

Introdução à Resolução de Problemas por Meio de Busca

Profa. Huei Diana Lee

CECE/UNIOESTE-FOZ

INTRODUÇÃO

Muitos problemas podem ser vistos como “alcançar um **estado final** (meta) a partir de um **ponto inicial**”:

- um **espaço de estados** define o **problema** e suas **possíveis soluções** de um modo formal;
- o espaço pode ser percorrido aplicando **operadores** para mudar de um estado para o próximo.



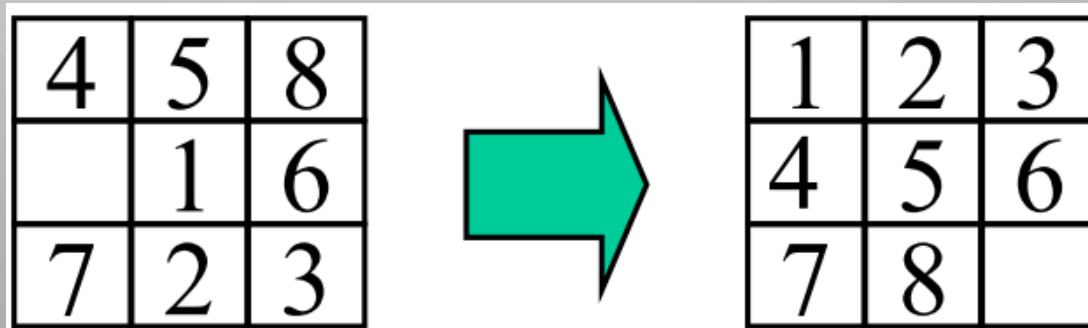
INTRODUÇÃO

Um problema em IA é definido
em termos de...

INTRODUÇÃO

1. Um espaço de estados possíveis,
incluindo um estado inicial e um estado final
(objetivo):

- Dirigir de Foz do Iguaçu a Florianópolis;
- Jogo de 8-números.



INTRODUÇÃO

2. Um conjunto de ações (ou operadores) que permitem passar de um estado a outro:

- Dirigir de uma cidade a outra (Foz do Iguaçu a Florianópolis);
- Mover uma peça do jogo de n -números (n -puzzle) (Jogo de 8-números).

EXEMPLOS

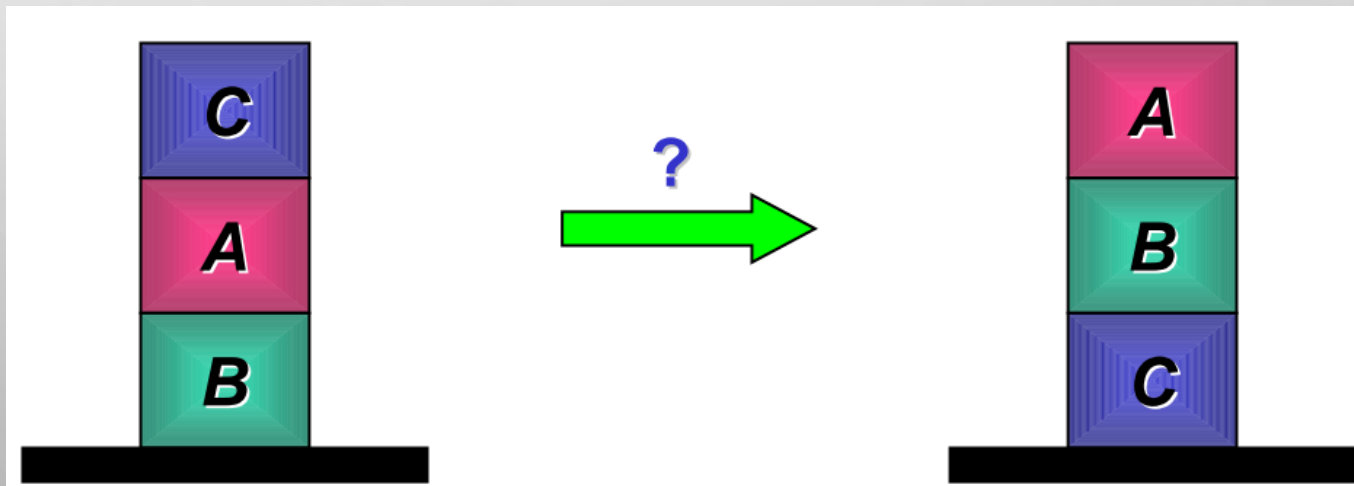
Indo de casa para a universidade:

- *estado inicial: casa;*
- *objetivo: Unioeste;*
- *operadores: dar um passo, virar (para quem mora bem perto).*

EXEMPLOS

MUNDO DOS BLOCOS

Problema: encontrar um plano para rearranjar os blocos.



EXEMPLOS

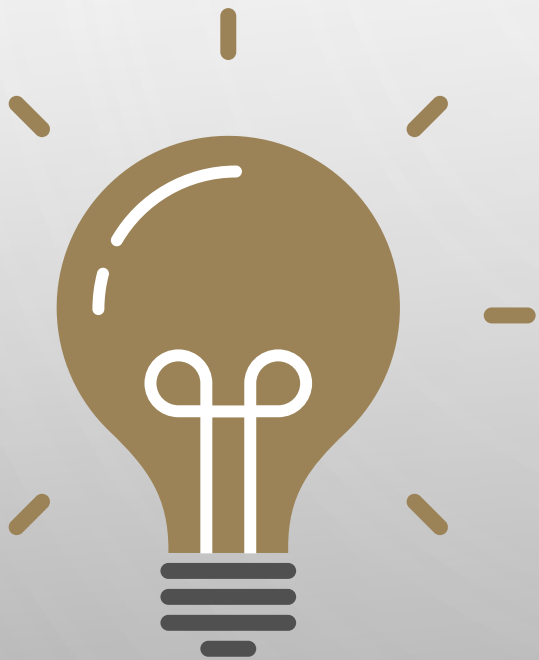
MUNDO DOS BLOCOS

Condições/Restrições:

- Um bloco pode ser movido apenas se seu topo está vazio;
- Apenas um bloco pode ser movido de cada vez;
- Um bloco pode ser colocado sobre a mesa ou sobre outro bloco.

Para encontrar um plano, devemos encontrar um **sequência** de movimentos que nos levem ao objetivo.

EXEMPLOS MUNDO DOS BLOCOS



**Explorar entre as
diversas possíveis
alternativas**

EXEMPLOS

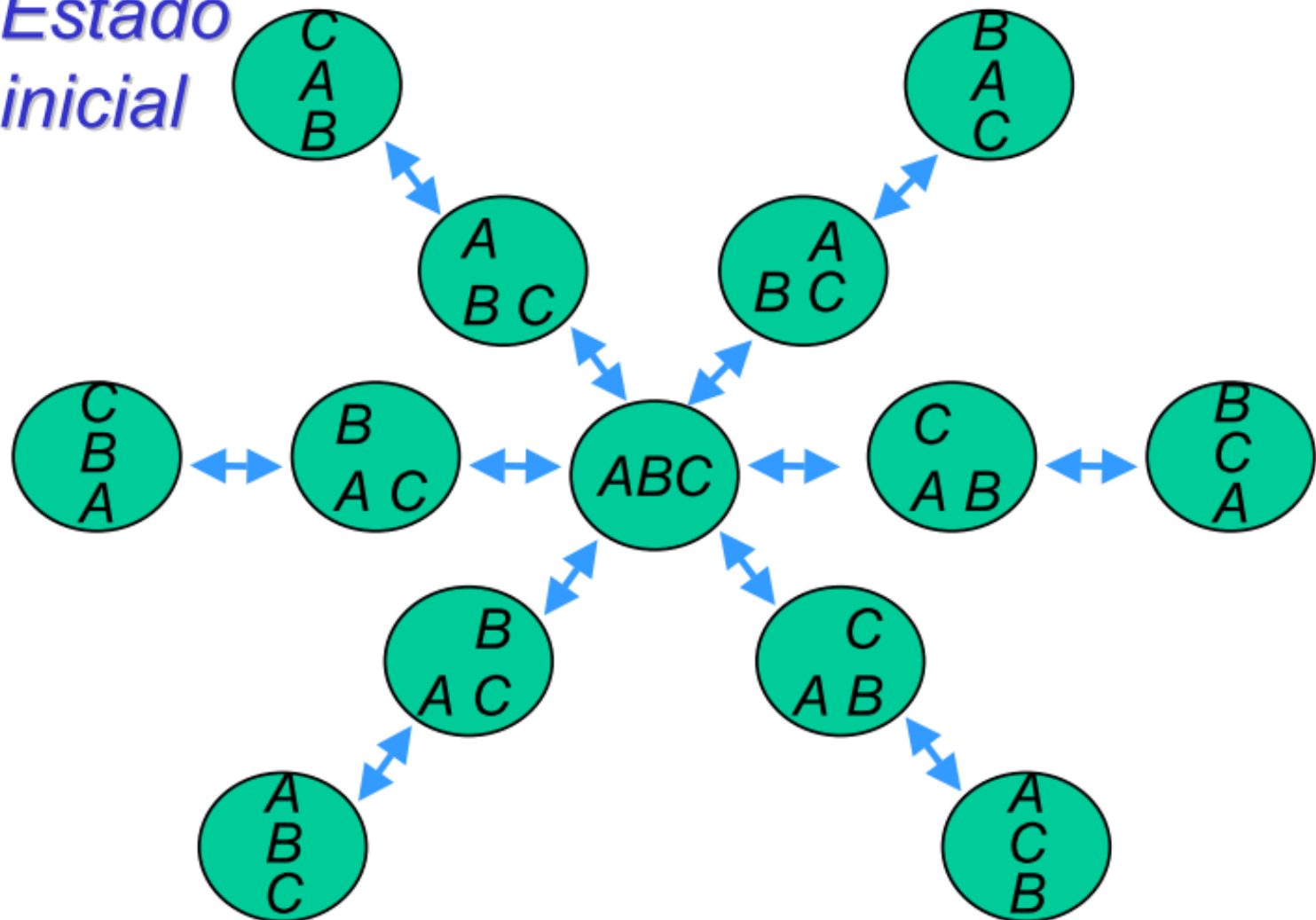
MUNDO DOS BLOCOS

Existem dois tipos de conceitos envolvidos nesse problema (Mundo dos Blocos):

- **Situações** do problema;
- **Movimentos** ou ações permitidos, os quais transformam as atuais situações de problema em outras situações.

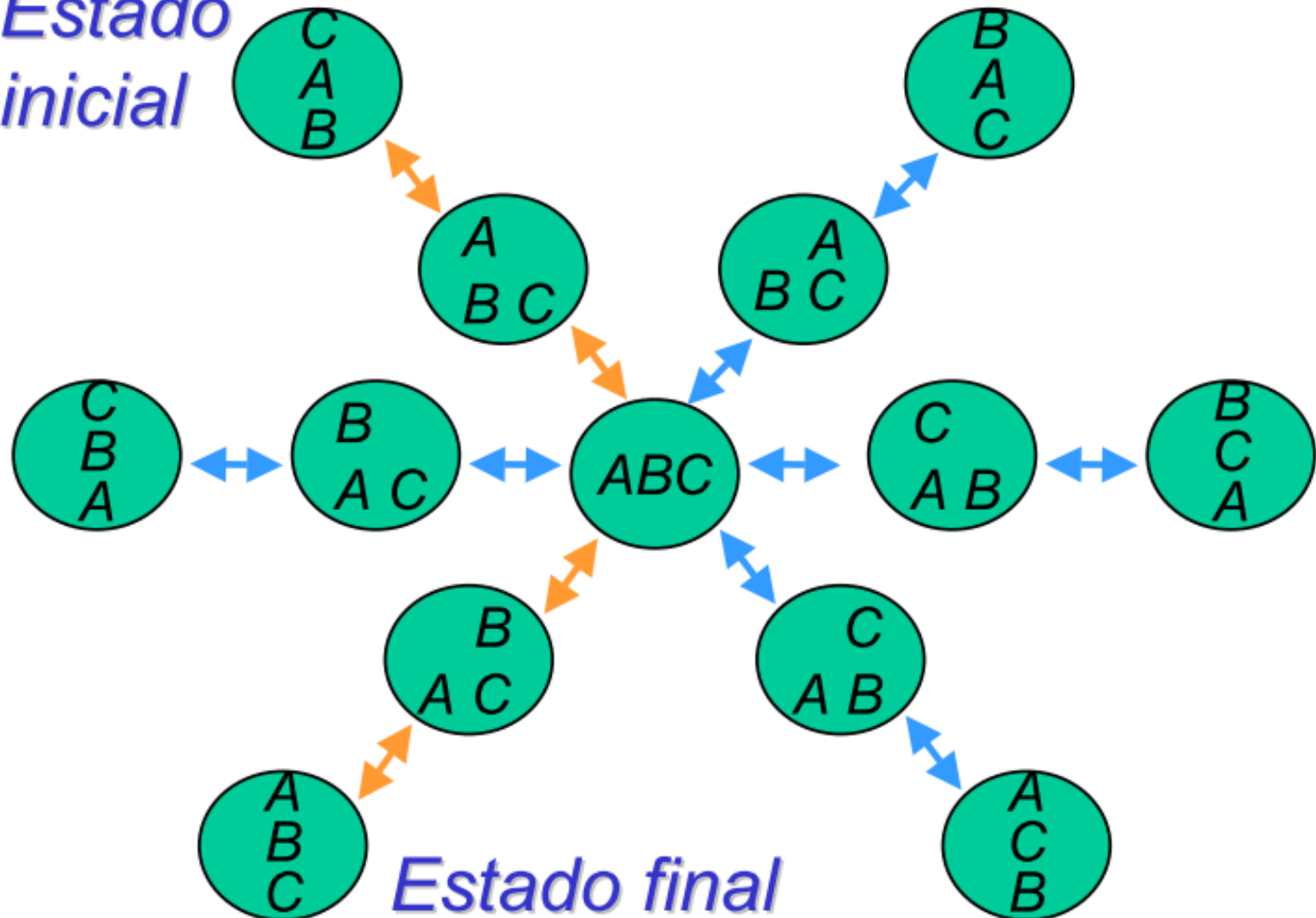
EXEMPLOS

Estado inicial



EXEMPLOS

Estado inicial



DESCRIÇÃO FORMAL DE UM PROBLEMA

- Definir o espaço de estados;
- Especificar:
 - estado(s) inicial(ais)e
 - estado(s) final(ais);
- Especificar:
 - o conjunto de operadores e
 - a estratégia de controle.

DESCRIÇÃO FORMAL DE UM PROBLEMA - ESTRATÉGIA DE CONTROLE

- Que suposições não declaradas estão presentes na descrição informal?
- Qual a generalidade a ser considerada?
- Quanto do trabalho exigido para resolver o problema deve ser pré-calculado e representado nas regras?

DESCRIÇÃO FORMAL DE UM PROBLEMA

- **Espaço de estados:** conjunto de todos os estados alcançáveis a partir do estado inicial por qualquer sequência de ações;
- **Definição:**
 - **Estado inicial;**
 - **Objetivo:**
 - Propriedade abstrata: condição de xeque-mate no Xadrez;
 - Conjunto de estados finais do mundo: estar em na cidade-destino.
- **Solução:** caminho (sequência de ações ou operadores) que leva do estado inicial a um estado final (objetivo).



DESCRIÇÃO FORMAL DE UM PROBLEMA

Um grafo pode ser usado para representar um espaço de estados no qual:

- Os **nós** correspondem a situações de um problema;
- As **arestas** correspondem a movimentos permitidos ou ações ou passos da solução;
- Um dado problema é solucionado encontrando-se um **caminho** no grafo.

DESCRIÇÃO FORMAL DE UM PROBLEMA

Um problema é definido por um espaço de estados (um grafo):

- Um estado (nó) inicial;
- Uma condição de término ou critério de parada; estados (nós) terminais são aqueles que satisfazem a condição de término.

SOLUCIONANDO O PROBLEMA

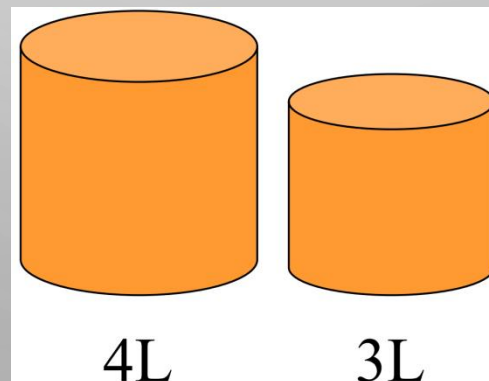
- **Formulação do problema e do objetivo:**
 - quais são os estados e as ações a considerar?
 - qual é (e como representar) o objetivo?
- **Busca (solução do problema):** processo que gera/analisa sequências de ações para alcançar um objetivo solução = caminho entre estado inicial e estado final;
- **Execução:** executar (passo a passo) a solução completa encontrada.

SOLUCIONANDO O PROBLEMA

- **Caminho mínimo**: não há custos associados;
- **Custo mínimo**:
 - há custos adicionados aos movimentos;
 - o custo de uma solução é a soma dos custos das arestas ao longo do caminho da solução.

UM PROBLEMA CLÁSSICO VASILHAMES

- **Problema:** Os vasilhames não possuem qualquer marcação de medida. Há uma bomba que pode ser utilizada para encher os vasilhames de água.
- **Pergunta:** Como colocar exatamente 2 litros de água no vasilhame de 4 litros?



UM PROBLEMA CLÁSSICO

VASILHAMES

- Definir o espaço de estados;
- Especificar estado(s) inicial(ais) e final(ais);
- Especificar o conjunto de operadores e a estratégia de controle.

The background features a light gray gradient with faint, concentric circular lines. The corners are decorated with stylized circuit board traces. The top-left and bottom-left corners have dark gray traces, while the top-right and bottom-right corners have light gray traces. These traces include small circles representing solder points or vias.

EXERCÍCIO!

UM PROBLEMA CLÁSSICO

VASILHAMES

- Espaço de estados pode ser descrito como o conjunto de pares ordenados de inteiros

(x,y) , tal que

$x=\{0,1,2,3,4\}$ e

$y=\{0,1,2,3\}$

onde x representa o vasilhame de 4 L e y o vasilhame de 3 L;

- Estado inicial: $(0,0)$;
- Estado final: $(2,n)$.

UM PROBLEMA CLÁSSICO

VASILHAMES - REGRAS

1. $(x,y / x < 4) \rightarrow (4,y)$: Encher Vasilhame de 4L
2. $(x,y / y < 3) \rightarrow (x,3)$: Encher Vasilhame de 3L
3. $(x,y / x > 0) \rightarrow (x-d,y)$: Esvaziar parcialmente Vasilhame de 4L
4. $(x,y / y > 0) \rightarrow (x,y-d)$: Esvaziar parcialmente Vasilhame de 3L
5. $(x,y / x > 0) \rightarrow (0,y)$: Esvaziar totalmente Vasilhame de 4L
6. $(x,y / y > 0) \rightarrow (x,0)$: Esvaziar totalmente Vasilhame de 3L
7. $(x,y / x+y \geq 4 \text{ e } y > 0) \rightarrow (4,y-(4-x))$: Despejar Vasilhame de 3L no de 4L
8. $(x,y / x+y \geq 3 \text{ e } x > 0) \rightarrow (x-(3-y),3)$: Despejar Vasilhame de 4L no de 3L
9. $(x,y / x+y \leq 4 \text{ e } y > 0) \rightarrow (x+y,0)$: Despejar tudo do Vasilhame de 3L no de 4L
10. $(x,y / x+y \leq 3 \text{ e } x > 0) \rightarrow (0,x+y)$: Despejar tudo do Vasilhame de 4L no de 3L

UM PROBLEMA CLÁSSICO

VASILHAMES

Para resolver o problema, deve-se:

- **Escolher a regra** cujo lado esquerdo seja igual ao estado atual;
- **Realizar a mudança adequada** ao estado conforme descrito pelo lado direito correspondente;
- **Verificar se o estado resultante** corresponde ao estado meta (final);
- Caso contrário repetir até que o estado meta seja alcançado.

UM PROBLEMA CLÁSSICO

VASILHAMES - REGRAS

Solução?

1. $(x,y / x < 4) \rightarrow (4,y)$: Encher Vasilhame de 4L
2. $(x,y / y < 3) \rightarrow (x,3)$: Encher Vasilhame de 3L
3. $(x,y / x > 0) \rightarrow (x-d,y)$: Esvaziar parcialmente Vasilhame de 4L
4. $(x,y / y > 0) \rightarrow (x,y-d)$: Esvaziar parcialmente Vasilhame de 3L
5. $(x,y / x > 0) \rightarrow (0,y)$: Esvaziar totalmente Vasilhame de 4L
6. $(x,y / y > 0) \rightarrow (x,0)$: Esvaziar totalmente Vasilhame de 3L
7. $(x,y / x+y \geq 4 \text{ e } y > 0) \rightarrow (4,y-(4-x))$: Despejar Vasilhame de 3L no de 4L
8. $(x,y / x+y \geq 3 \text{ e } x > 0) \rightarrow (x-(3-y),3)$: Despejar Vasilhame de 4L no de 3L
9. $(x,y / x+y \leq 4 \text{ e } y > 0) \rightarrow (x+y,0)$: Despejar tudo do Vasilhame de 3L no de 4L
10. $(x,y / x+y \leq 3 \text{ e } x > 0) \rightarrow (0,x+y)$: Despejar tudo do Vasilhame de 4L no de 3L

UM PROBLEMA CLÁSSICO

VASILHAMES

Uma possível solução:

| Litros em V 4L | Litros em V 3L | Regra aplicada | |
|----------------|----------------|----------------|---|
| 0 | 0 | 2 | $(x,y / y < 3) \longrightarrow (x,3)$: Encher |
| 0 | 3 | 9 | $(x,y / x+y \leq 4 \text{ e } y > 0) \longrightarrow (x+y,0)$: Despejar tudo |
| 3 | 0 | 2 | $(x,y / y < 3) \longrightarrow (x,3)$: Encher |
| 3 | 3 | 7 | $(x,y / x+y \geq 4 \text{ e } y > 0) \longrightarrow (4,y-(4-x))$: Despejar |
| 4 | 2 | 5 | $(x,y / x > 0) \longrightarrow (0,y)$: Esvaziar |
| 0 | 2 | 9 | $(x,y / x+y \leq 4 \text{ e } y > 0) \longrightarrow (x+y,0)$: Despejar tudo |
| 2 | 0 | | |

UM PROBLEMA CLÁSSICO

VASILHAMES

- Observar regras 3 e 4:
 - Prática x “característica inteligente”;
 - Poucas regras (generalidade) x muitas regras (especificidade);

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

- Importante pois, algumas vezes, mais de uma regra pode ter seu lado esquerdo igual ao estado atual;
- A decisão sobre que regras aplicar tem um impacto direto sobre o **tempo** e **possibilidade** de resolução do problema.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

Requisitos para uma estratégia de controle:

- **Causar movimento**, caso contrário, é possível que uma solução nunca seja encontrada;
- **Ser sistemática**, caso contrário, sequências de estados que já foram explorados podem ser exploradas novamente.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

1. Estratégias Básicas de Busca (Exaustiva ou Cega):

- **não** utilizam informações sobre o problema para guiar a busca;
- estratégia de busca exaustiva aplicada até uma solução ser encontrada (ou falhar).

2. Estratégias Heurísticas de Busca (Busca Informada): **utiliza** informações específicas do domínio para ajudar na decisão.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

BUSCA CEGA

- Profundidade (Depth-first);
- Profundidade limitada (Depth-first Limited);
- Profundidade iterativa (Iterative Deepening);
- Largura (Breadth-first);
- Custo Uniforme (Dijkstra);
- Bidirecional.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

BUSCA INFORMADA

- Hill-Climbing;
- Simulated Annealing;
- Best-First;
- A^* ;
- IDA* (Iterative Deepening A^*);
- SMA* (Simplified Memory-Bounded A^*) .

PROBLEMAS CLÁSSICOS

- Canibais e Missionários;
- Torre de Hanoi;
- Caminho num Grafo;
- Caminho do Cavalo no Tabuleiro de Xadrez;
- Problema das Oito Rainhas.

PROBLEMAS CLÁSSICOS

- Cálculo de rotas (pathfinding):
 - rotas em redes de computadores;
 - sistemas de planejamento de viagens;
 - planejamento de rotas de aviões.
- Caixeiro viajante;
- Jogos de computadores (rotas dos personagens);
- Alocação (scheduling):
 - Salas de aula;
 - Máquinas industriais (job shop).

PROBLEMAS CLÁSSICOS

- Navegação de robôs:
 - generalização do problema da navegação;
 - robôs movem-se em espaços contínuos, com um conjunto (infinito) de possíveis ações e estados: controlar os movimentos do robô no chão, e de seus braços e pernas requer espaço multi-dimensional;
- Montagem de objetos complexos por robôs: ordenar a montagem das diversas partes do objeto.

UM EXEMPLO CLÁSSICO - EXERCÍCIO

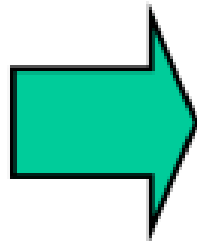


UM EXEMPLO CLÁSSICO - EXERCÍCIO

Puzzle

- Estados?
- Operadores?
- Estado Final?
- Custo do caminho?

| | | |
|---|---|---|
| 4 | 5 | 8 |
| | 1 | 6 |
| 7 | 2 | 3 |



| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | |

TRABALHO 02

(INDIVIDUAL)

- Descreva, em alto nível, para os problemas do Canibais e Missionário e do Puzzle quais seriam:

- 1) Representação dos estados;
- 2) Estados inicial e final;
- 3) Operadores;
- 4) Custo do Caminho.

- Enviar pela Tarefa do Teams

- **Deadline: 04/12/2023**

REFERÊNCIAS

- UCDB. Material Didático Prof. Marco A. Alvarez. Universidade Católica Dom Bosco.
- UFRN. Material Didático Prof. Marcílio Souto. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Unioeste. Material Didático Prof. Huei Diana Lee. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- USP. Material Didático Prof. José Augusto Baranauskas. Universidade de São Paulo.