

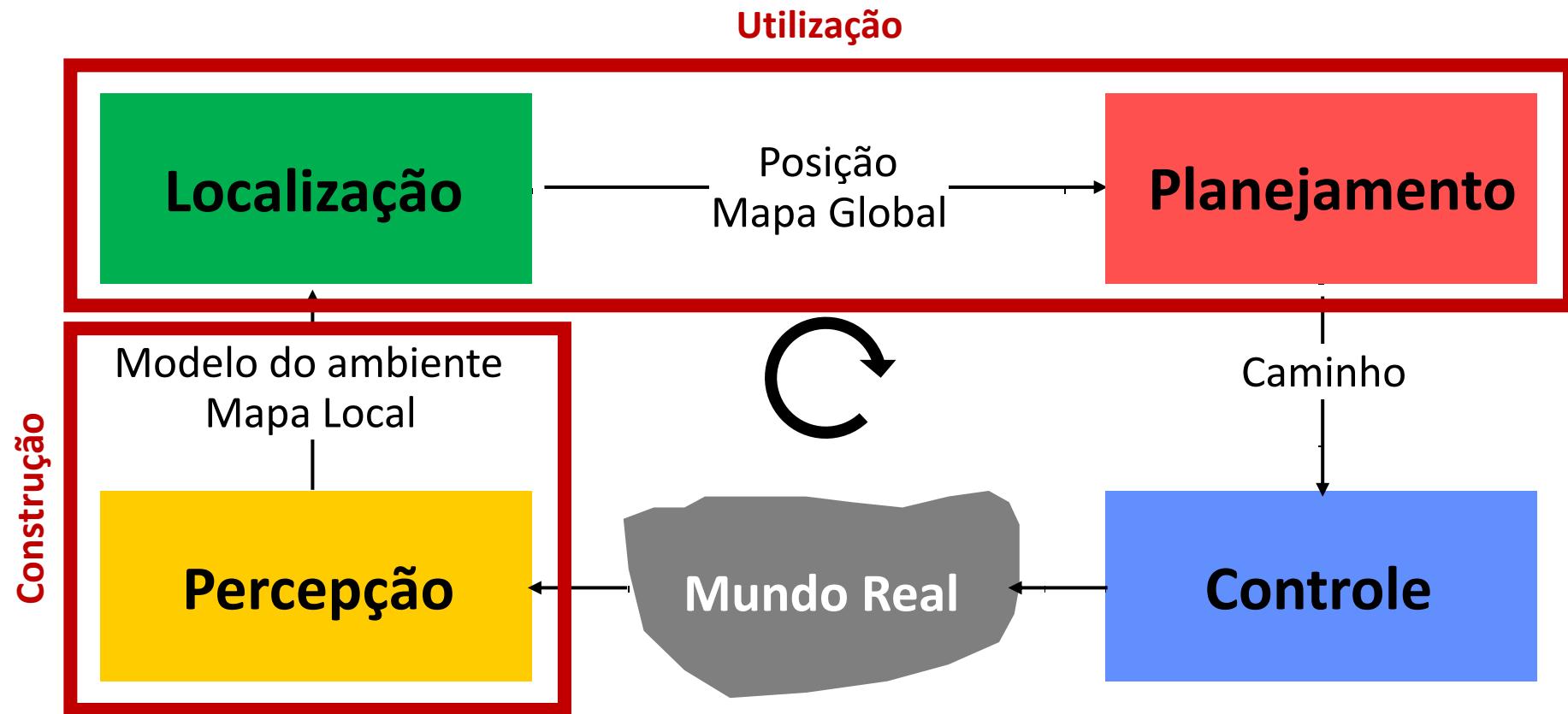
# Robótica Móvel

## Mapeamento – Introdução

---

Prof. Douglas G. Macharet  
[douglas.macharet@dcc.ufmg.br](mailto:douglas.macharet@dcc.ufmg.br)

# Introdução



# Introdução

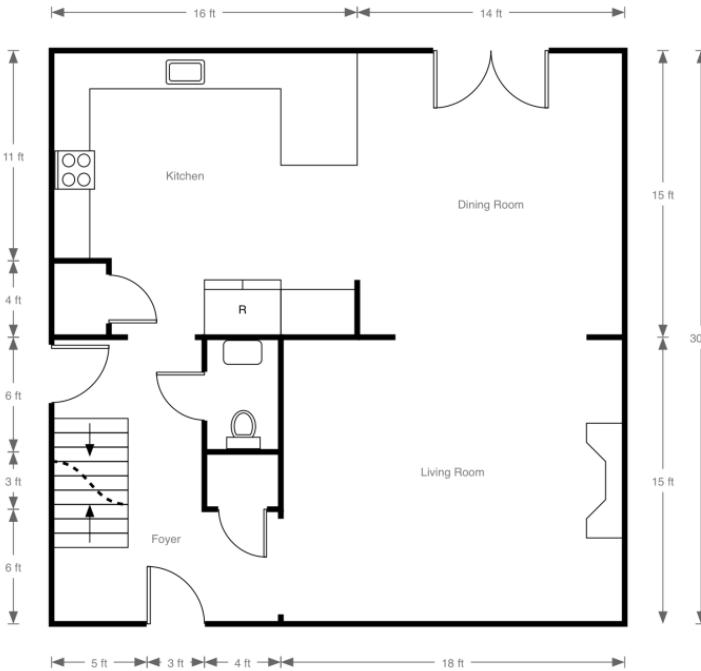
- **Mapa**
  - Representação espacial do ambiente
  - Construído utilizando-se diferentes sensores
    - Consequentemente, diferentes tipos de informação
- **Mapeamento**
  - Processo/tarefa de construir uma representação (mapa) do mundo a partir das informações coletadas pelos sensores

# Introdução

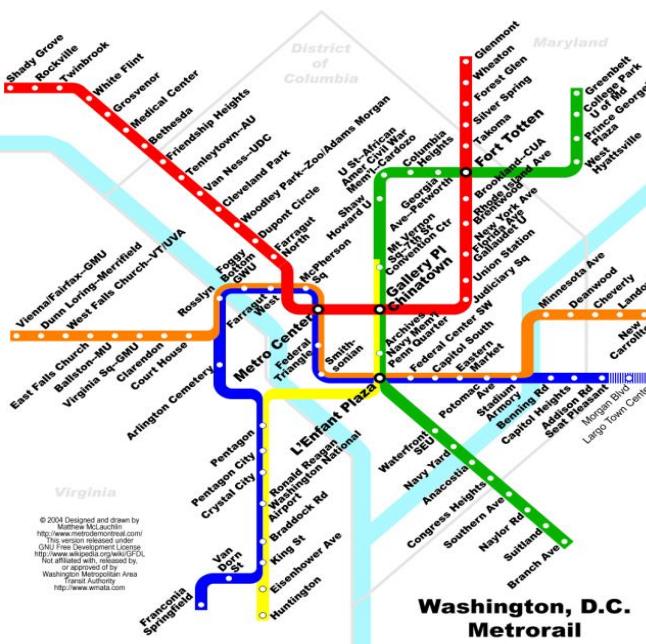
- Por que construir utilizar um mapa?
  - Tomada de decisões / Desvio de obstáculos
  - Localização
- Como representar o ambiente?
  - Quais tipos de representações existem?

# Introdução

## Representação



Contínuos/Métricos



Discretos (Métricos)



Topológicos/Semânticos

# Introdução

## Representação

- Características importantes
  - A precisão deve ser adequada para a tarefa
  - Complexidade x Custo computacional
- Deve possuir apenas informações essenciais
  - Quanto mais compacto mais eficiente
  - Tipo de informação irá depender da tarefa

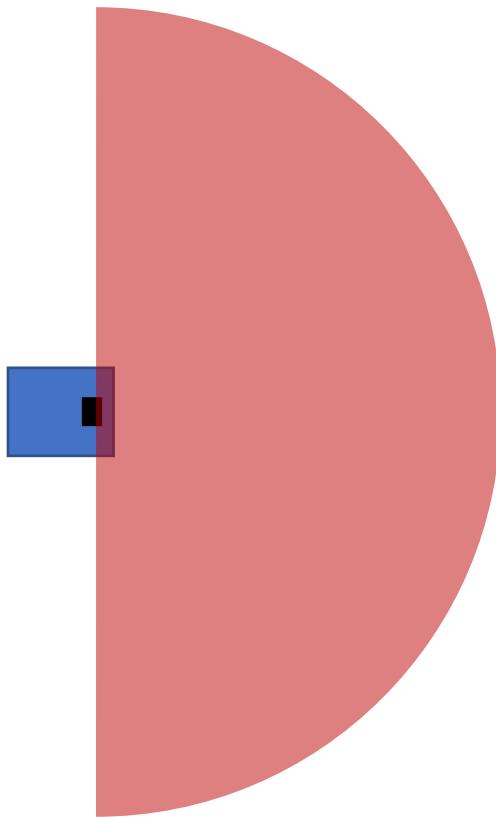
# Introdução

## Tipos de informação

- Dados direto do sensor (*raw data*)
  - Grande volume de dados, pouca distinção
  - Ex: O ponto no espaço medido pelo sensor
- Características de baixo-nível
  - Médio volume de dados, deve ser extraída
  - Ex: Retas e outras formas geométricas
- Características de alto-nível
  - Pouco volume de dados, perda de informação
  - Ex: Carro, porta, placa, marco, ...

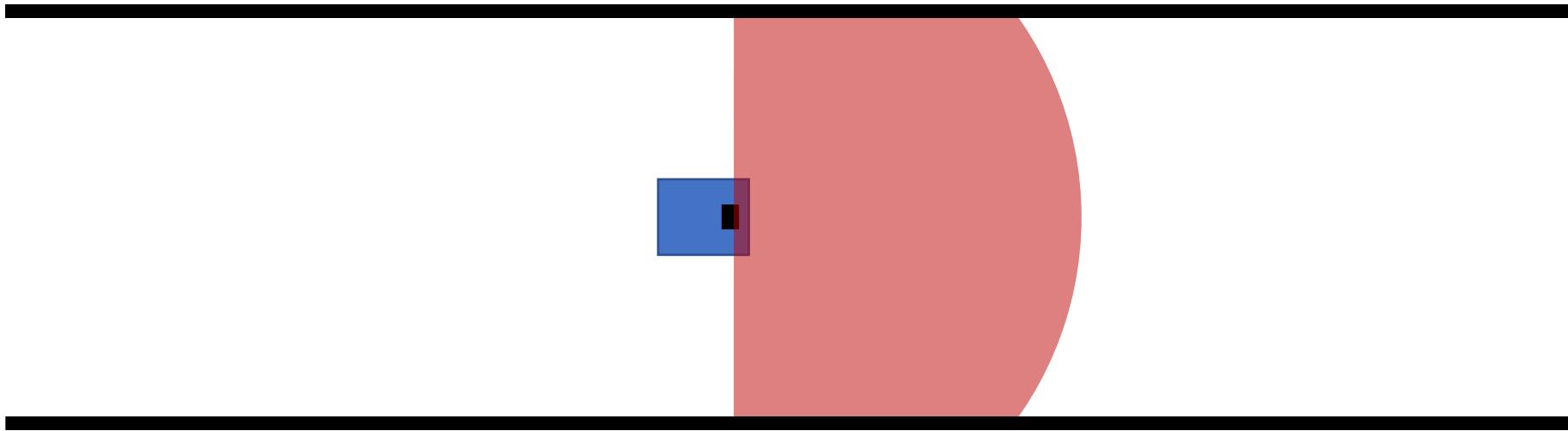
# Tipo de informação

## Laser (range sensors)



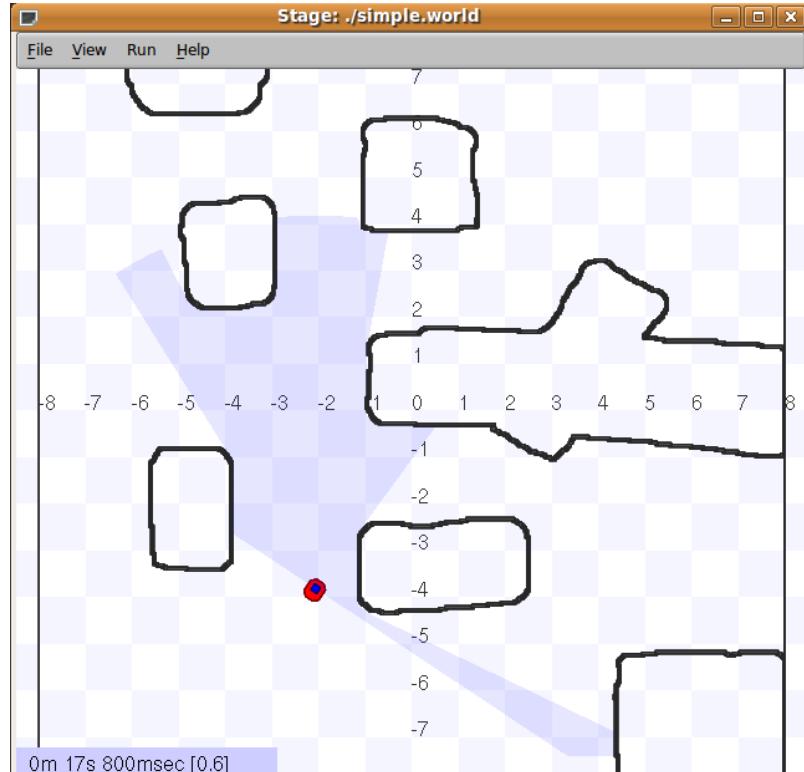
# Tipo de informação

## Laser (range sensors)

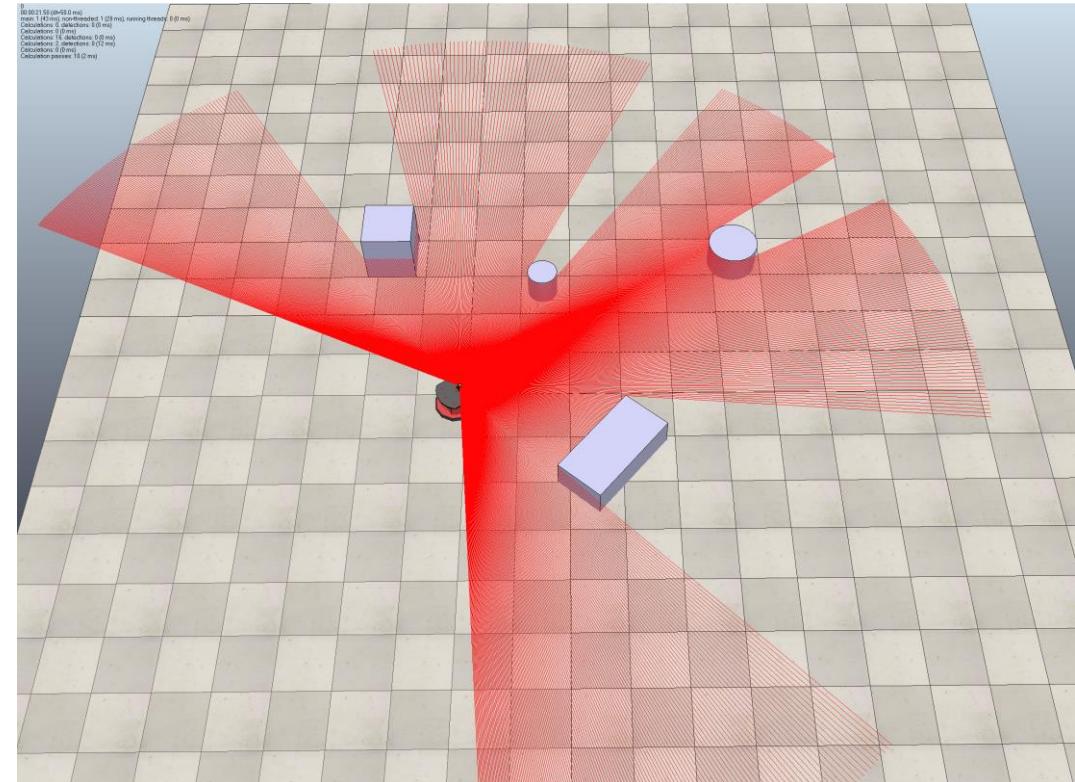


# Tipo de informação

## Laser (range sensors)



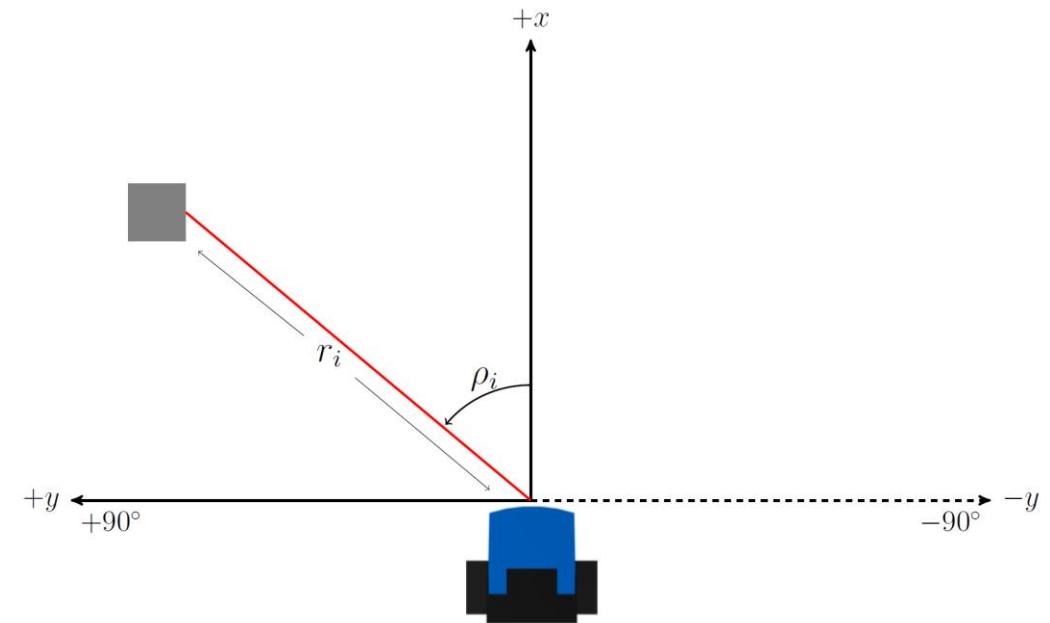
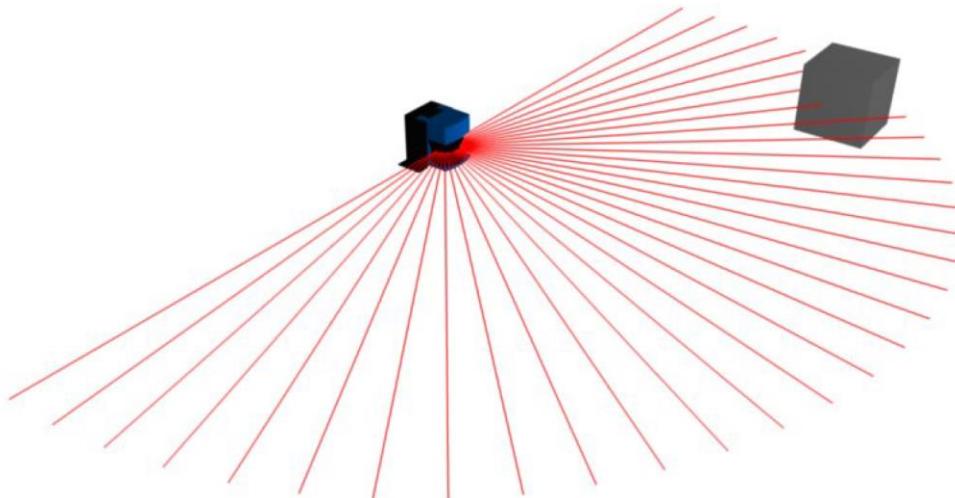
Stage



CoppeliaSim

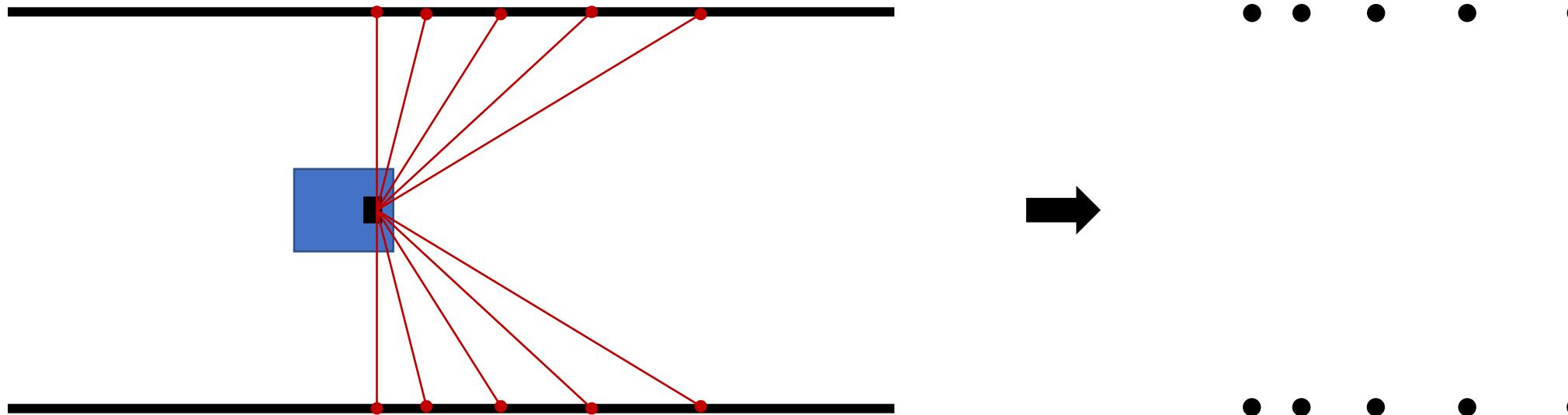
# Tipo de informação

## Laser (range sensors)



# Tipo de informação

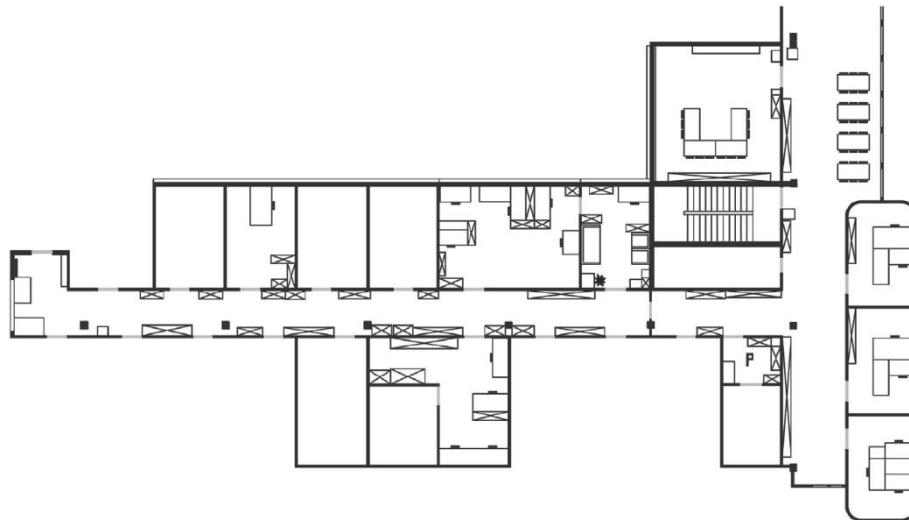
## Laser (range sensors)



# Mapa métrico

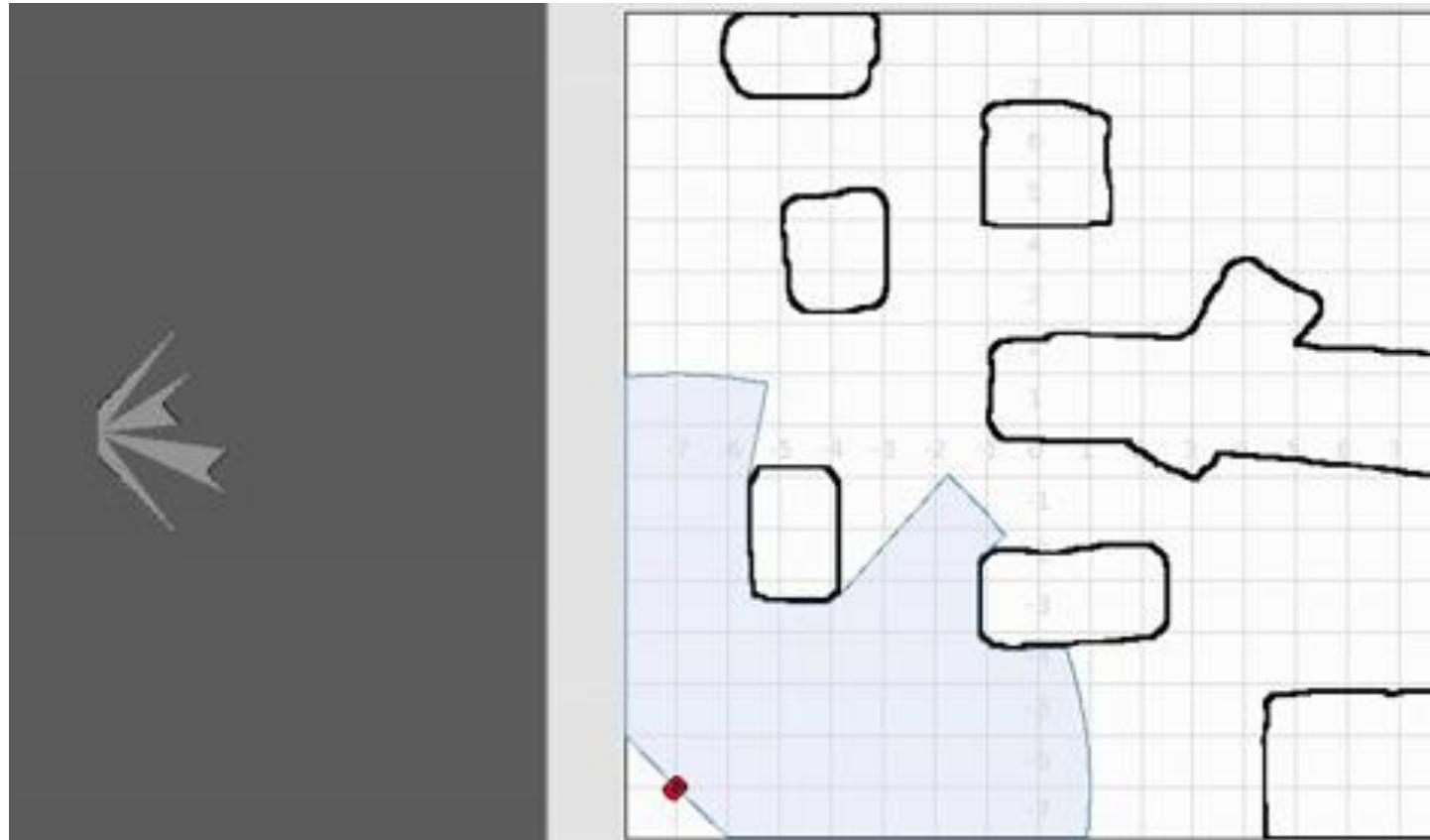
## Contínuo

- Representação “exata” do ambiente (*raw data*)
  - Representa todos os detalhes (alta precisão)



# Mapa métrico

## Contínuo



<https://youtu.be/zOj4s9TEmg8>

# Mapa métrico

## Contínuo



<https://youtu.be/XZFEHr3BrLw>

Autonomous Aerial Navigation  
in Confined Indoor Environments

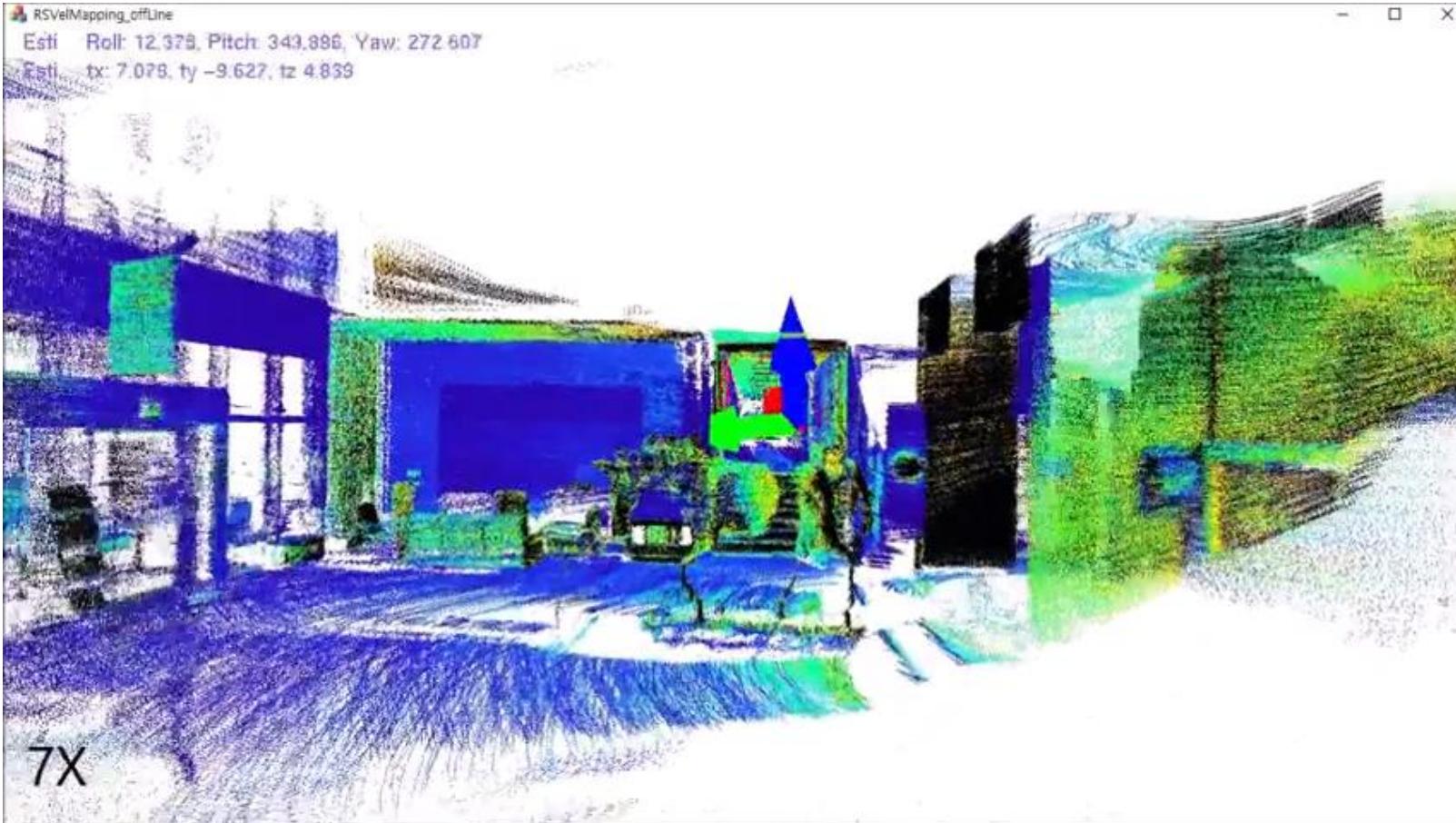
Shaojie Shen, Nathan Michael, Vijay Kumar



<https://youtu.be/lMSozUpFFkU>

# Mapa métrico

## Contínuo

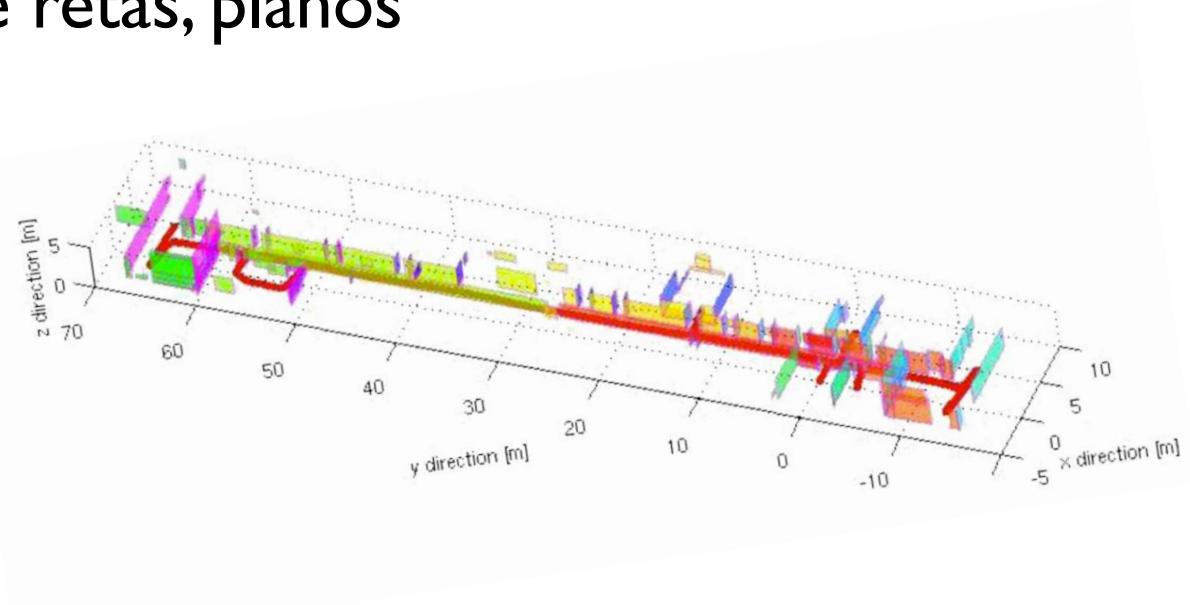
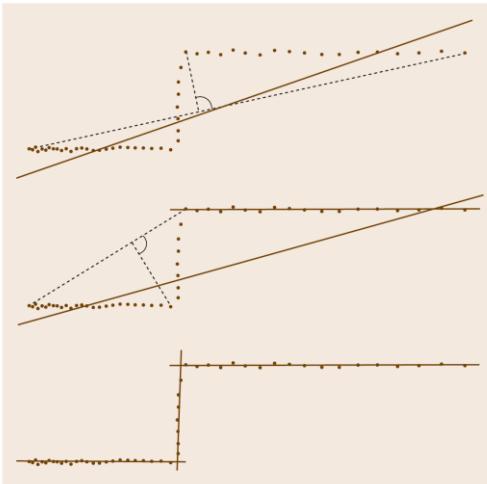


<https://youtu.be/k8h87JVI6lc>

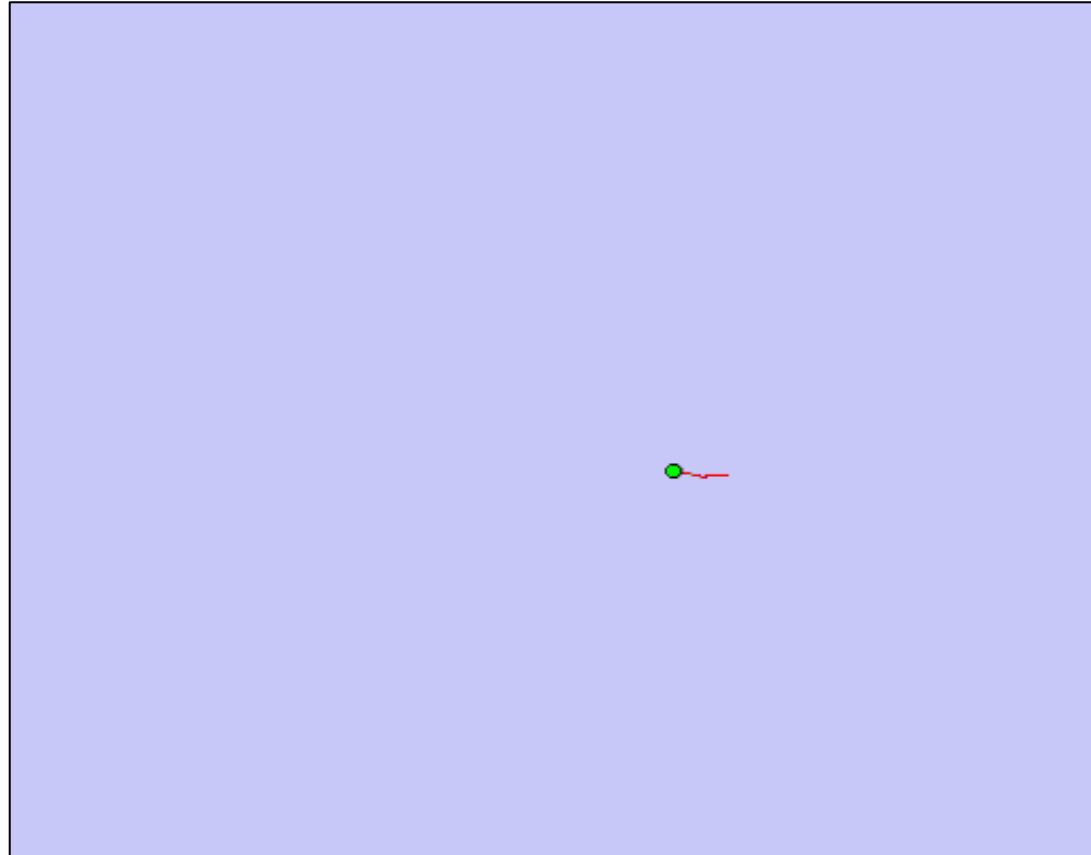
# Mapa métrico

## Contínuo

- Grande volume de dados
  - Será que precisamos de toda essa informação?
  - Extrair certas características (geométricas, alto-nível)
    - Paredes → Segmentos de retas, planos



# Mapa métrico Contínuo



Fonte: <http://robots.stanford.edu/movies/haehnel-RawOdometry-anim.avi>

# Mapa métrico

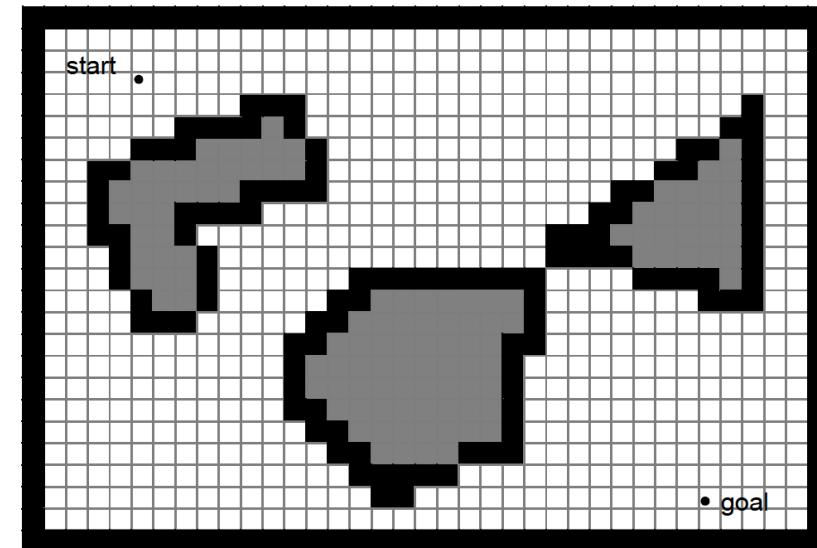
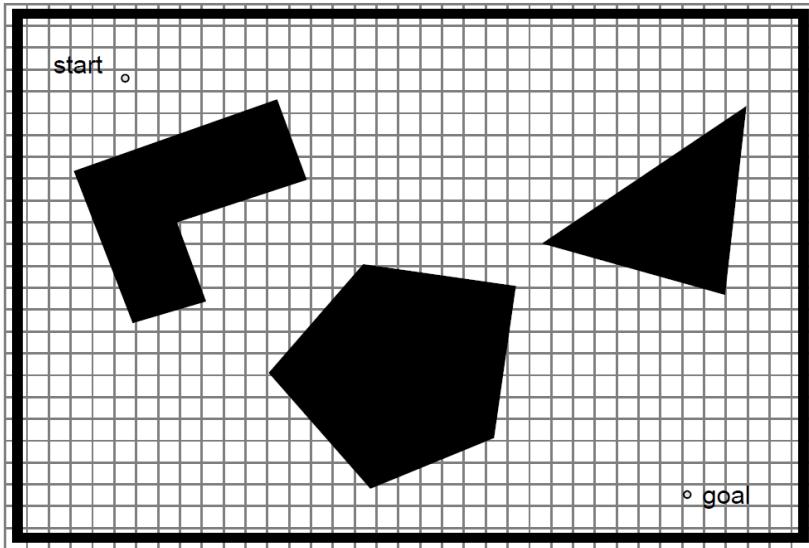
## Decomposição em células

- Representação em forma de *grid*
  - Tamanhos fixos (iguais)
  - Tamanhos variáveis
- Vantagem
  - Mais fácil/eficiente de manipular
- Desvantagem
  - Perda de informação

# Mapa métrico

## Decomposição em células

- Células de tamanho fixo
  - Passagens estreitas desaparecem

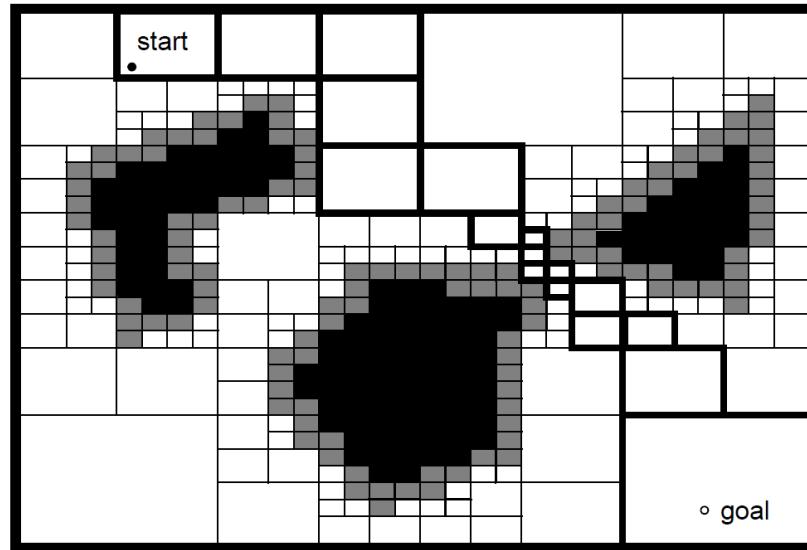


Fonte: *Introduction to Autonomous Mobile Robots*

# Mapa métrico

## Decomposição em células

- Células de tamanho variável
  - Aumentam a complexidade de implementação

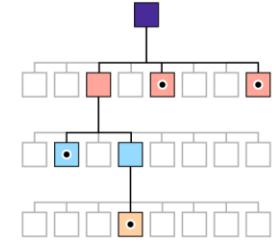
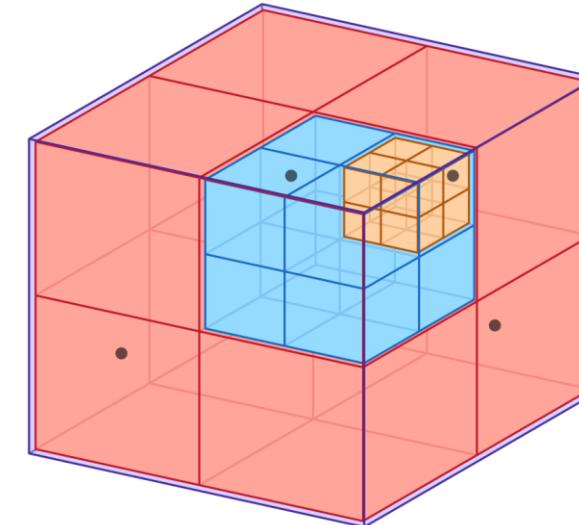
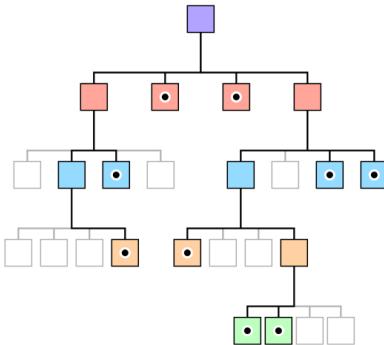
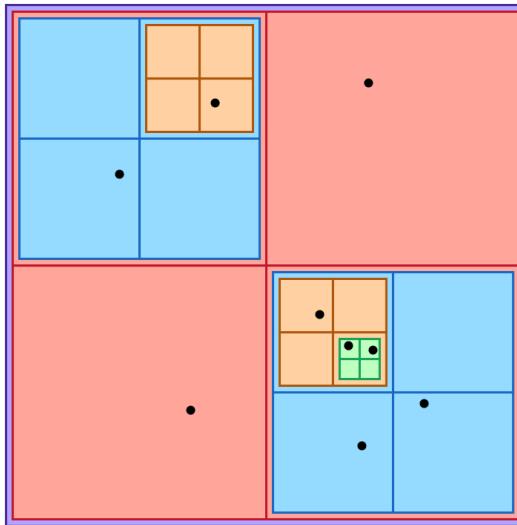


Fonte: *Introduction to Autonomous Mobile Robots*

# Mapa métrico

## Decomposição em células

- Quadtree / Octree
  - Resolução variável



Fonte: <https://developer.apple.com/documentation/gameplaykit/gkquadtree>

Fonte: <https://developer.apple.com/documentation/gameplaykit/gkoctree>

# Mapa métrico

## Decomposição em células



<https://youtu.be/yp0f8-AKvDU>

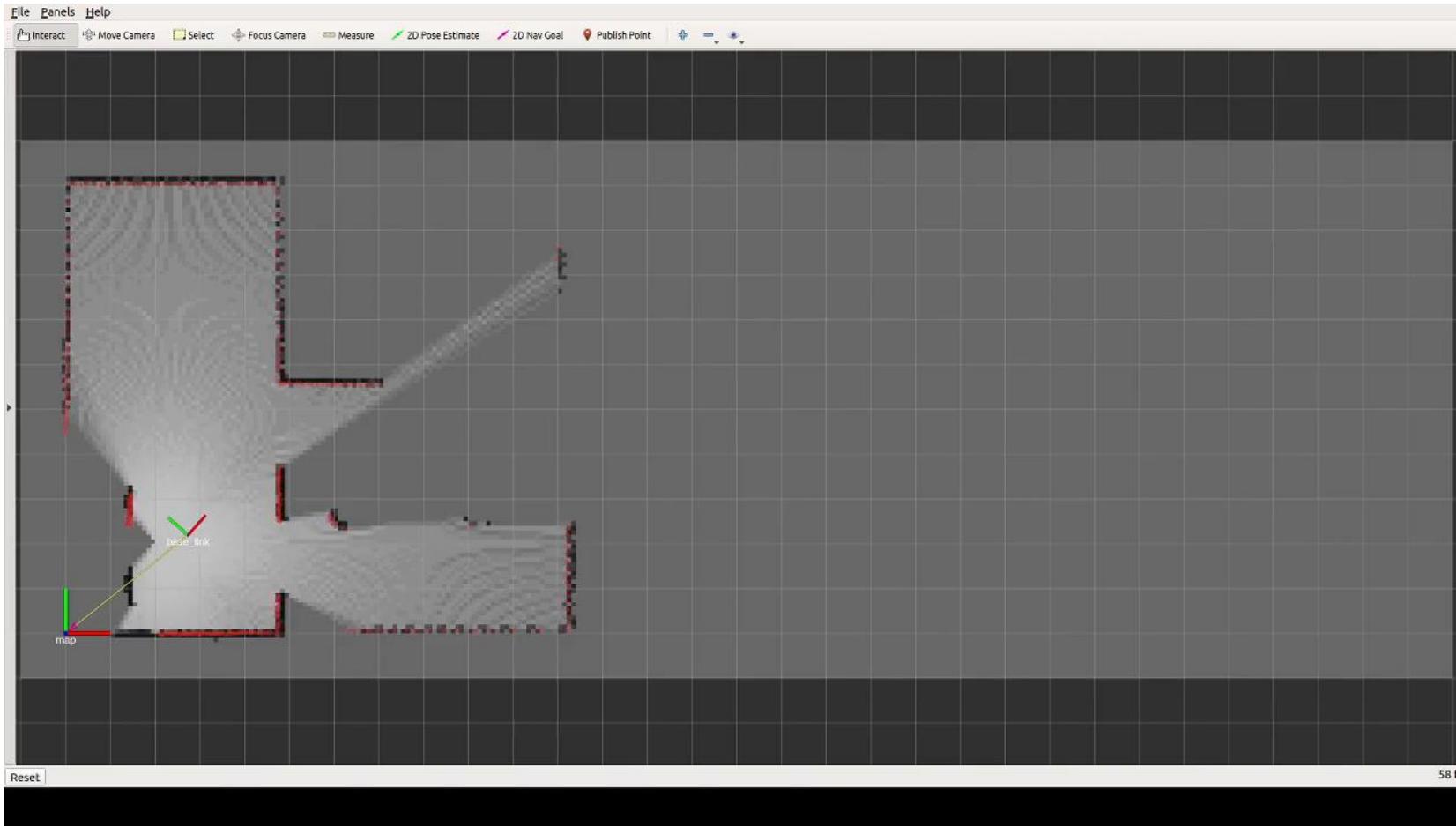
# Mapa métrico

## Decomposição em células

- Problemas
  - Valor binário de ocupação
  - Sensores possuem ruído e incertezas na leitura, um pequeno erro na leitura pode marcar uma célula como ocupada
- Como tratar (minimizar) esses problemas?
  - Incerteza → Probabilidade
  - Mapa probabilístico

# Mapa métrico

## Grade de ocupação

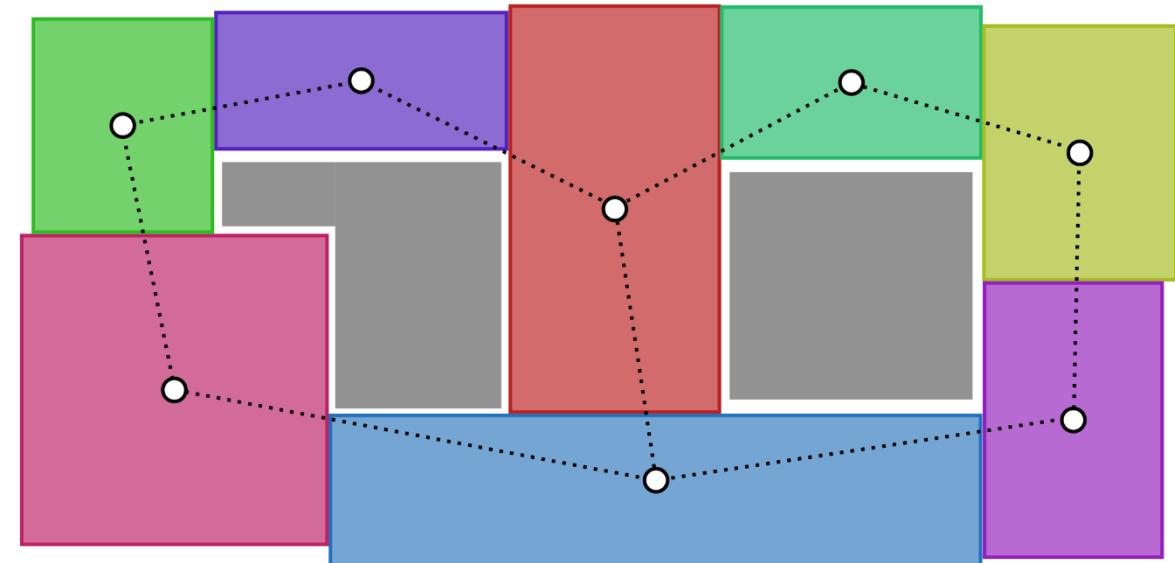
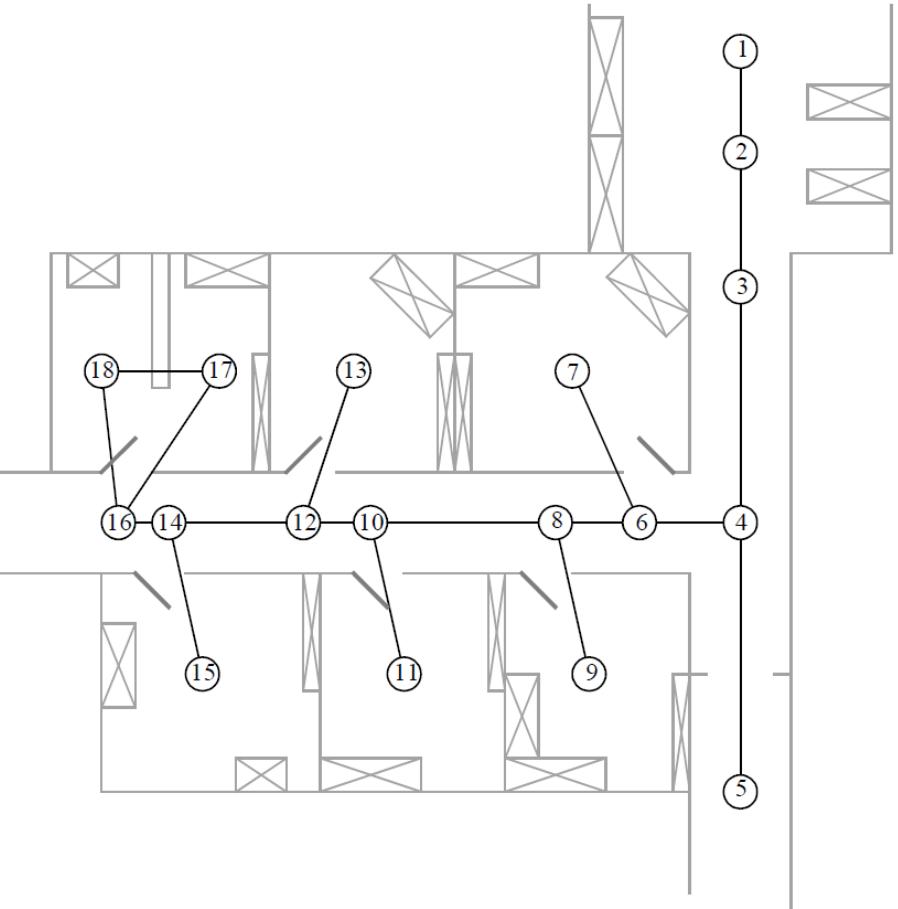


<https://youtu.be/ykOTfrS5pO4>

# Mapa topológico

- Representa o mundo como um grafo
  - Vértices: Correspondem a locais “importantes”
  - Arestas: Conexão física entre os locais
- Navegação
  - Capaz de localizar-se nos vértices
  - Saber transitar entre os vértices

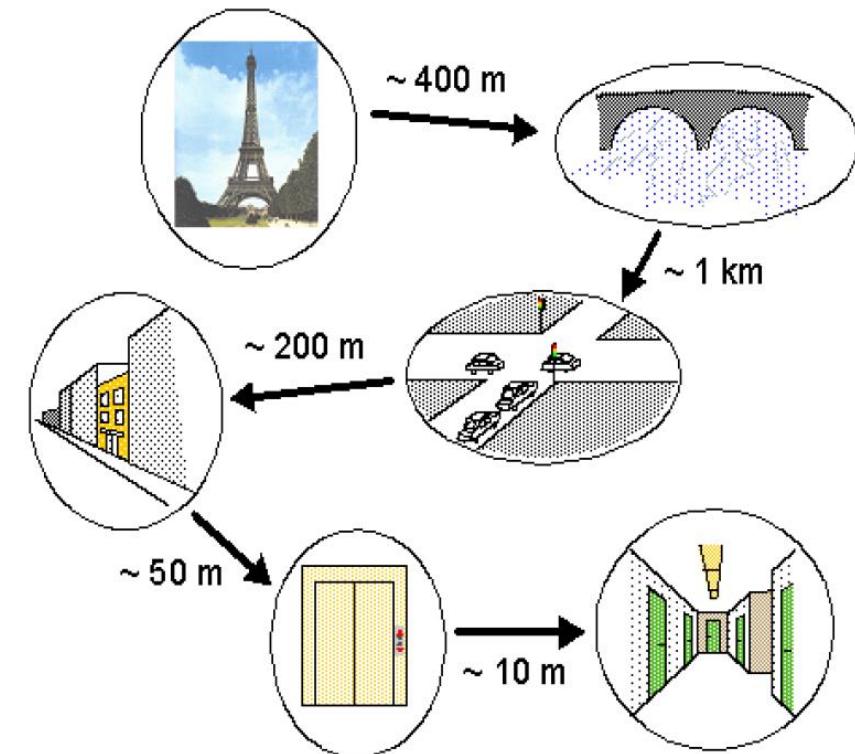
# Mapa topológico



Fonte: *Introduction to Autonomous Mobile Robots*

# Mapa topológico

- Abordagem híbrida
  - Decomposição topológica
  - Informação métrica



# Mapa topológico

Hybrid Metric-Topological Mapping:  
Experimental results for the MLAGA data set

J.L. Blanco, J.A. Fernández-Madrigal, J. Gonzalez  
Dpt. of System Engineering and Automation  
University of Malaga © 2006  
<http://www.isa.uma.es>

<https://youtu.be/hk3NXb7Tyu0>

# Mapa topológico

## Problemas

- Útil em planejamentos de alto nível
  - Melhor rota (Dijkstra,A\*)
  - Não possui informação de obstáculos
- Geralmente é feito por um humano
  - Como definir o que será útil para o robô?

# Mapeamento

## Problemas

- Mundo real é dinâmico
  - Objetos são trocados de lugar
  - Pessoas transitam pelo ambiente
- Percepção também é um desafio
  - Sensores são ruidosos
  - Extração de informação útil é difícil
  - Oclusões