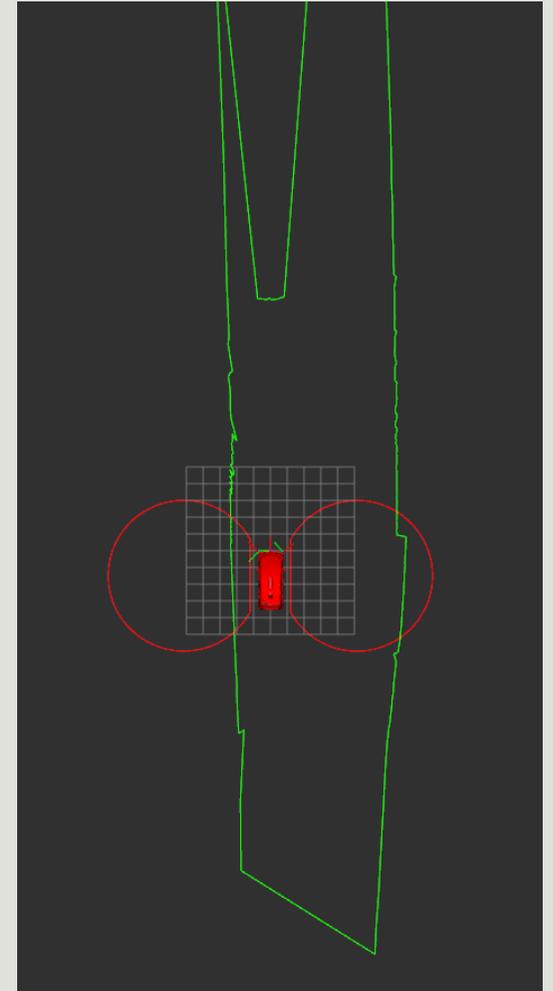
Representação das áreas que o veículo não consegue atingir devido aos limites da direção

# Deteção do espaço livre

---

## Deteção do espaço livre

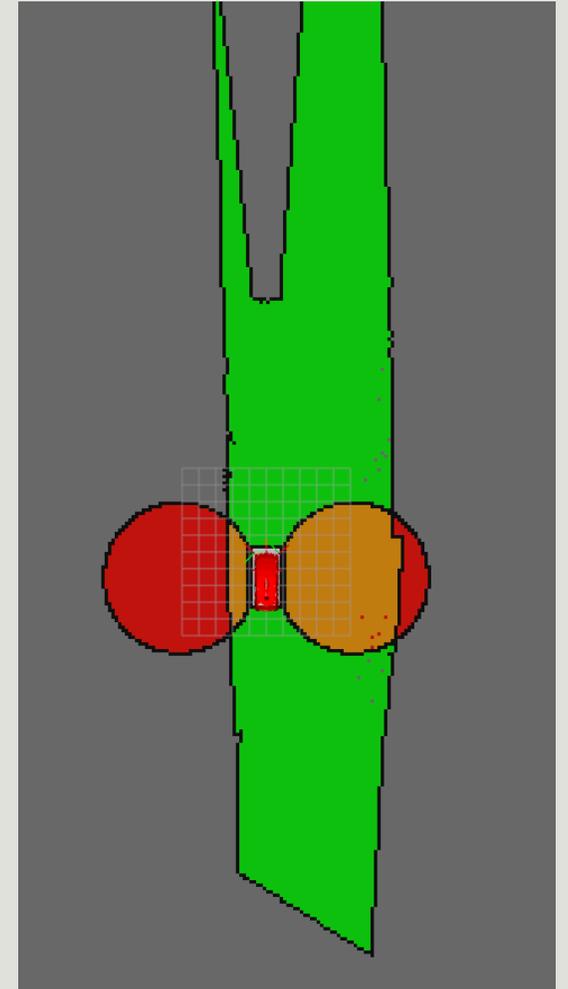
- Os polígonos de espaço livre consistem num conjunto de pontos ordenados ligados por linhas;
- Para o caso das linhas verdes a área representa interna representa o espaço livre;
- No caso das linhas vermelhas a área interna representa espaço ocupado, ou inatingível;
- Esta representação é de rápido processamento,
- Não é muito intuitiva nem permite uma fácil implementação de algoritmos de planeamento de trajetória.



# Deteção do espaço livre

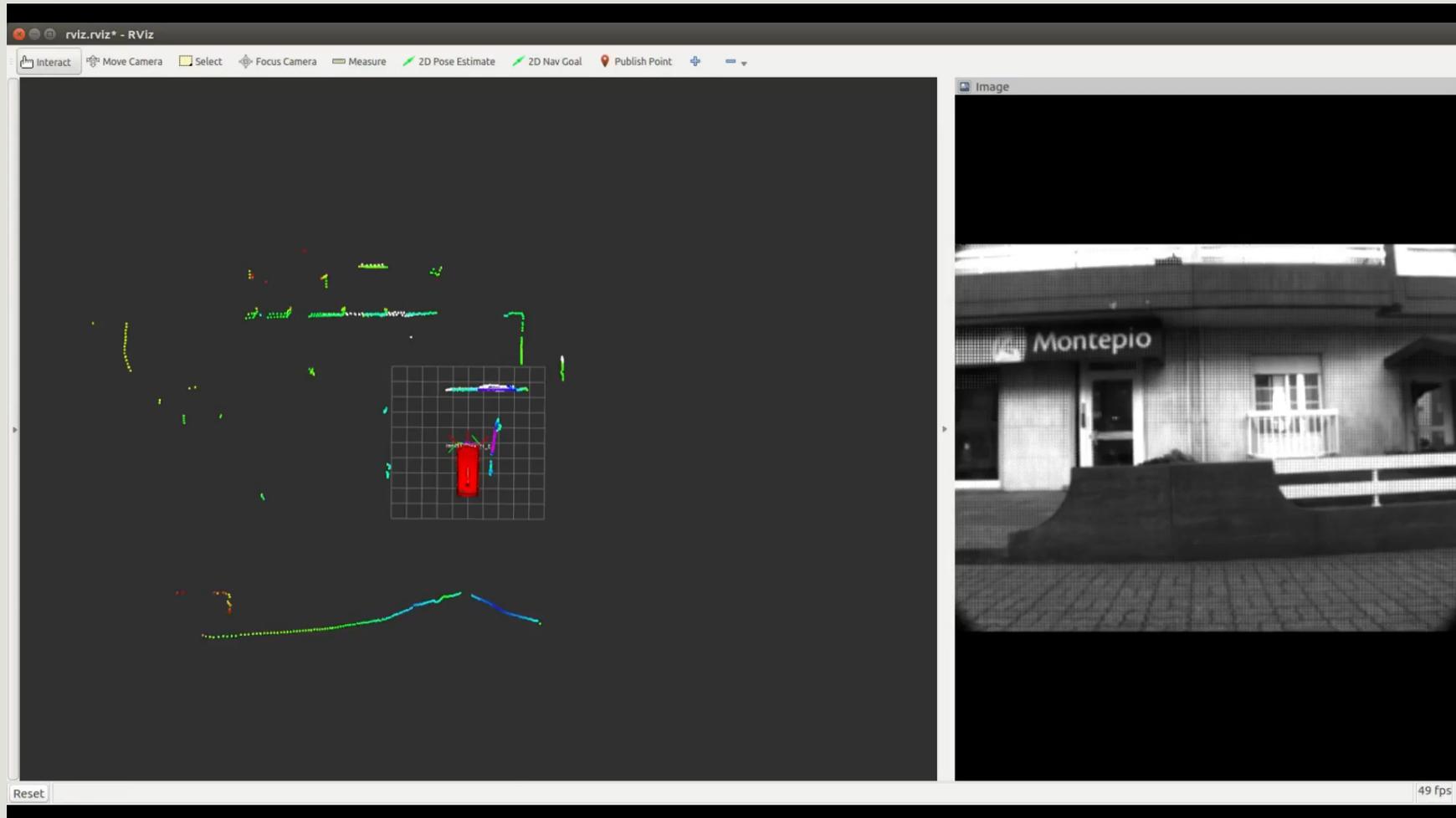
## Deteção do espaço livre

- As grelhas de ocupação dividem o espaço numa grelha de determinada resolução;
- A cada célula ocupada é atribuída a cor preto;
- Para cada célula ao longo da linha entre o centro da grelha e a célula ocupada é atribuída a cor verde;
- Para as células dentro da zona que o veiculo não consegue atingir é atribuído a cor vermelho se não existir informação à cerca da existência de obstáculos e a cor laranja se a área estiver livre de obstáculos.



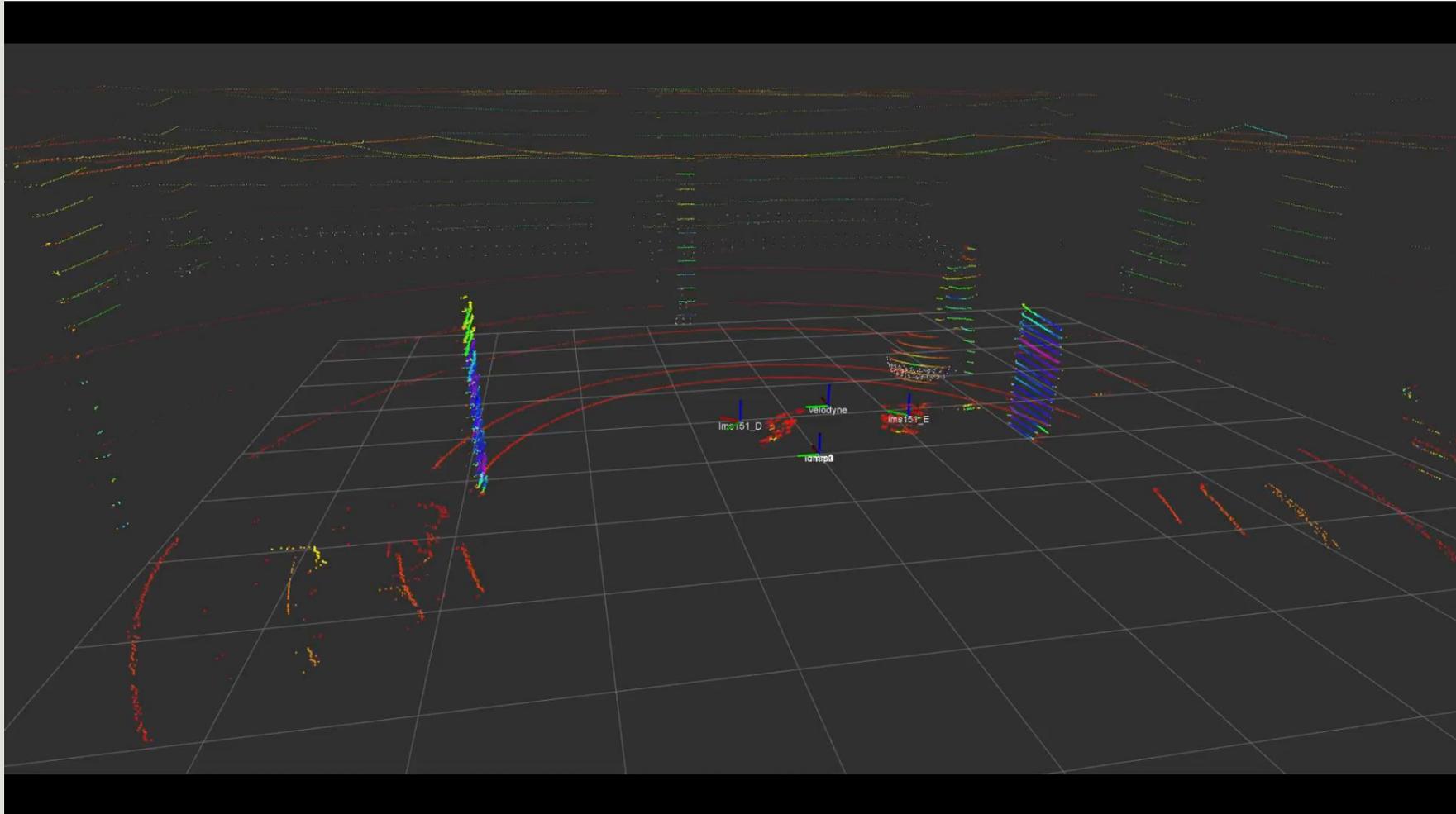
# Resultados

## Instalação do Hardware & Calibração



# Resultados

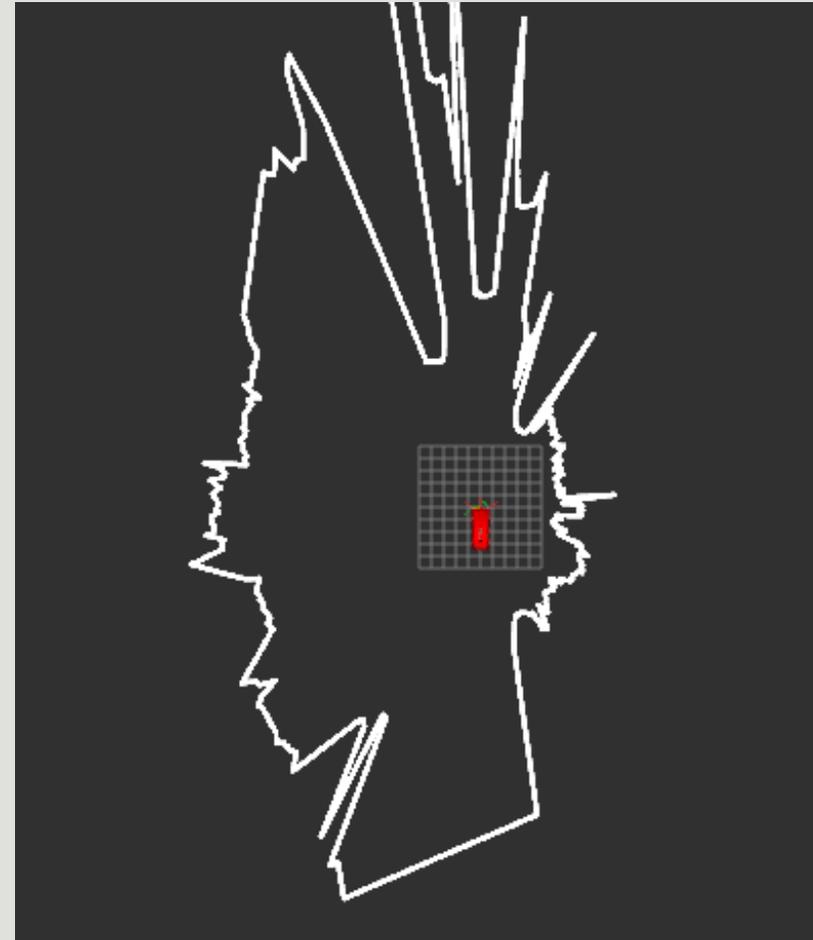
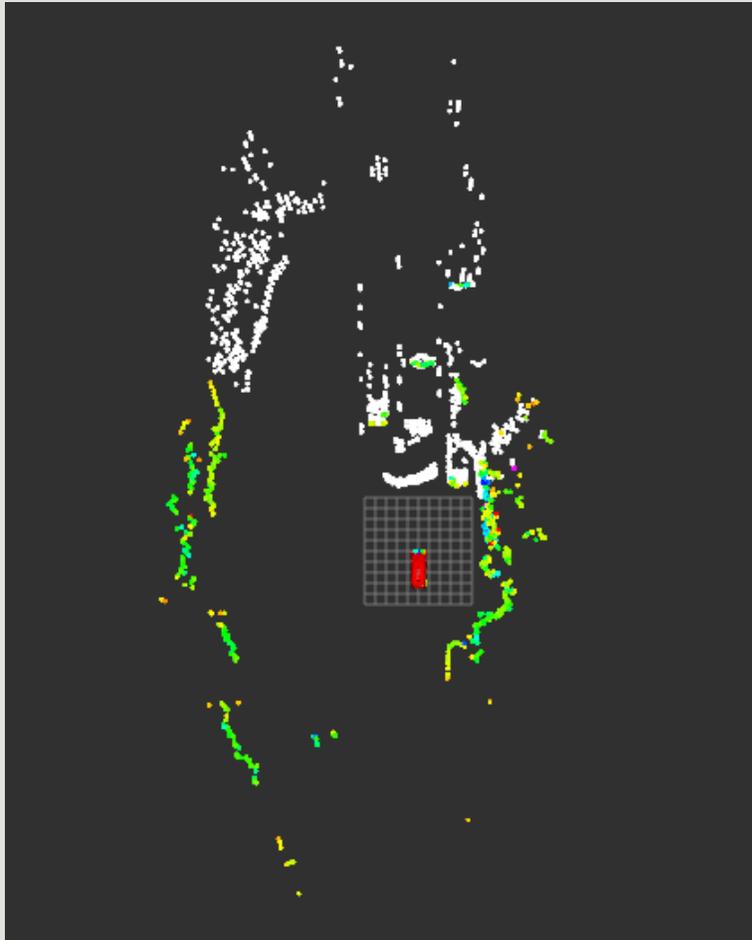
## Adição do VLP-16 ao pacote de calibração



# Resultados

---

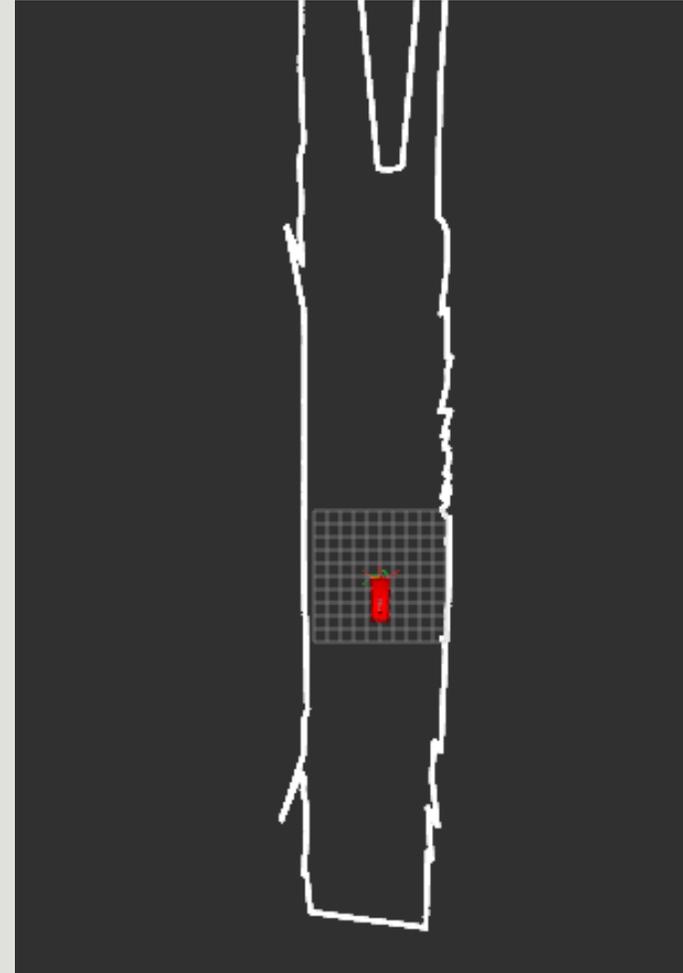
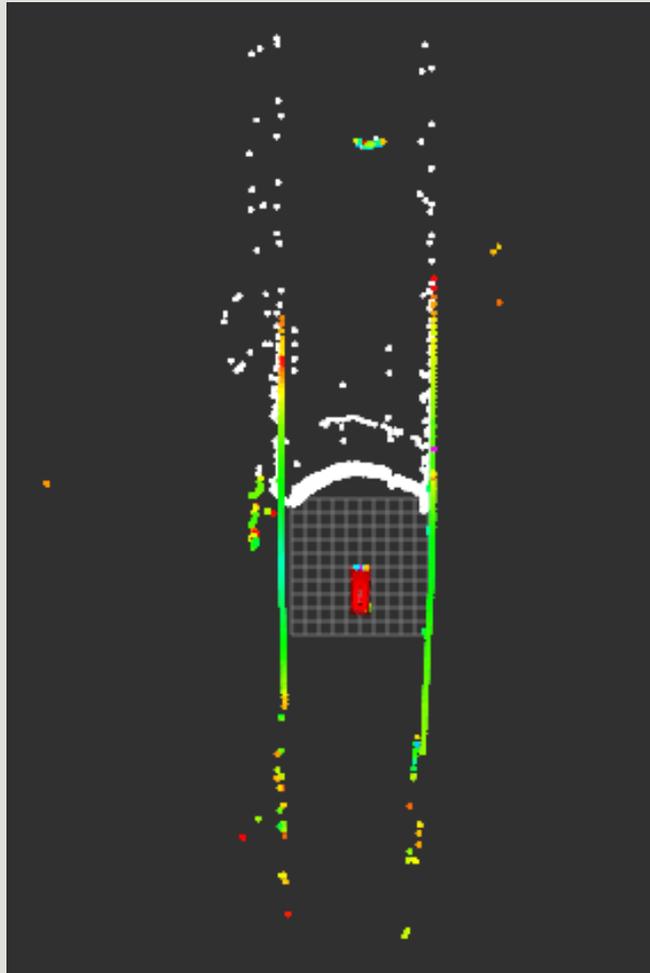
## Fusão dos dados



# Resultados

---

## Fusão dos dados



# Resultados

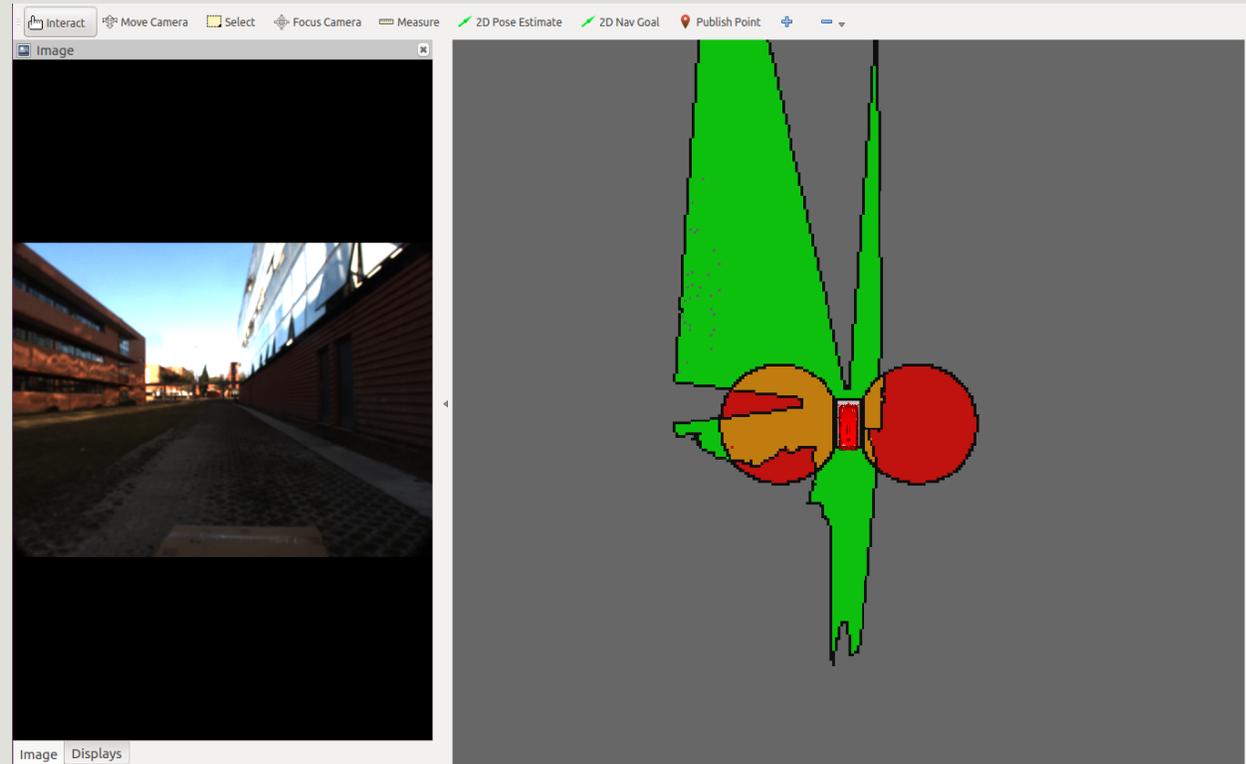
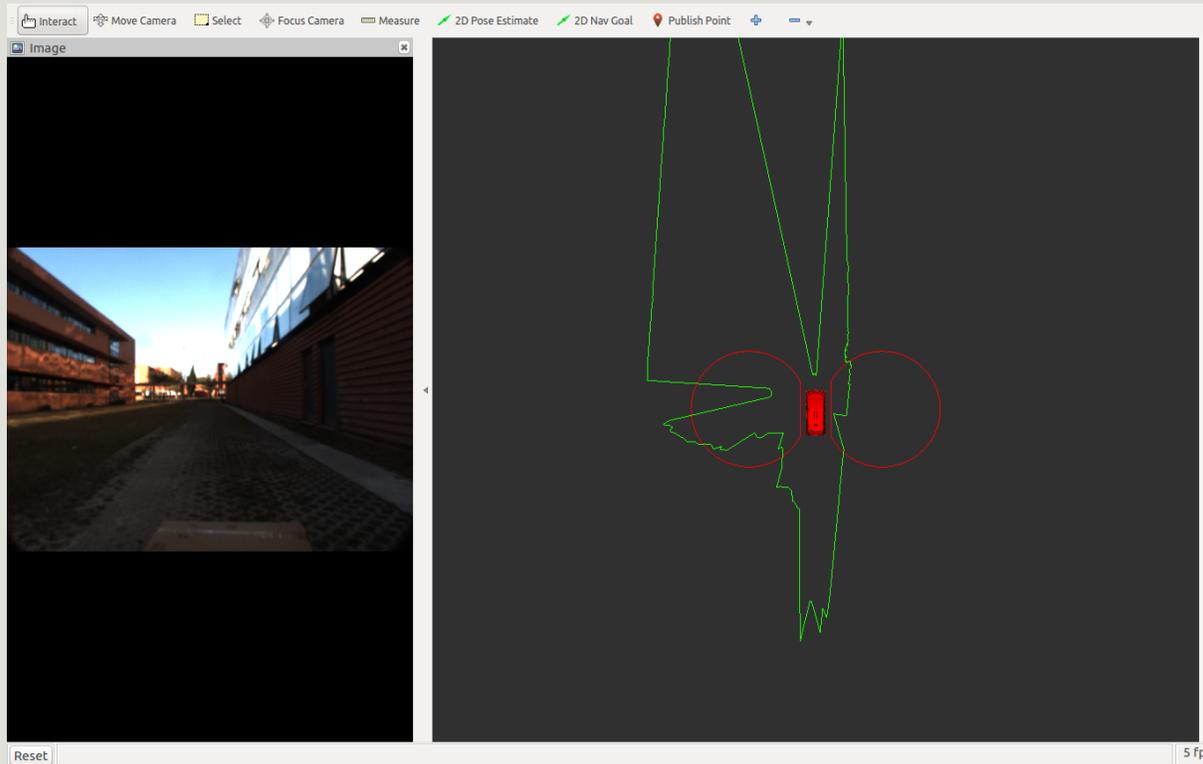
---

## Representação do espaço livre



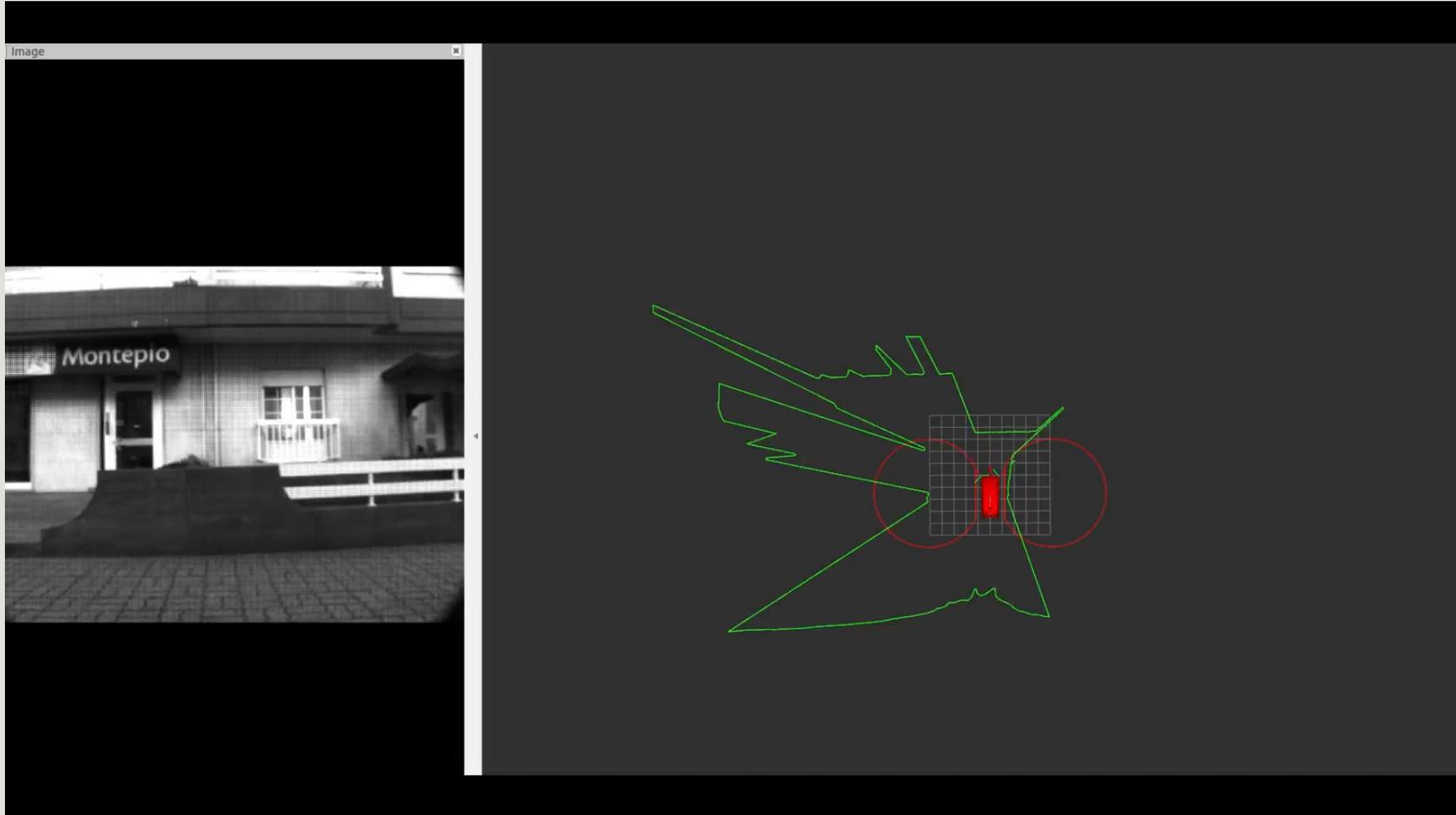
# Resultados

## Representação do espaço livre



# Resultados

## Representação do espaço livre



# Conclusões e Trabalho Futuro

---

## Conclusões

- Os sensores foram instalados com sucesso no ATLASCAR2;
- A calibração dos sensores LIDAR foi bem sucedida, no entanto não foi possível calibrar a camera;
- Foi introduzido um novo sensor no pacote de calibração e a sua calibração também foi realizada com sucesso;
- Os dados dos sensores LIDAR foram fundidos com sucesso e foi conseguida um point cloud com propriedades aquedadas para determinar o espaço livre em torno do veiculo, em 2D;
- Por fim foram criados dois tipos de representação do espaço livre, cada uma delas com as suas vantagens.

# Conclusões e Trabalho Futuro

---

## Trabalho Futuro

- Alimentação de todo o hardware do carro através das baterias de tração do ATLASCAR 2;
- Aceder à informação do veículo sobre: velocidade, odometria, posição do volante, etc;
- Desenvolver um algoritmo para o planeamento de trajetória com base no espaço livre;
- Instalação de um ecrã touch no tablier para interação e visualização de dados;
- Melhorar o algoritmo de deteção da bola na imagem da camera, do pacote de calibração;
- Melhorar o algoritmo de remoção dos ponto de chão nos dois scans inferiores do Sick LD-MRS.

universidade de aveiro



theoria poiesis praxis

# Obrigado

---

Unidade de Perceção Visual e de Profundidade Para o Atlascar2

Diogo Correia

---