

---

# **Redes neurais profundas e algoritmos hierárquicos de pathfinding para descoberta de caminhos em terrenos com altura e inclinação**

---

Apresentador: Juliano Leonardo Soares  
Orientador: Prof. Dr Luís A. L. Silva

# Índice

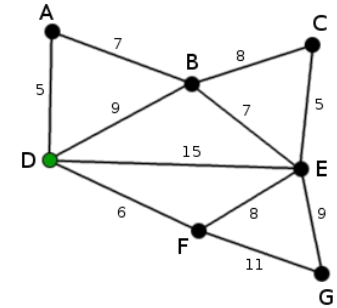
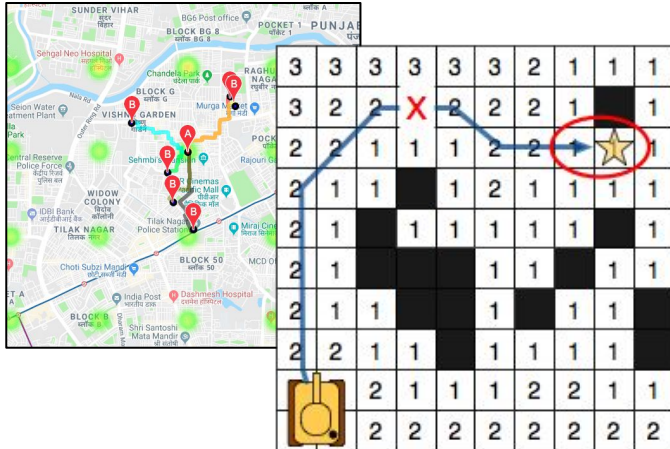
- Introdução aos algoritmos de busca de caminhos (pathfinding)
- Uso de DNN no aprendizado de funções heurísticas para melhor orientar o execução da pesquisa de caminhos
- Uso de algoritmos de busca de caminhos considerando inclinação e altura do terreno
- Objetivo do trabalho
- Metodologia
- Referências Bibliográficas

# Introdução

- Algoritmos de busca de caminhos: Algoritmos de pathfinding

Em problemas de busca em grafos, algoritmos de pathfinding buscam **encontrar uma rota mais curta entre dois pontos (nodos no grafo)**

Caminho que melhor **atende a critérios determinados:** tempo, distância, riscos, combustível, preço, etc.



O caminho mínimo entre D e E não é D-E, mas sim D-F-E, com uma distância de 14.

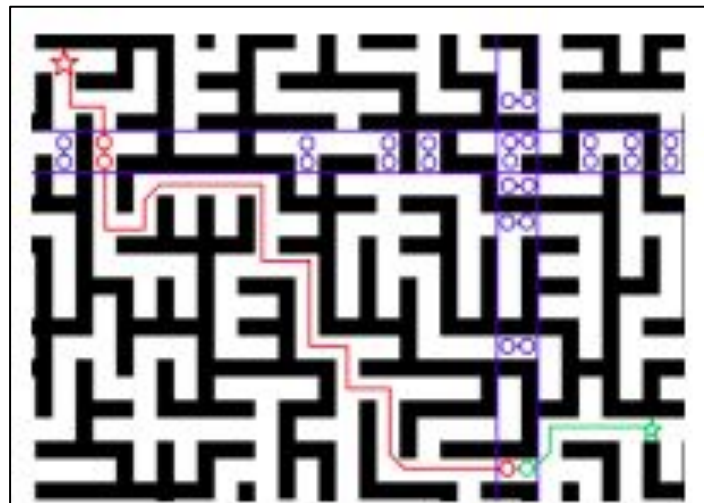
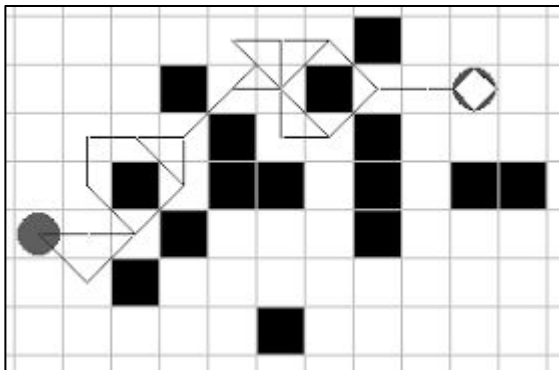
- Aplicações dos algoritmos de pathfinding

Jogos digitais, robótica, sistemas de simulação, sistemas multi-agentes, sistemas de recomendação de rotas, etc

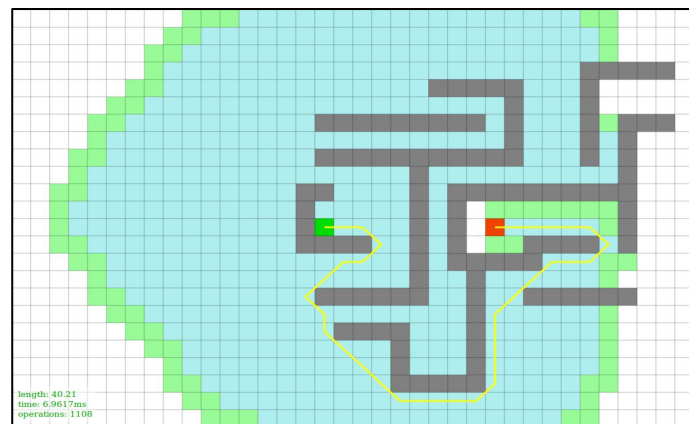
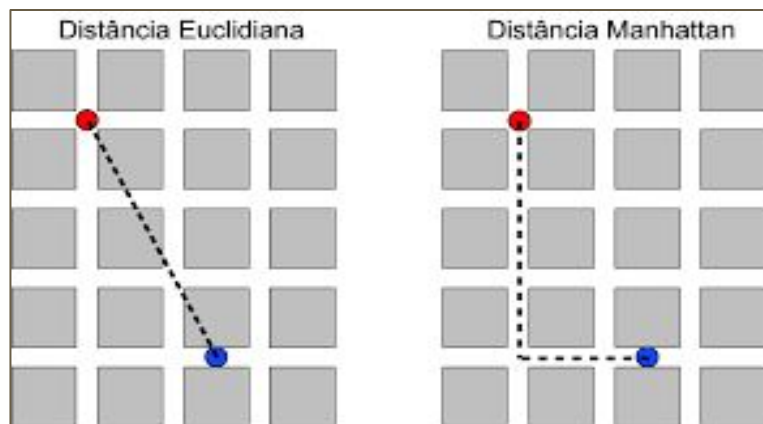
# Algoritmos de pathfinding

- **Algoritmo A\***: algoritmo de busca heurístico mais conhecido e explorado em muitas aplicações do mundo real (Russel et al. 2009)
- $f(n) = g(n) + h(n)$ 
  - ❖  $f(n)$  custo do nodo (n)
  - ❖  $g(n)$  custo do caminho até (n)
  - ❖  $h(n)$  estimativa heurística de custo de (n) até o nodo objetivo

- **Funções heurísticas são usadas para estimar a distância de uma posição atual do mapa até uma posição de destino**
- **A qualidade de tal estimativa está relacionada à forma como a função se aproxima da distância real até o destino, tendo **influência direta na escolha dos nodos do mapa virtual analisados durante o processo de busca de caminhos****

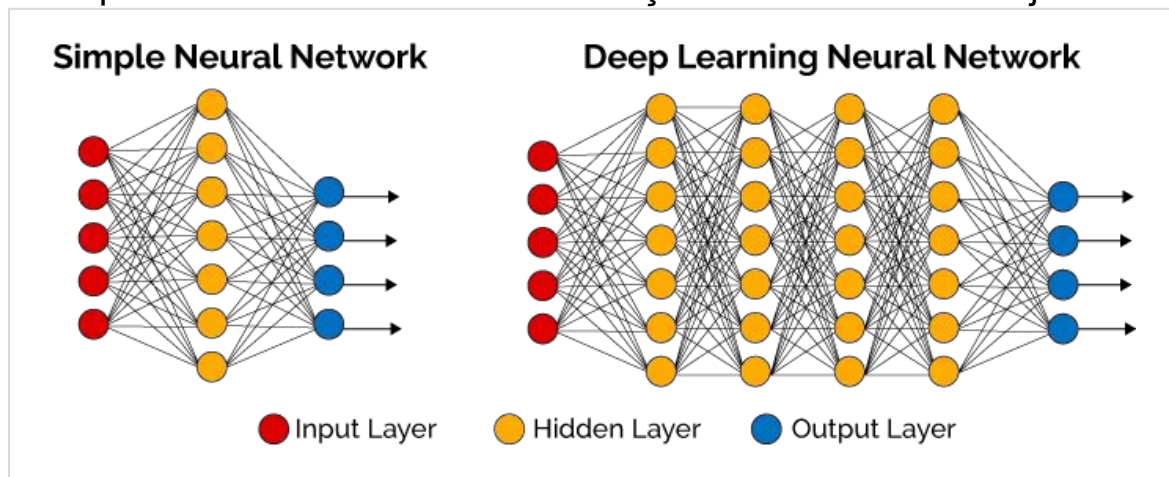


- **Funções heurísticas tradicionais  $h(n)$ :** a distância Euclidiana e as distâncias de Manhattan são as mais comumente exploradas
- Elas orientam bem a busca por caminhos em mapas de escala relativamente pequena
- Mapas normalmente usados em cenários virtuais de jogos digitais, que não apresentam muitos obstáculos ou tem que lidar com outras restrições de caminho
- **Redes neurais artificiais podem ser exploradas por algoritmos de pathfinding**



# Redes Neurais Profundas (DNN)

- **Aprendizado profundo** é uma classe de algoritmos de aprendizado de máquina que usa várias camadas de uma arquitetura de rede neural artificial (Goodfellow et al. 2016)
- Permite extrair progressivamente recursos de nível superior da entrada bruta da rede neural para níveis inferiores até a obtenção de uma saída desejada



# Uso de DNN no aprendizado de funções heurísticas para orientar o execução da busca de caminhos

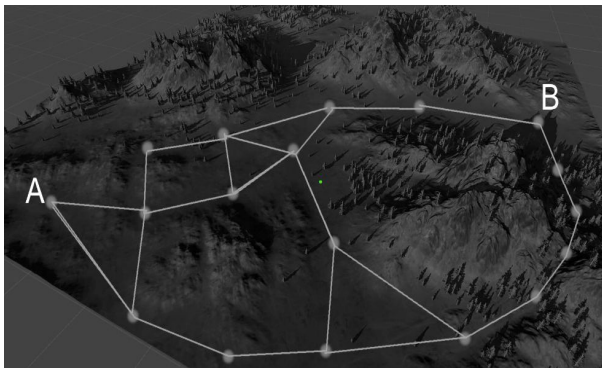
- O trabalho de **(Doebber et al. 2020)** aborda problemas de busca de caminhos onde **Redes Neurais Profundas (DNN)** são usadas pelos algoritmos de pathfinding
- O trabalho investiga o uso de DNN no aprendizado dessas funções heurísticas para melhor orientar a execução da busca de caminhos
- Propõe uma arquitetura de DNN e detalha como preparar as informações de caminho dos mapas virtuais sendo usados para treiná-la, de forma que a função heurística aprenda as características do mapa
- Mais importante, ele também detalha como explorar uma **nova abordagem de pathfinding hierárquica baseada no uso de DNN como funções heurísticas**



# Pathfinding Hierárquico



- Dividir mapas de grandes dimensões em diferentes clusters
- Representar clusters e bordas entre clusters em um **grafo abstrato**
- Computar menores caminhos entre nodos A e B nesse grafo abstrato
- Refinar caminhos encontrados no primeiro passo de busca em cada um dos clusters envolvidos
- Otimizar a computação de distâncias em mapas extremamente grandes

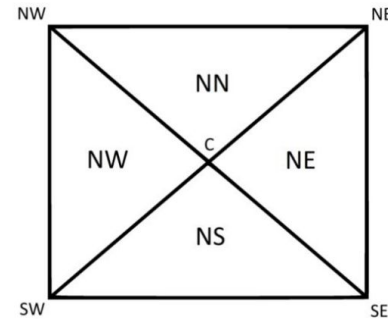
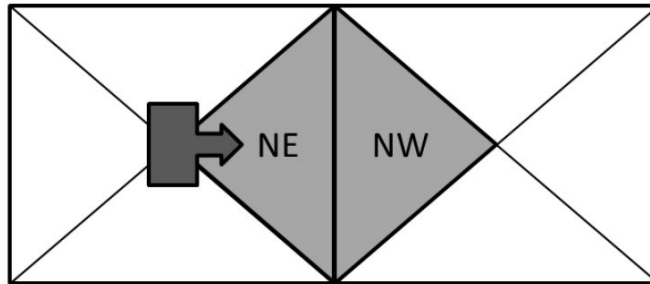


- Problema: **pathfinding hierárquico considerando características topográficas de mapas extremamente grandes**

# Uso de algoritmos de pathfinding considerando inclinação e altura do terreno

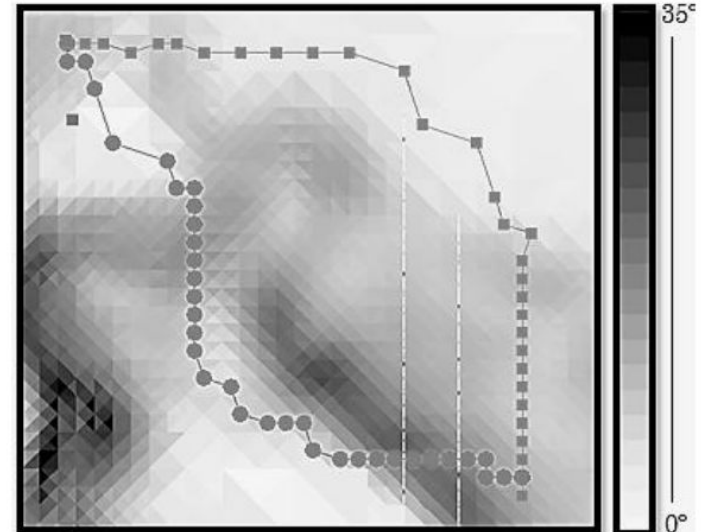
- **Algoritmos de pathfinding tradicionais** funcionam muito bem para encontrar caminhos em áreas que **desconsideram características topográficas dos mapas**
- A forma mais comum usada nos algoritmos de pathfinding para solucionar problemas que envolve desníveis de relevo é o **bloqueio dos nodos** que indiquem dificuldades ou obstrução do caminho
  - Este tipo de tratamento não é o mais adequado em muitos problemas reais
- No grupo de pesquisa onde este trabalho de iniciação científica está inserido, a pesquisa apresentada por (Chagas, C. 2019) trata de **problemas de pathfinding onde informações de altura e inclinação no terreno são consideradas**

- Em (Chagas, C. 2019), um **algoritmo de pathfinding que permite o tratamento de altitude e suavização de caminhos** encontrados é implementado e testado
- O trabalho também propõe um algoritmo que planeja rotas utilizando uma técnica denominada “campo de visão”
- As técnicas utilizadas tratam informações que remetem a restrição de altura, sem utilizar apenas o bloqueio ou não de nodos, durante a busca de caminho



- O trabalho de (Chagas, C. 2019) busca o **menor e melhor caminho de acordo com o critério de evitar inclinações que prejudiquem a movimentação de agentes** inseridos em terrenos virtuais utilizados em sistemas de simulação
- Busca por caminhos otimizados, onde pequenos desvios nas rotas sendo analisadas sejam suavizados
- O caminho escolhido descreve rotas que permitem o movimento seguro em regiões de montanhas

Caminhos encontrados pelo A\* padrão (círculos) e pelo A\* tratando inclinações (quadrados), exibidos no mapa de normais, cujo gradiente indica a variação nas inclinações



# Pathfinding com altura e inclinação

- Algoritmo A\* onde a função heurística dada por

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

- Análise de duas abordagens heurísticas para **tratamento de altura/inclinação** (entre outras):

$$h(n) = w * O(n)$$

$$h(n) = (w * O(n)) * d(n)$$

→ Onde

- ◆  $w$  = coeficiente de análise de altura/inclinação
- ◆  $O(n)$  = altura/inclinação do nodo  $n$
- ◆  $d(n)$  = Distância Euclidiana/Manhattan de  $(n)$  até o nodo objetivo

# Pathfinding com altura e inclinação usando DNN

- Abordagens para tratamento de altura/inclinação:

$$h(n) = w * O(n)$$

$$h(n) = (w * O(n)) * d(n)$$

- Problema: **abordagens para uso de DNN no aprendizado de funções heurísticas**

$$h(n) = DNN(n) = w * O(n)$$

$$h(n) = DNN(n) = (w * O(n)) * d(n)$$

# Objetivo

- Unificar algoritmos de pathfinding que tratam questões de altura/inclinação do terreno (relevo) com algoritmos hierárquicos de busca de caminhos que usam DNN
- DNN para melhor orientar os algoritmos de pathfinding hierárquicos visando reduzir o custo de pesquisa computacional ao lidar com mapas virtuais de grandes escalas

→ Metodologia:

- ◆ Computar e avaliar resultados de pathfinding em mapas de diferentes tipos e dimensões, e diferentes características de relevo
- ◆ Explorar algoritmos que tratam características topográficas dos mapas durante a busca de caminhos, sem utilizar apenas o bloqueio ou não de nodos

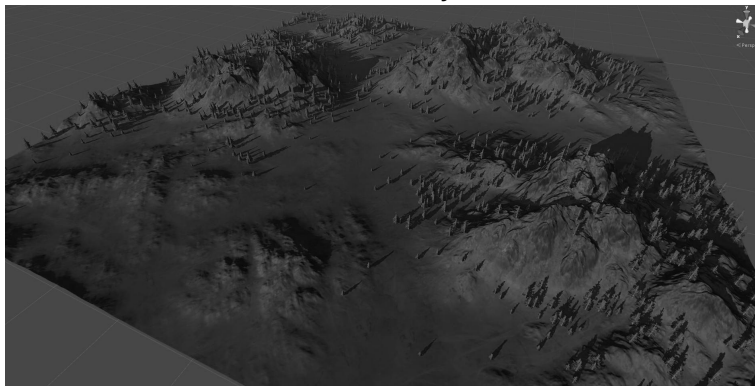
# Metodologia: Experimentos

- ❖ Análise estatística dos resultados de algoritmos de pathfinding
  - Explorar pathfinding hierárquico
  - Comparar resultados:
    - Pathfinding com A\* tradicional com altura e inclinação
    - Pathfinding com A\* com altura e inclinação usando DNN
- ❖ Análise estatística de resultados de algoritmos de pathfinding obtidos em mapas com diferentes tamanhos e percentuais de altura e inclinação
  - (101x101) nodos
  - (202x202) nodos
  - etc

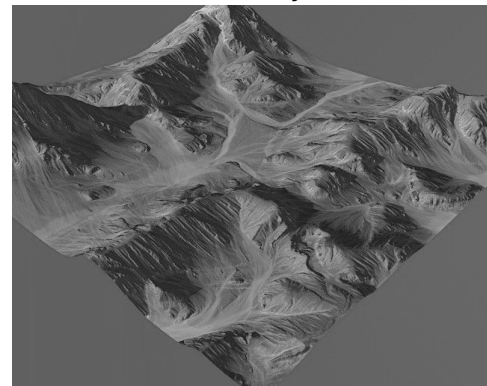
Pouca elevação



Média elevação

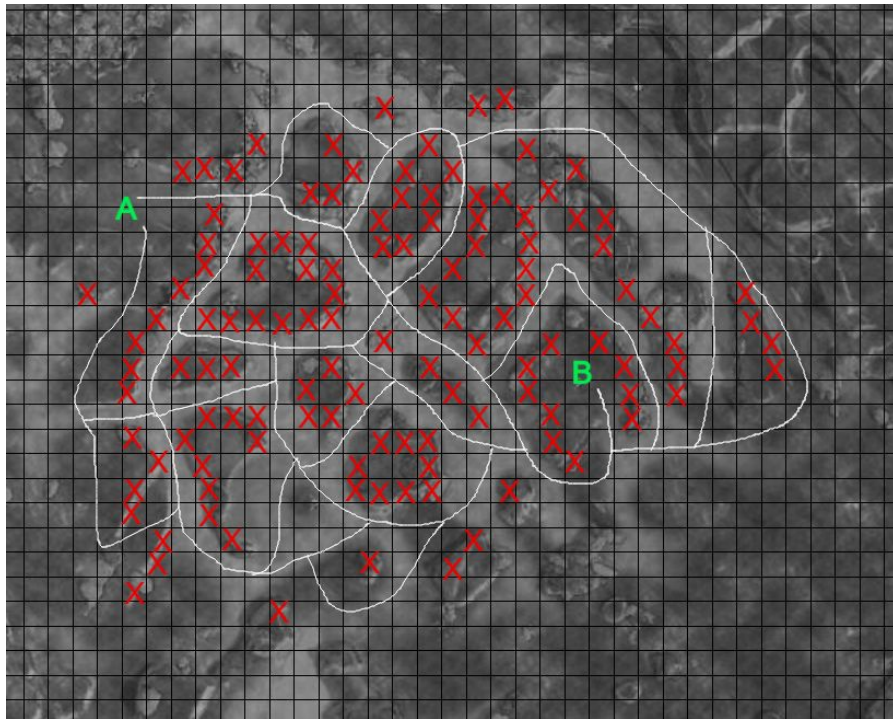


Muita elevação



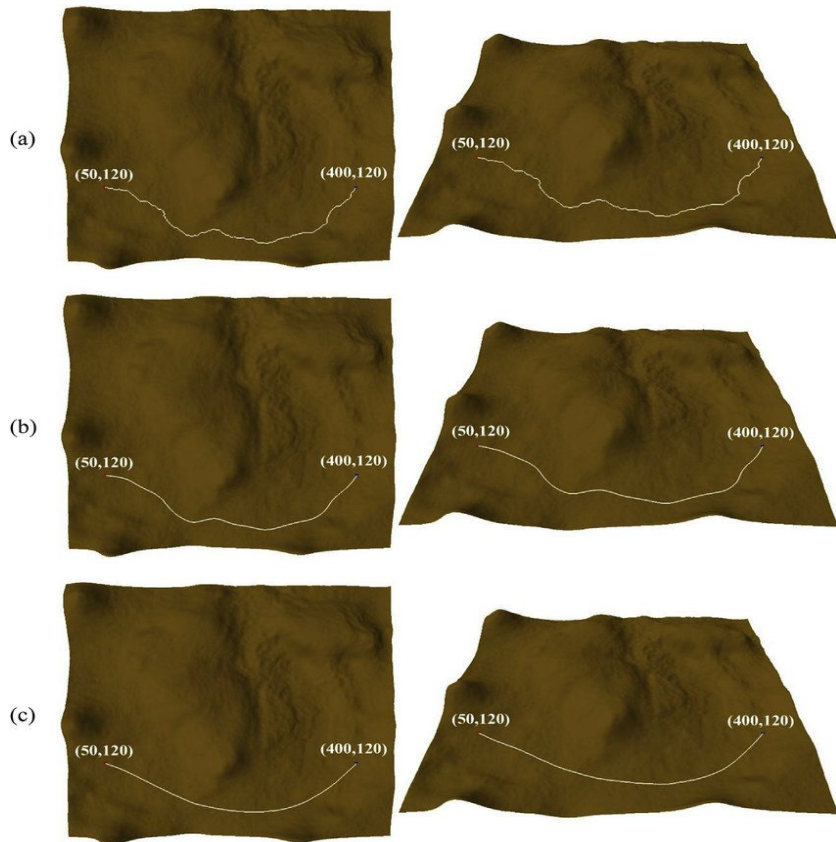


# Metodologia: Representação dos Mapas



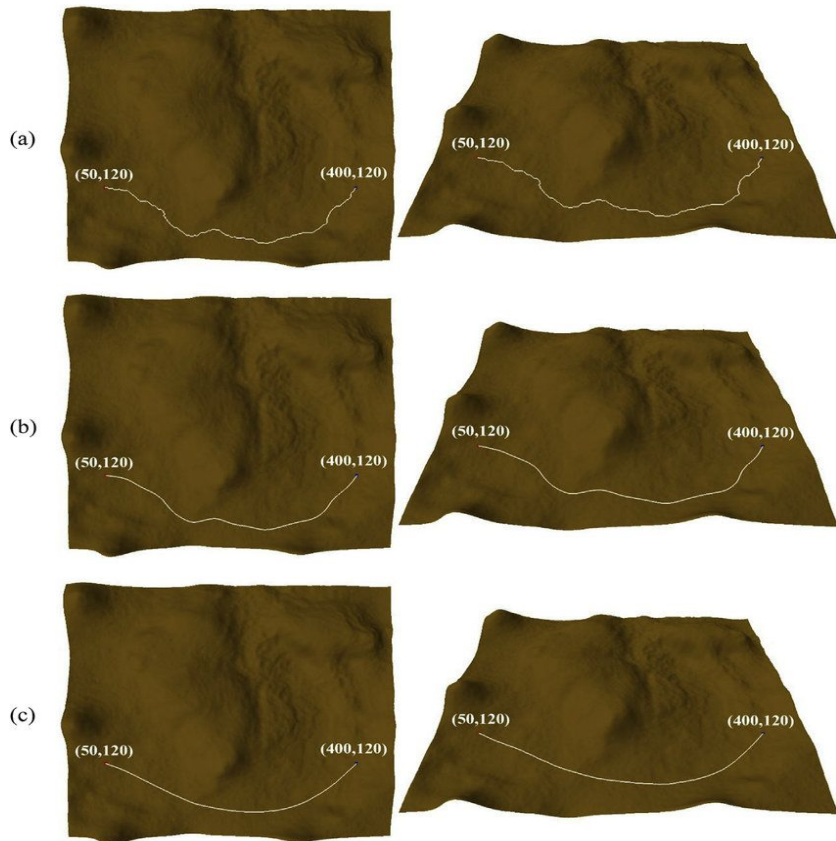
- Mapas representados como grid regulares
- X: nodos bloqueados do grid para movimentação de agentes
- Mapa pequeno representado como um grid de (30x36): 1080 nodos
- 30% nodos bloqueados: 420 nodos abertos para movimentação
  - A: Posição inicial
  - B: Posição final
  - Distância(A, B): 38 nodos no caminho resultante

# Metodologia: Treinamento das DNN



- Grid regular
  - Calcular as menores distâncias entre todos os 420 nodos abertos para movimentação
  - **Data set de treinamento: ~176k distâncias calculadas**
    - $A_1, B_1, \text{Dist}(A_1, B_1)$
    - $A_1, B_2, \text{Dist}(A_1, B_2)$
    - ...
    - $A_{420}, B_{420}, \text{Dist}(A_{420}, B_{420})$

# Metodologia: Treinamento das DNN



- Treinar DNN usando  $\text{Dist}(A_i, B_i)$  determinadas de acordo com  $f(n) = g(n) + h(n)$  onde
  - $h(n) = w \cdot O(n)$
  - $h(n) = w \cdot O(n)) * d(n)$
- Desafio:
  - **Mapas de (256x256): 65.536 nodos**
  - 30% nodos bloqueados: 45.875 nodos abertos para movimentação
  - **Data set de treinamento: 2.104.533.976 distâncias calculadas**

# Referências Bibliográficas

- Doeber, D. M.; Souza, L. R.; Freitas, E. P.; Silva, L. A. L.. Deep Neural Network Heuristic Pathfinding in Large Virtual Maps. Submetido para: The 2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (IEEE SSCI), Canberra, Australia, 2020 (em avaliação).
- Chagas, C.. ALGORITMOS DE BUSCA DE CAMINHOS VOLTADOS PARA INFORMAÇÕES DE ALTURA E INCLINAÇÃO REPRESENTADAS EM MAPAS DE NAVEGAÇÃO. Trabalho de Conclusão, Curso em Ciência da Computação. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 2019.
- Algfoor, Z. A.; Sunar, M. S.; and Kolivand, H.A Comprehensive Study on Pathfinding Techniques for Robotics and Video Games.Hindawi Publishing Corporation International Journal of Computer Games Technology. Volume 2015, Article ID 736138.
- Russel, S; Norvig, P.. Artificial Intelligence: A Modern Approach.Fourth edition. Pearson Addison-Wesley, 2009.
- Goodfellow, I.; Bengio, Y. and Courville, A. Deep learning: MIT press, 2016.

Obrigado!