



INF 1771 – Inteligência Artificial

Aula 21 – Waypoints e Pathfinding

Edirlei Soares de Lima
<elima@inf.puc-rio.br>

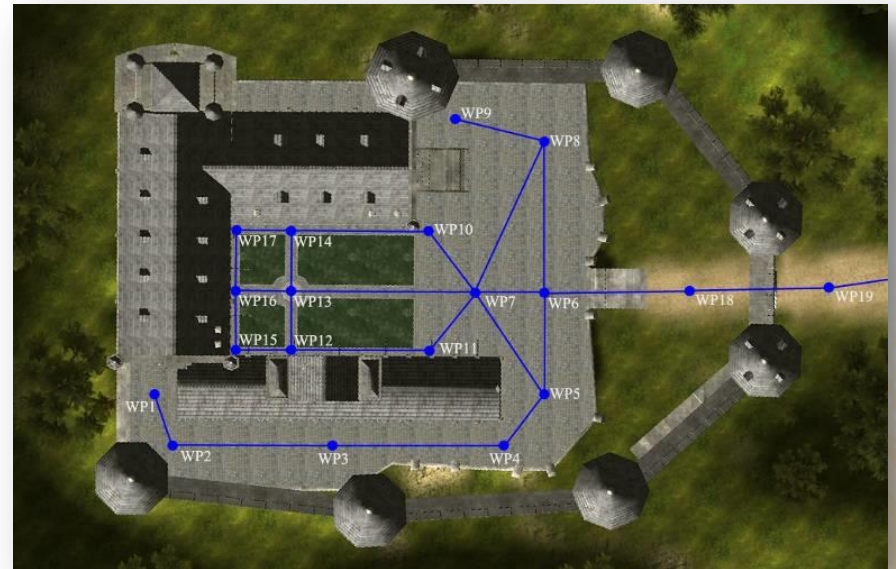
Introdução

- **Locomover-se no espaço do jogo** é uma ação fundamental dos NPCs em qualquer gênero de jogo.
- A busca de caminhos deve ser implementada de maneira muito eficiente, pois **será executada muitas vezes** por vários personagens durante o jogo



Waypoints

- **Waypoints** são uma representação aproximada do terreno (amostragem).
- Fornecem **representações mais econômicas** do que as malhas poligonais dos cenários.
- **Estrutura de grafos.**

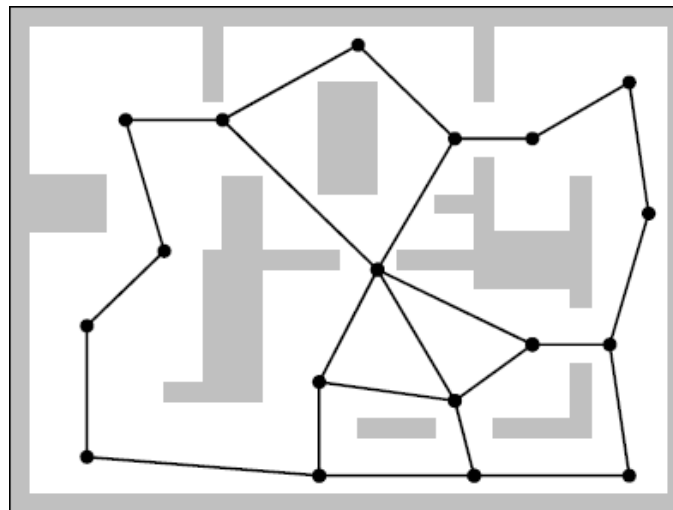


Construção de Grafos de Navegação

- Um **grafo de navegação** é uma estrutura de grafo formada por um conjunto de waypoints.
- Existem várias formas de representar a geometria do ambiente do jogo, da mesma forma existem várias estratégias para **converter a informação espacial em uma estrutura de grafo**:
 - Pontos de Visibilidade
 - Tiles (Grid)
 - Geometria Expandida
 - NavMesh

Pontos de Visibilidade

- A criação de um grafo de navegação baseado em **Pontos de Visibilidade** consiste na adição de nós em pontos importantes do ambiente.
- Os pontos do grafo devem ter pelo menos uma **linha reta de visão** para algum outro ponto.

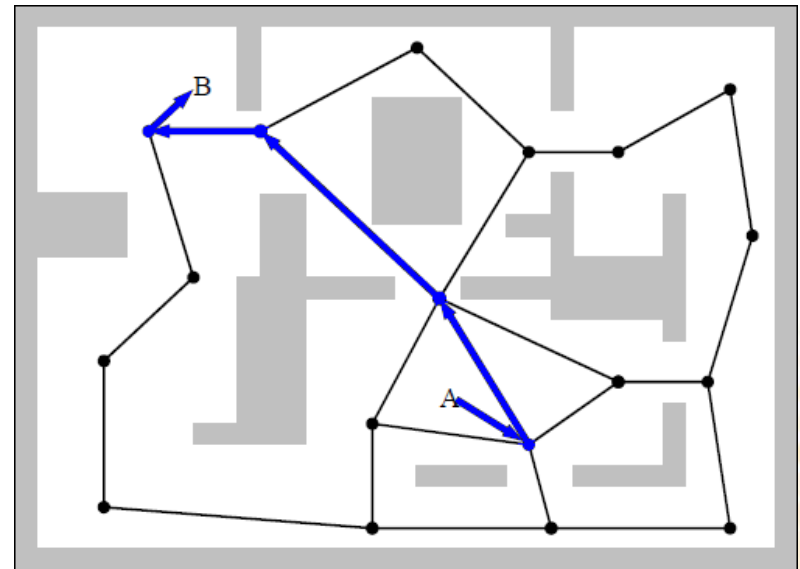
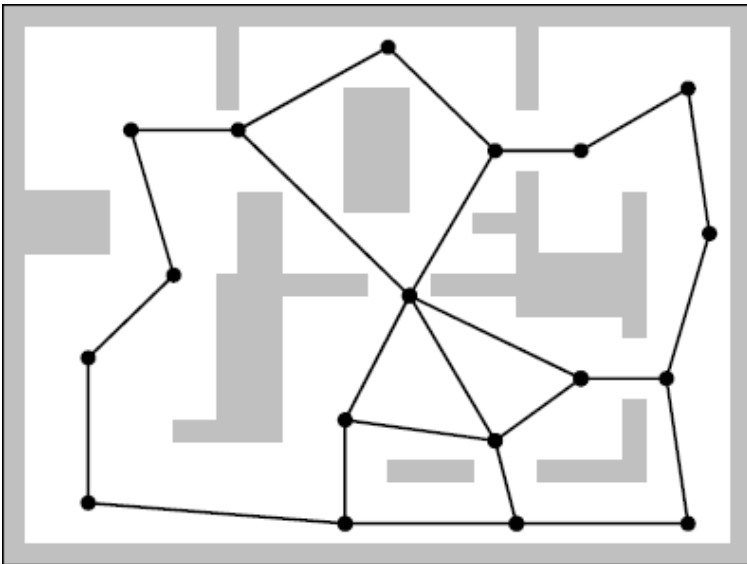


Pontos de Visibilidade

- Geralmente o processo de adição dos pontos de visibilidade é feito manualmente pelo **game designer**.
- Se o jogo **restringe o movimento** dos agentes somente **sobre as arestas do grafo**, como ocorre no Pac-man, esta solução é a escolha perfeita.
- Entretanto, se o grafo é projetado para um jogo onde os agentes têm **maior liberdade** de movimentos é necessário realizar mais algumas tarefas.

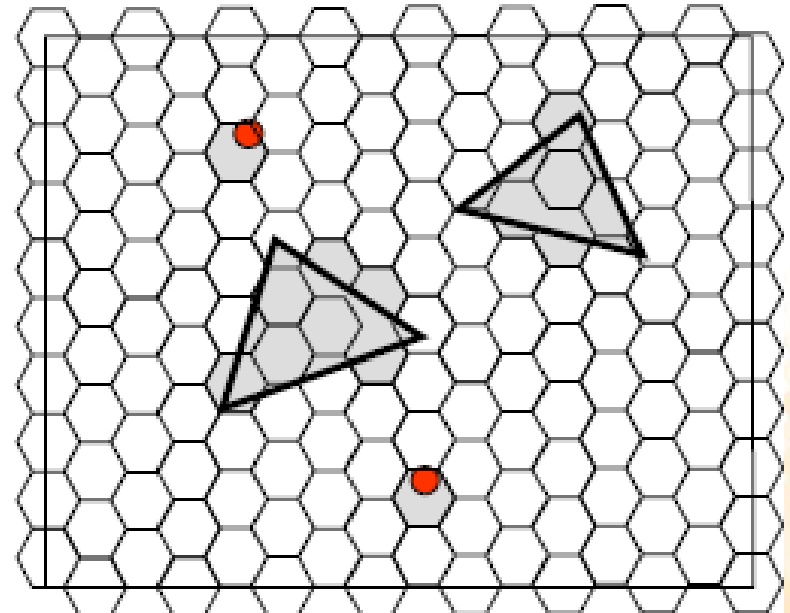
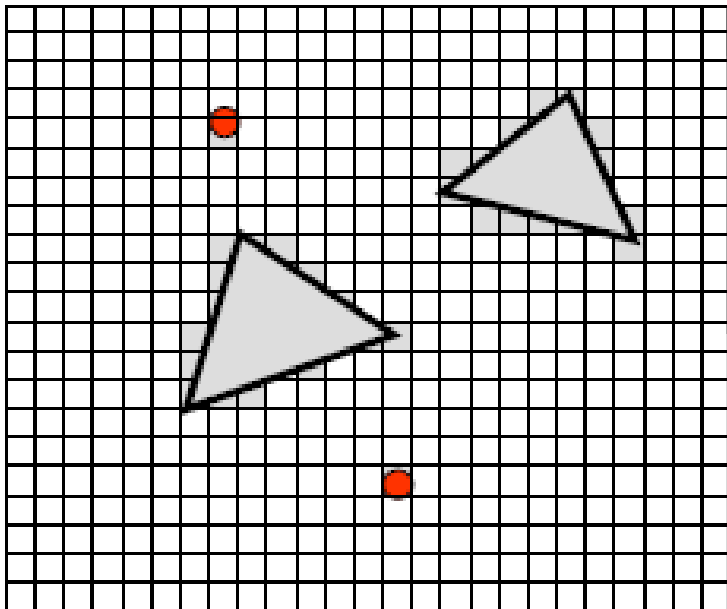
Pontos de Visibilidade

- 1) Procura o nó visível A mais próximo da posição do NPC;
- 2) Procura o nó visível B mais próximo da posição destino;
- 3) Usa um algoritmo para encontrar o caminho de menor custo entre A e B;
- 4) Move o NPC para o nó A;
- 5) Move o NPC sob o caminho calculado no passo 3;
- 6) Move o NPC do nó B até a posição destino.



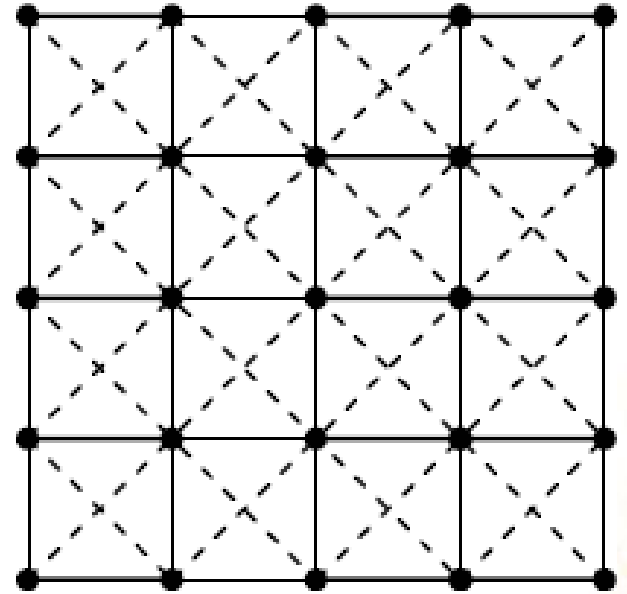
Tiles (Grid)

- Este tipo de abordagem é muito comum em jogos de estratégia em tempo real (RTS).
- Geralmente são grafos grandes e complexos, organizados por meio de quadrados ou hexágonos.
- Cada nó do grafo representa o centro de cada célula e as arestas representam a vizinhança de cada célula.

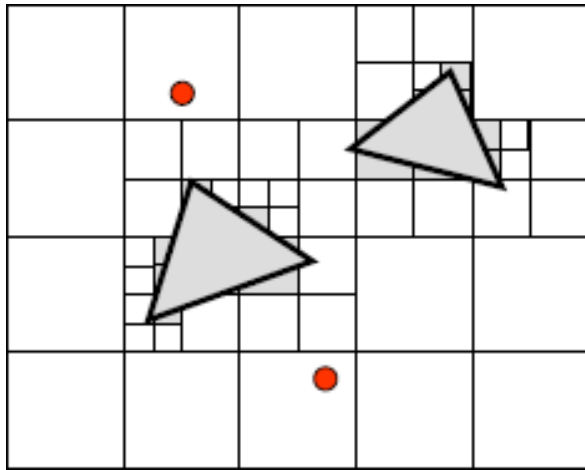


Tiles (Grid)

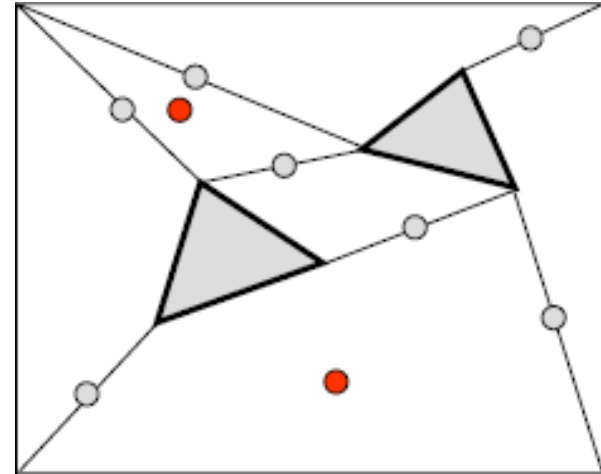
- O grande problema desta abordagem é que o número de vértices e arestas pode se tornar rapidamente muito elevados.
- Para um mapa com 100 x 100 células, tem-se 10.000 nós e 78.000 arestas.



Geração Automática de Waypoints



Quadtree



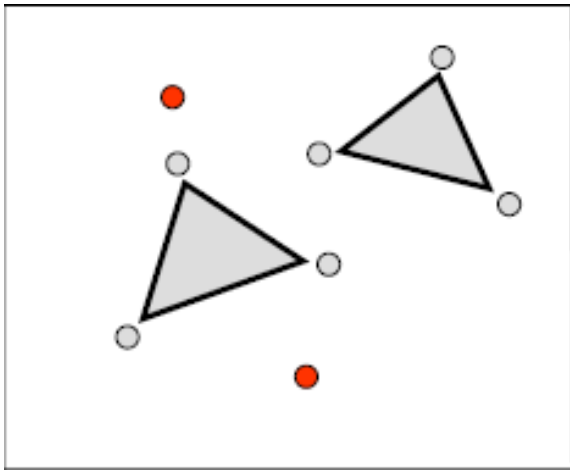
Polígonos
Convexos

□ Waypoint no centro ou vértices

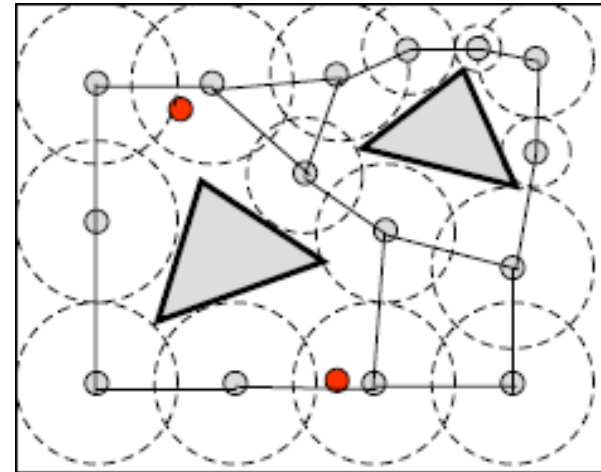
● Waypoint de início ou objetivo

○ Waypoint

Geração Automática de Waypoints



Pontos de Canto



Preenchimento de Espaço com Círculos ou Cilindros

Waypoint no centro ou vértices

Waypoint de início ou objetivo

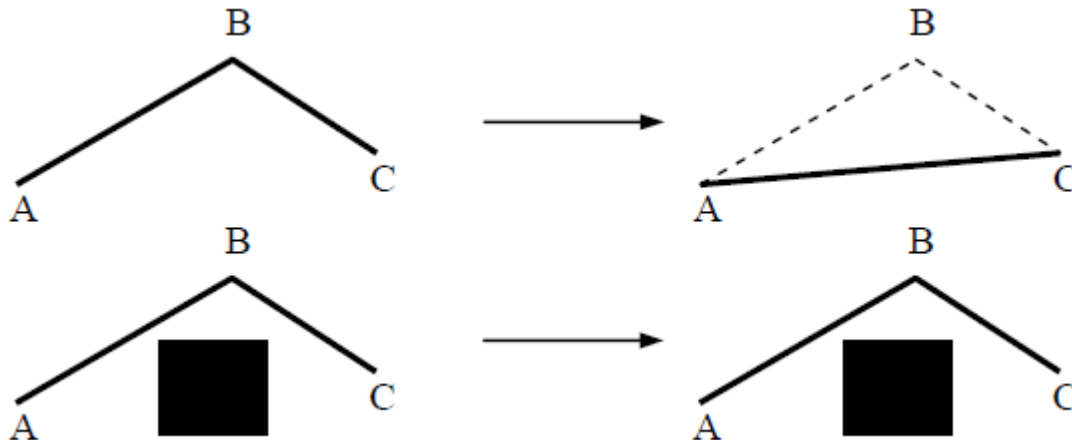
Waypoint

Pathfinding

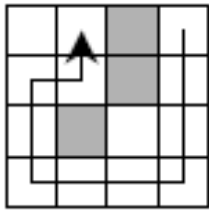
- Uma vez definido o grafo de navegação é possível utilizar técnicas de busca para encontrar caminhos entre dois pontos.
- O algoritmo de busca mais utilizado em jogos é o **A***.
 - Normalmente é possível calcular boas funções heurísticas.
- O caminho gerado pelo A^* é composto por uma **lista de vértices** por onde o agente deve passar para chegar ao destino.

Suavização de Caminhos

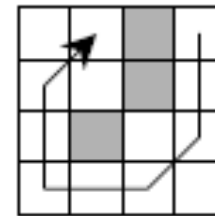
- Geralmente o caminho encontrado forma uma **linha sinuosa** (zigzag), visto que o espaço representado pelos waypoints é discretizado em pontos.
- Geralmente sempre existe uma forma de **suavizar o caminho** encontrado traçando-se um novo caminho que remove vértices não necessários.



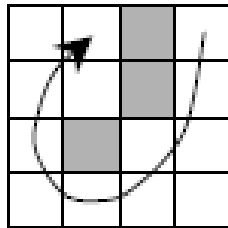
Suavização de Caminhos



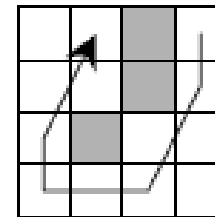
Manhattan



Diagonais



**Spline
Catmull-Rom**



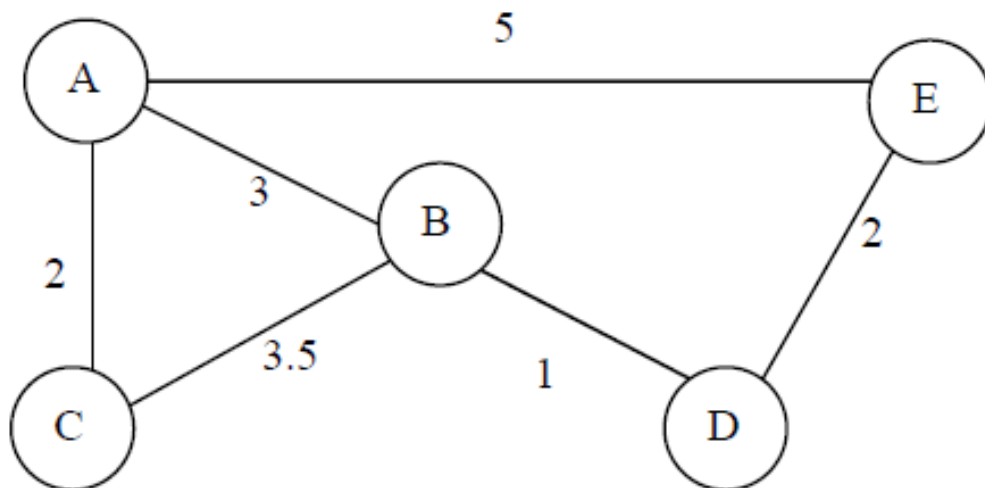
**String-pulling
(LOS – Line of Sight)**

Otimizações

- Em algumas situações do jogo, pode ser necessário que várias unidades realizem **buscas por caminhos simultaneamente**.
- Isso pode gerar um pico de carga da CPU que pode resultar em interrupções momentâneas do fluxo do jogo.
- **Técnicas de Otimização:**
 - Caminhos pré-calculados
 - Custos pré-calculados
 - Busca de caminhos hierárquica.

Caminhos Pré-Calculados

- **Tabela pré-calculada** com os melhores caminhos do grafo de navegação.
- Armazena-se somente o próximo nó que deve ser seguindo do nó atual ao nó destino.



	A	B	C	D	E
A	A	B	C	B	E
B	A	B	C	D	D
C	A	B	C	B	B
D	B	B	B	D	E
E	A	D	D	D	E

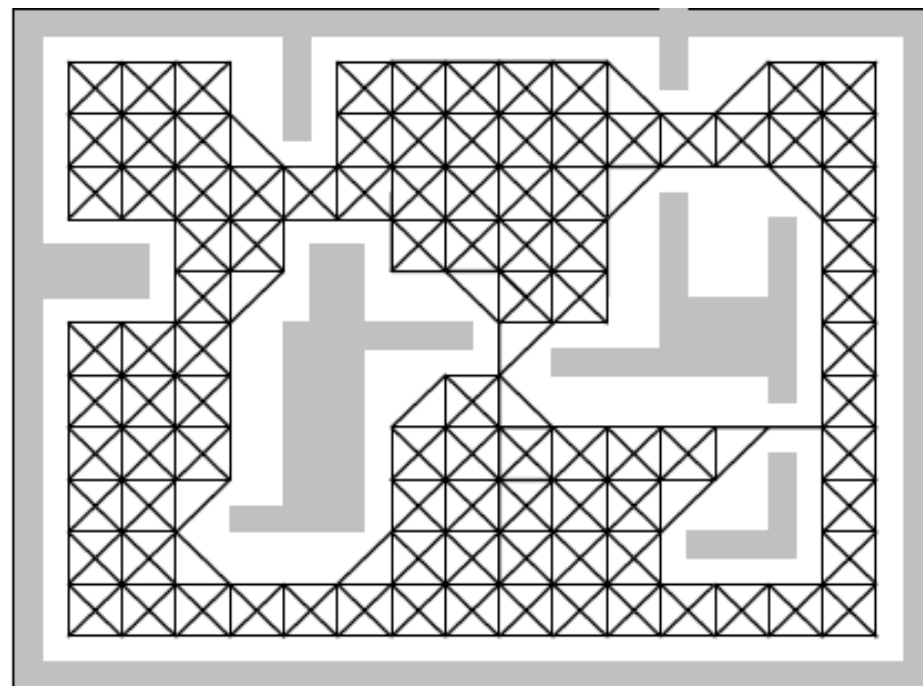
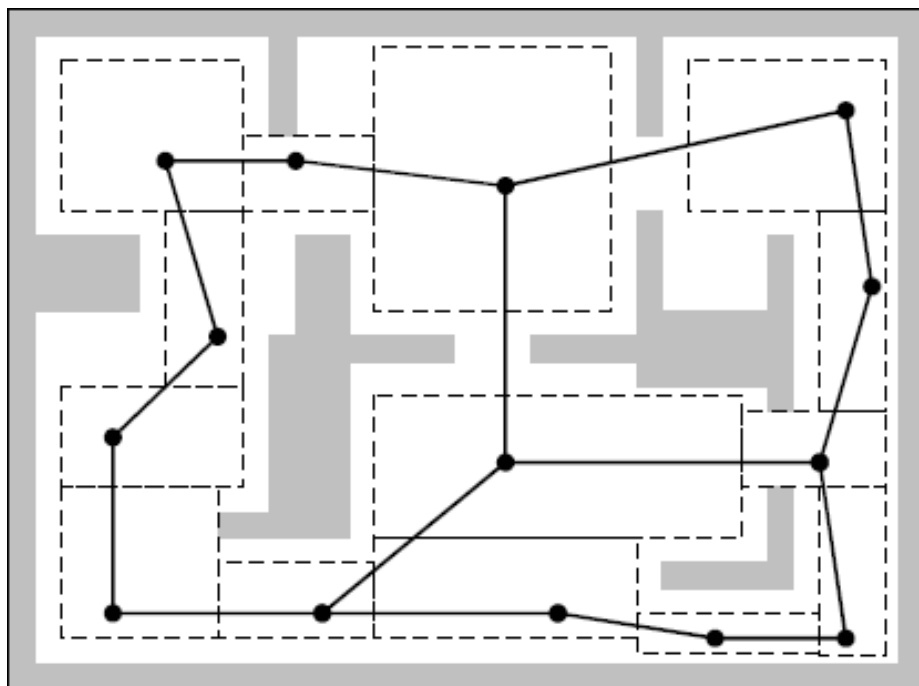
Custos Pré-Calculados

- Saber qual o melhor caminho entre dois nós somente é útil quando se sabe onde se deseja ir.
- Uma **tabela pré-calculada** com os **custos de locomoção** entre quaisquer dois nós também é uma informação muito útil.

	A	B	C	D	E
A	0	3	2	4	5
B	3	0	3.5	1	3
C	2	3.5	0	4.5	6.5
D	4	1	4.5	0	2
E	5	3	6.5	2	0

Busca de Caminhos Hierárquica

- Esta estratégia consiste em achar o caminho de modo gradativo, partindo-se de uma solução grosseira até uma solução mais refinada.



Leitura Complementar

- Millington, I.; Funge, J.: **Artificial Intelligence for Games**, 2nd Ed., Morgan Kaufmann, 2009.

