



# INF 1771 – Inteligência Artificial

## Aula 12 – Planejamento em Ambientes Não-Determinísticos

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

# Planejamento Clássico

- Em **planejamento clássico**, o ambiente do problema precisa possuir as seguintes características:
  - Observável.
  - Estático.
  - Determinístico.
- Supõe-se que as descrições das ações são sempre **corretas e completas**. Nestas circunstâncias, um agente poderia planejar e depois **executar o plano de olhos fechados**.

# Planejamento em Ambientes Incertos

- Em **ambientes incertos**, um agente deve:
  - Usar seus sensores para descobrir o que está **acontecendo no ambiente** enquanto o plano está sendo executado.
  - Modificar ou substituir o plano se **algo inesperado acontecer**.
  - Os agentes precisam lidar com informações **incompletas e incorretas**.

# Planejamento em Ambientes Não-Determinísticos

- Existem **4 métodos de planejamento** mais comuns usados para lidar com o ambientes não-determinísticos:
  - **(1) Planejamento sem sensores:** Constrói-se planos sequenciais normais (sem percepção), mas considera-se todas as circunstâncias independentemente do estado inicial.
  - **(2) Planejamento condicional:** Constrói-se um plano fixo com diferentes ramificações para diferentes contingentes. Percebe-se o ambiente para saber que ramo seguir.

# Planejamento em Ambientes Não-Determinísticos

- Métodos de planejamento para ambientes não-determinísticos:
  - **(3) Monitoramento da execução com replanejamento:** Usa qualquer uma das técnicas precedentes para construir o plano, mas monitora a execução para ver se o plano pode ter sucesso no atual estado ou precisa ser revisto. Replaneja no caso de algo estar errado.
  - **(4) Planejamento contínuo:** Planeja-se continuamente as ações, sendo capaz de tratar eventos inesperados, mesmo durante a construção do plano.

# Planejamento Condicional

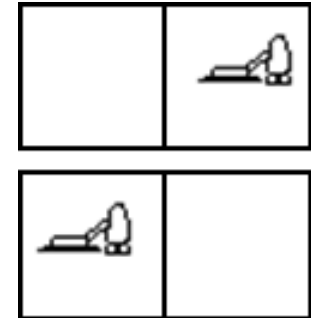
- Aplicação em ambientes **completamente observáveis**:
  - O agente sabe seu estado atual, mas se o ambiente for não determinístico, ele não saberá o efeito de suas ações.
- Exemplo Aspirador de Pó:
  - **às vezes** suja o destino quando se move para lá.
  - **às vezes** suja se sugar em um local limpo.

# Planejamento Condicional - Aspirador de Pó

- **Estados:**

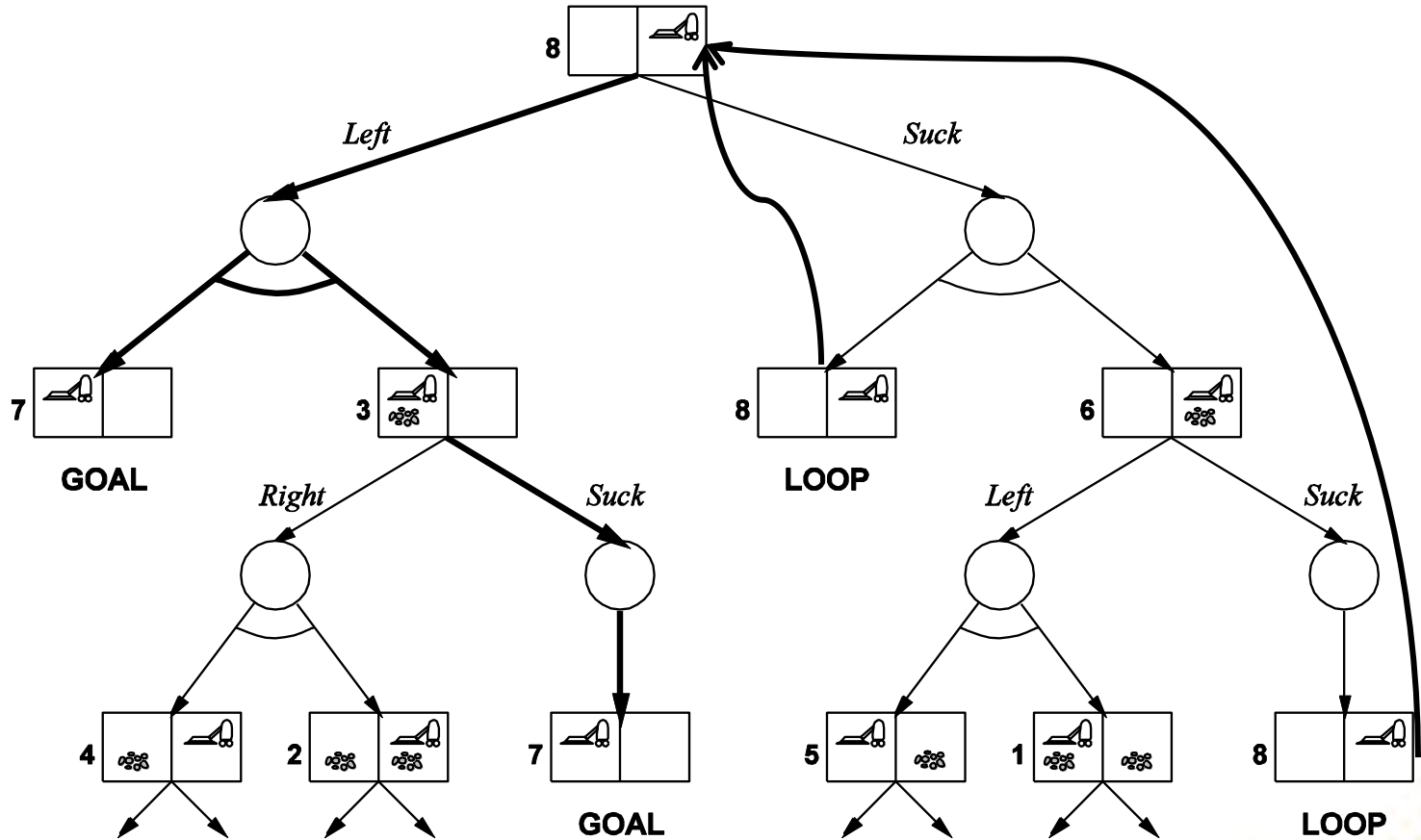
- **Inicial:**  $\text{AtRight} \wedge \text{CleanLeft} \wedge \text{CleanRight}$

- **Final:**  $\text{AtLeft} \wedge \text{CleanLeft} \wedge \text{CleanRight}$



- A representação do espaço de busca é feita em uma **árvore and-or**.
- A solução é uma sub-árvore onde **todos os nós folha** levam em algum ponto a solução do problema.

# Árvore And-Or

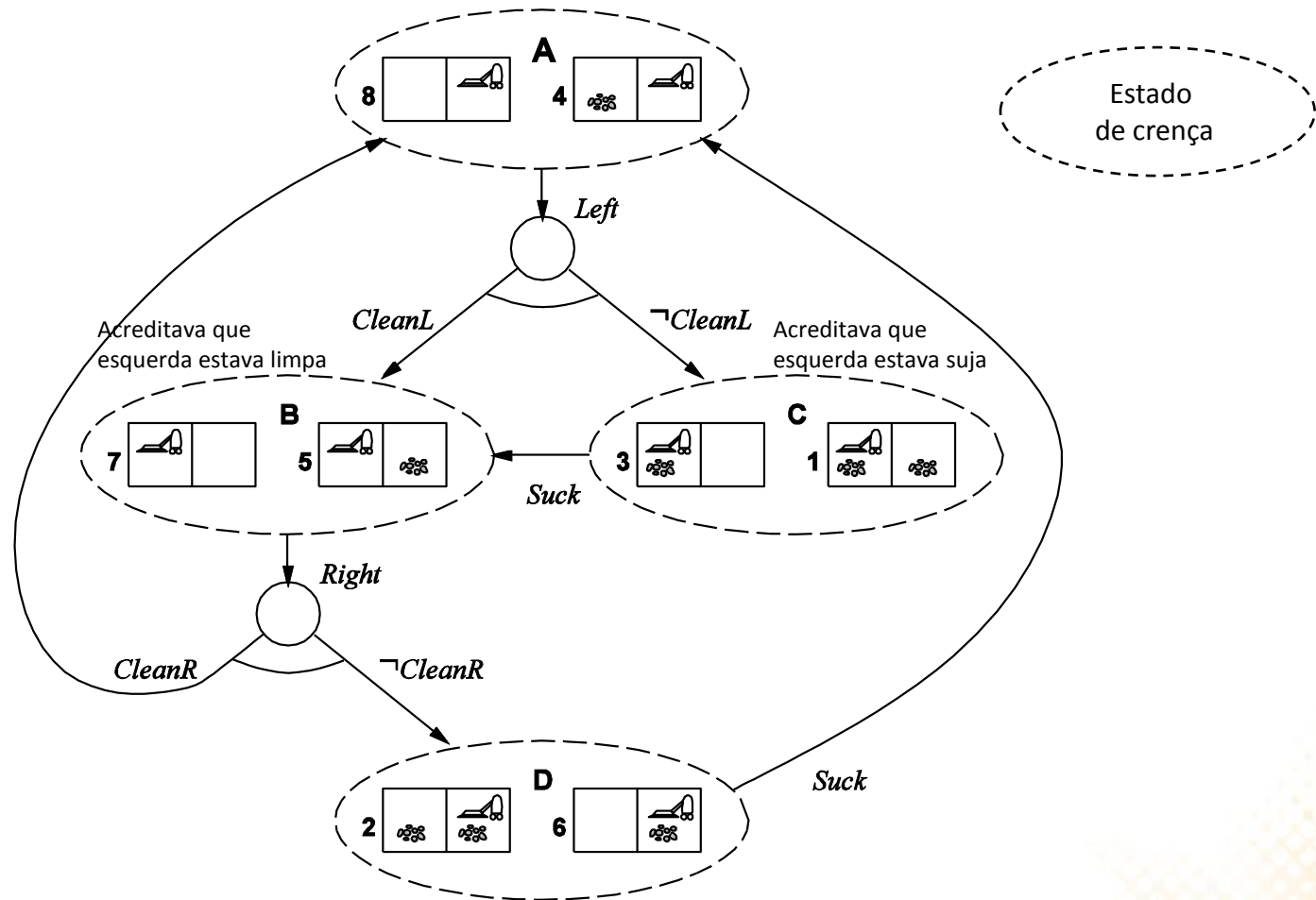




# Planejamento Condicional

- Ambientes **parcialmente observáveis e não determinísticos**:
  - **Os testes condicionais nem sempre funcionam...**
    - Exemplo: aspirador só sabe se tem sujeira na sala em que ele está.
  - **Belief state (estado de crença)**:
    - Ao invés de estado único, deve-se lidar explicitamente com a ignorância para sempre estar consciente do que se sabe (ou do que não se sabe).
    - Representado como um conjunto de estados possíveis.
- **Solução**:
  - Grafos And-Or em estados de crença.

# Grafo And-Or em Estados de Crença



# Monitoramento da Execução com Replanejamento

- Monitoramento da execução checa as percepções para ver se tudo está **indo de acordo com o plano**.
- **Existem dois tipos de monitoramento:**
  - **Monitoramento da ação:** para ver se a próxima ação é aplicável.
    - Exemplo: a porta está fechada.
  - **Monitoramento do plano:** ver se o plano ainda é viável
    - Exemplo: não tem mais dinheiro suficiente.
- **Replanejamento:** Se algo inesperado acontece, pede-se ao planejador um **novo plano** ou tentar reparar o plano antigo.

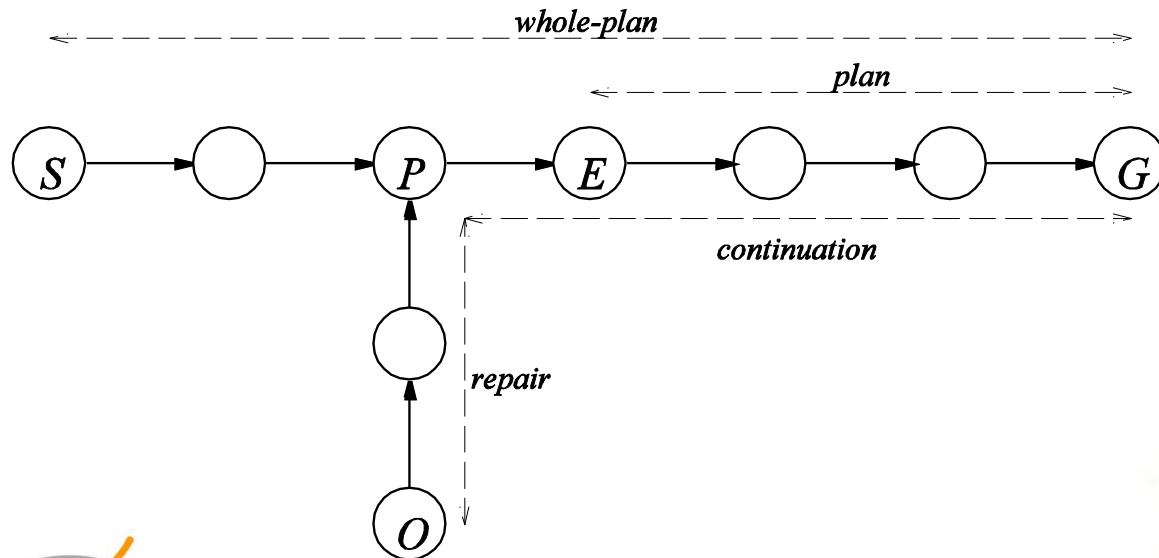
# Monitoramento da Execução com Replanejamento

- A estratégia monitoramento e replanejamento pode ser aplicada em **todos os tipos problemas**.
  - Ambiente total ou parcialmente acessível.
  - Espaço de estados ou de planos.
  - Planos condicionais ou não.

# Monitoramento da Execução com Replanejamento

- **Monitoramento da ação (exemplo):**

- **Whole plan** = plano inteiro (inicial), S= start, G = goal.
- **Plan** = plano que resta.
- O agente deveria chegar em E mas foi para O.
- Então tenta encontrar um plano que leve de O a qualquer ponto de **WholePlan**.



# Monitoramento da Execução com Replanejamento

- **Monitorando plano:**
  - Verifica, a cada passo, as pré-condições para o sucesso do **plano inteiro**.
  - Problemático em ambientes parcialmente acessíveis.
  - Pode-se perder mais tempo verificando todas as condições do futuro plano do que agindo.
  - **Deve ser sempre mantido o monitoramento das ações.**

# Planejamento Contínuo

- **Diferenças:**
  - Cria planos incrementalmente (dentro de limites de tempo)
  - Pode começar a executar um plano mesmo que ele ainda esteja incompleto.
  - Continua planejando durante a execução do plano.
  - Pode mudar de objetivo durante a execução do plano.
- **É capaz de intercalar continuamente entre:**
  - Execução de passos (de percepção e efetivação).
  - Monitoramento.
  - Replanejamento.

# Planejamento Contínuo

- **Exemplo dos blocos:**

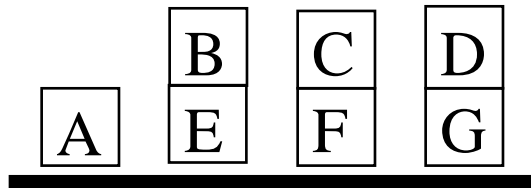
- Plano de ordem parcial condicional.
- Mundo observável (mas funcionaria igual em um mundo não observável)

Action(Mover (x, y),

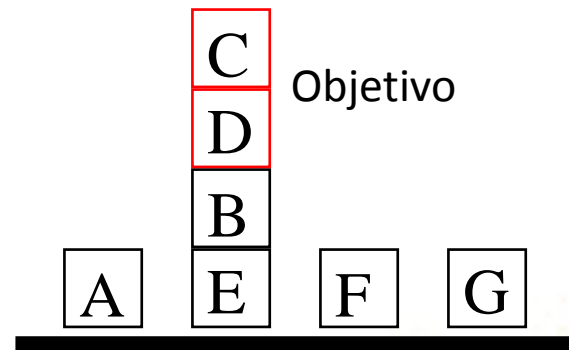
PRECOND:  $\text{Limpo}(x) \wedge \text{Limpo}(y) \wedge \text{EmCima}(x,z)$

EFFECT:  $\text{EmCima}(x,y) \wedge \text{Limpo}(z) \wedge \neg \text{EmCima}(x,z) \wedge \neg \text{Limpo}(y)$ ).

Estado Inicial



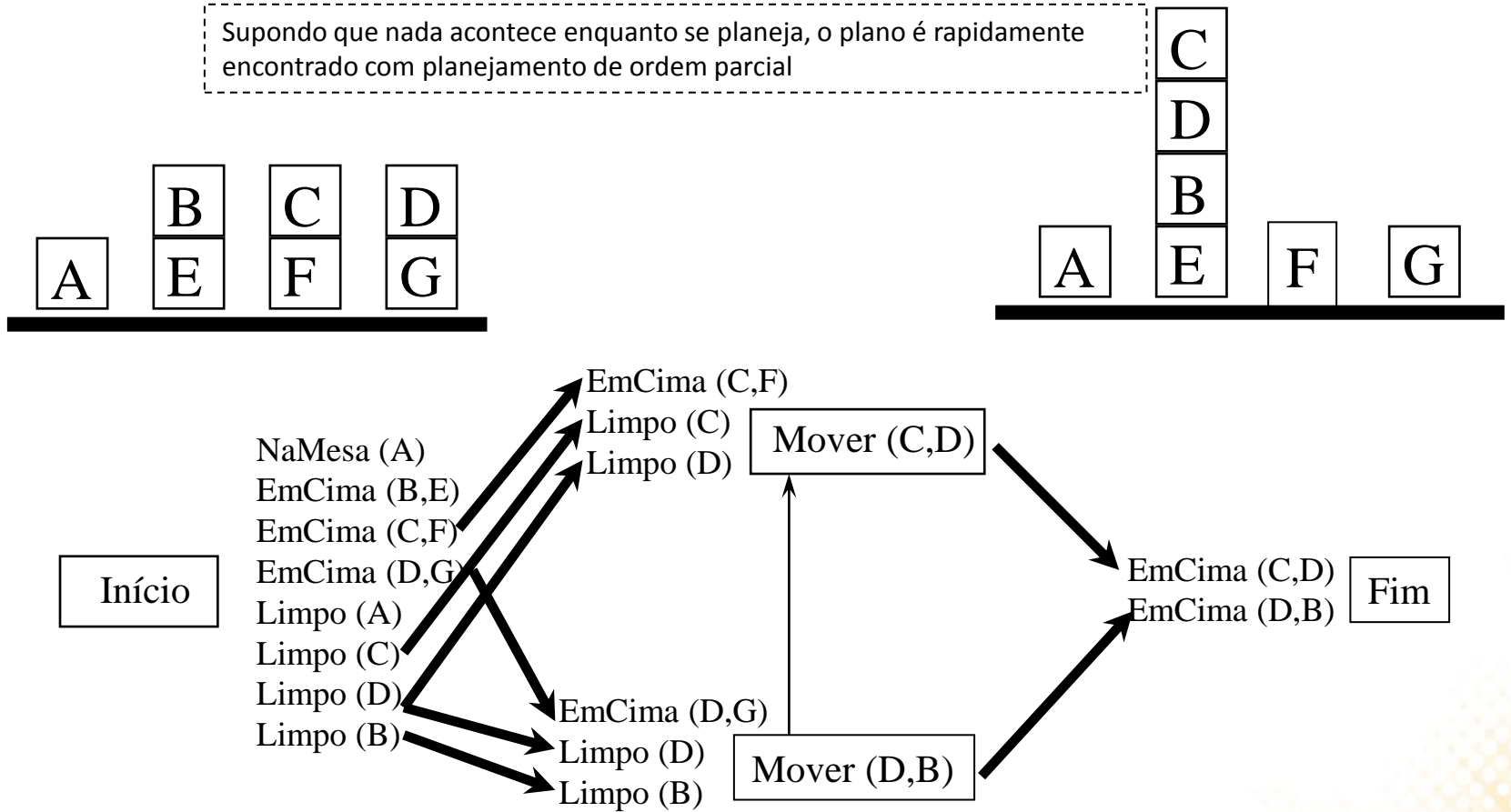
Objetivo





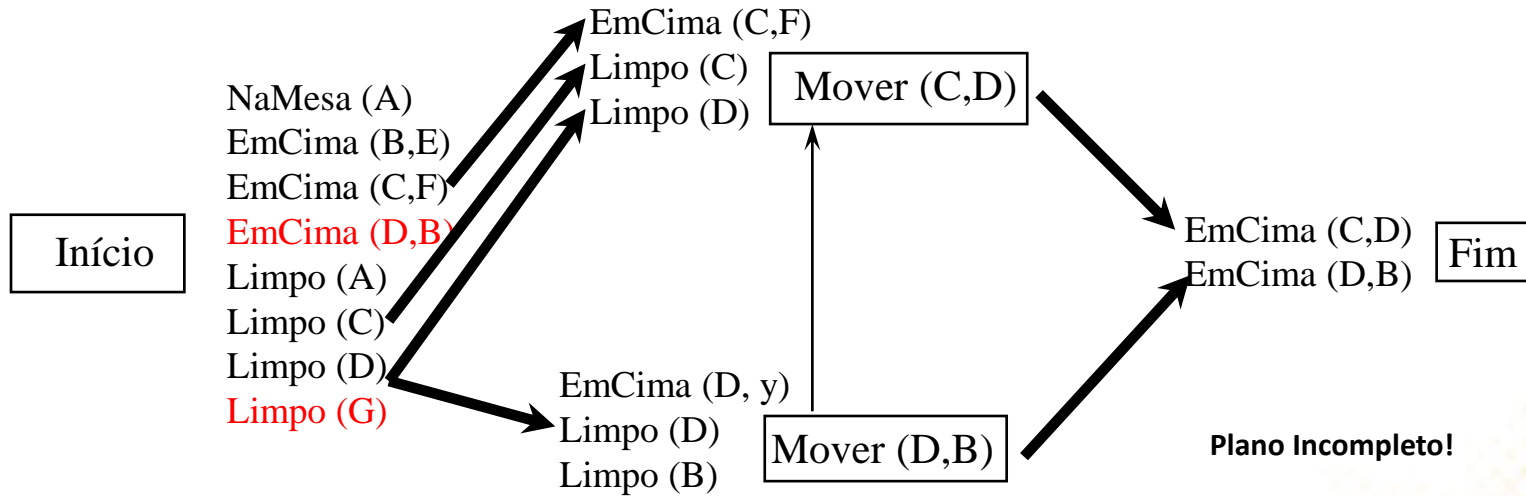
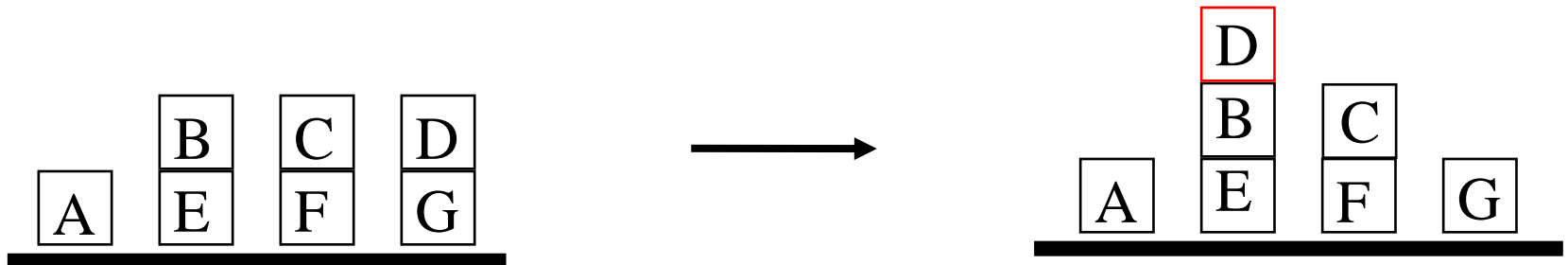
# Planejamento Contínuo

Supondo que nada acontece enquanto se planeja, o plano é rapidamente encontrado com planejamento de ordem parcial



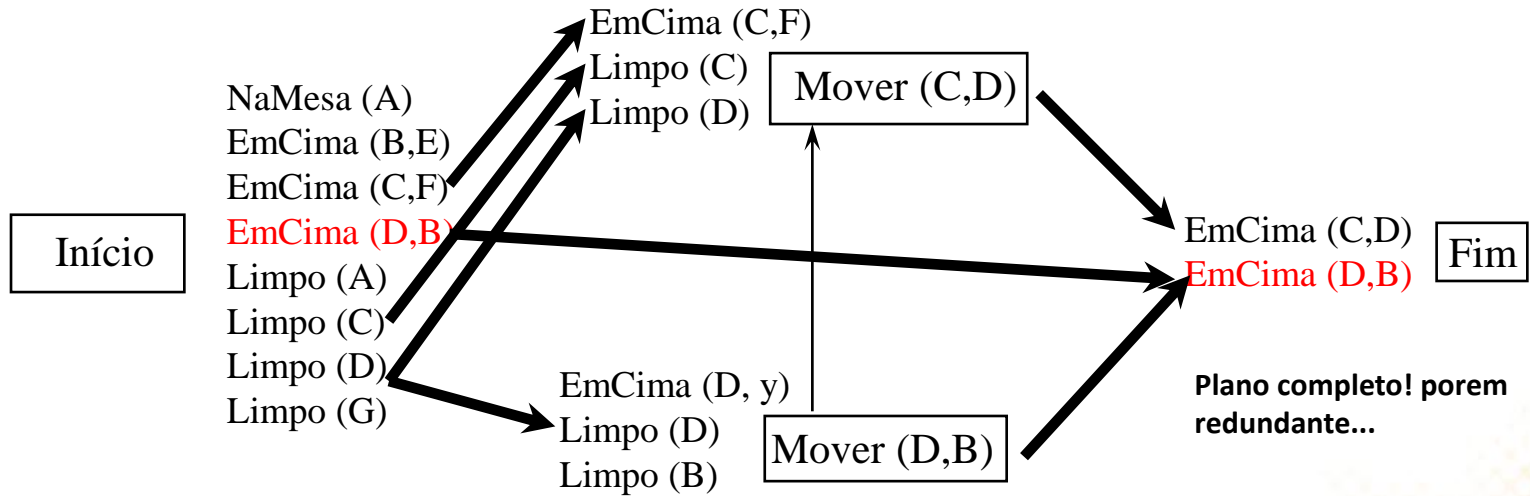
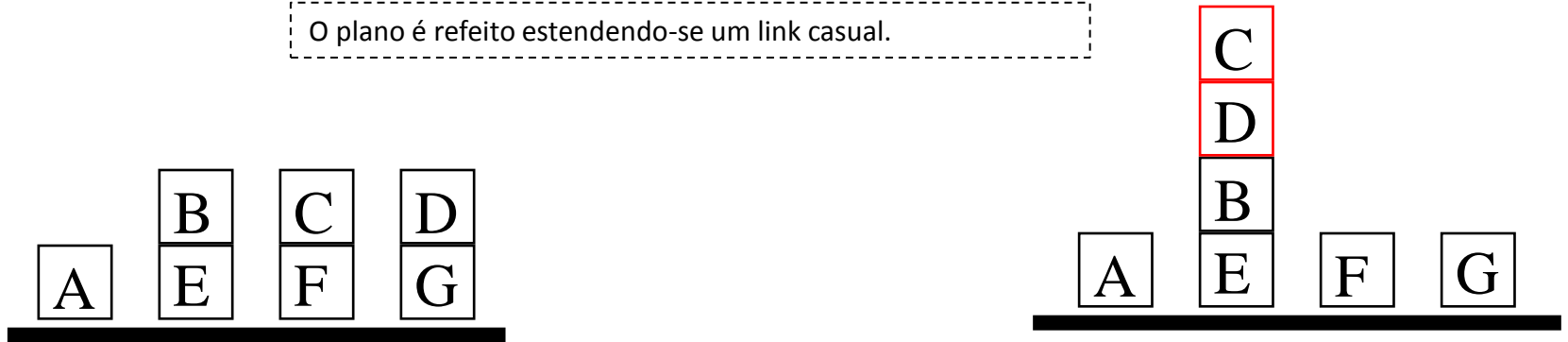
# Planejamento Contínuo

Antes da execução das ações, algo faz com que o ambiente mude.



# Planejamento Contínuo

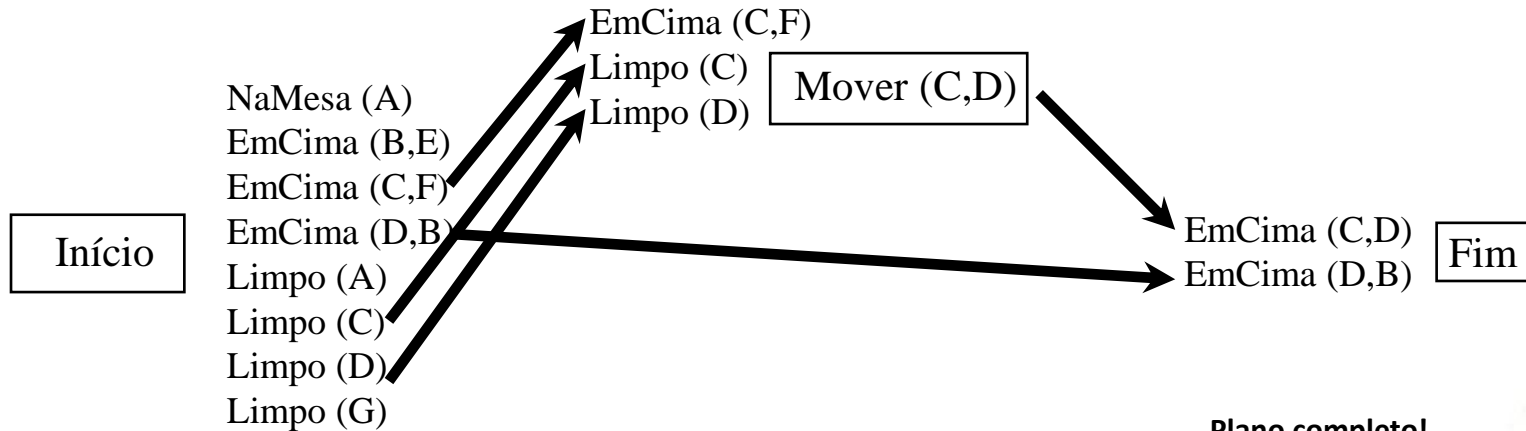
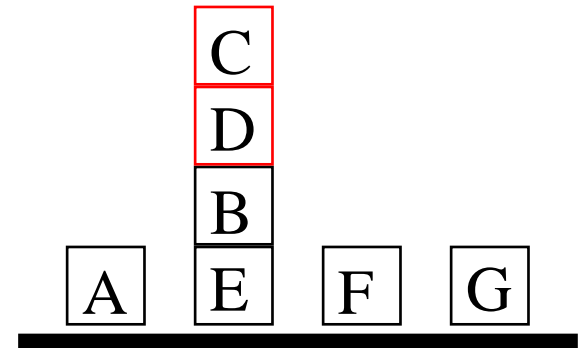
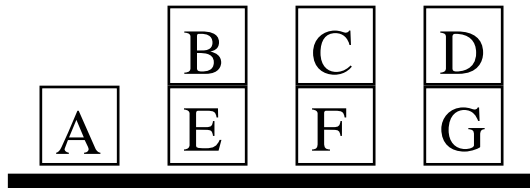
O plano é refeito estendendo-se um link casual.



Plano completo! porem redundante...

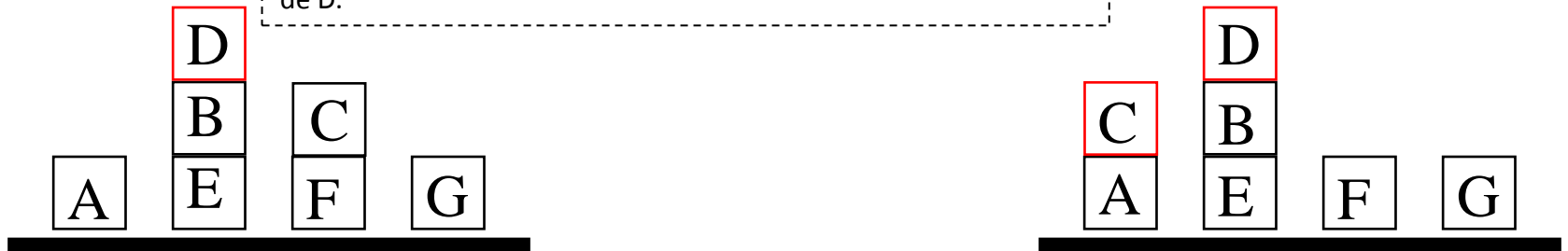
# Planejamento Contínuo

Elimina-se os passos redundantes.



# Planejamento Contínuo

O agente é desastrado... Acaba colocando C em cima de A ao invés de D.



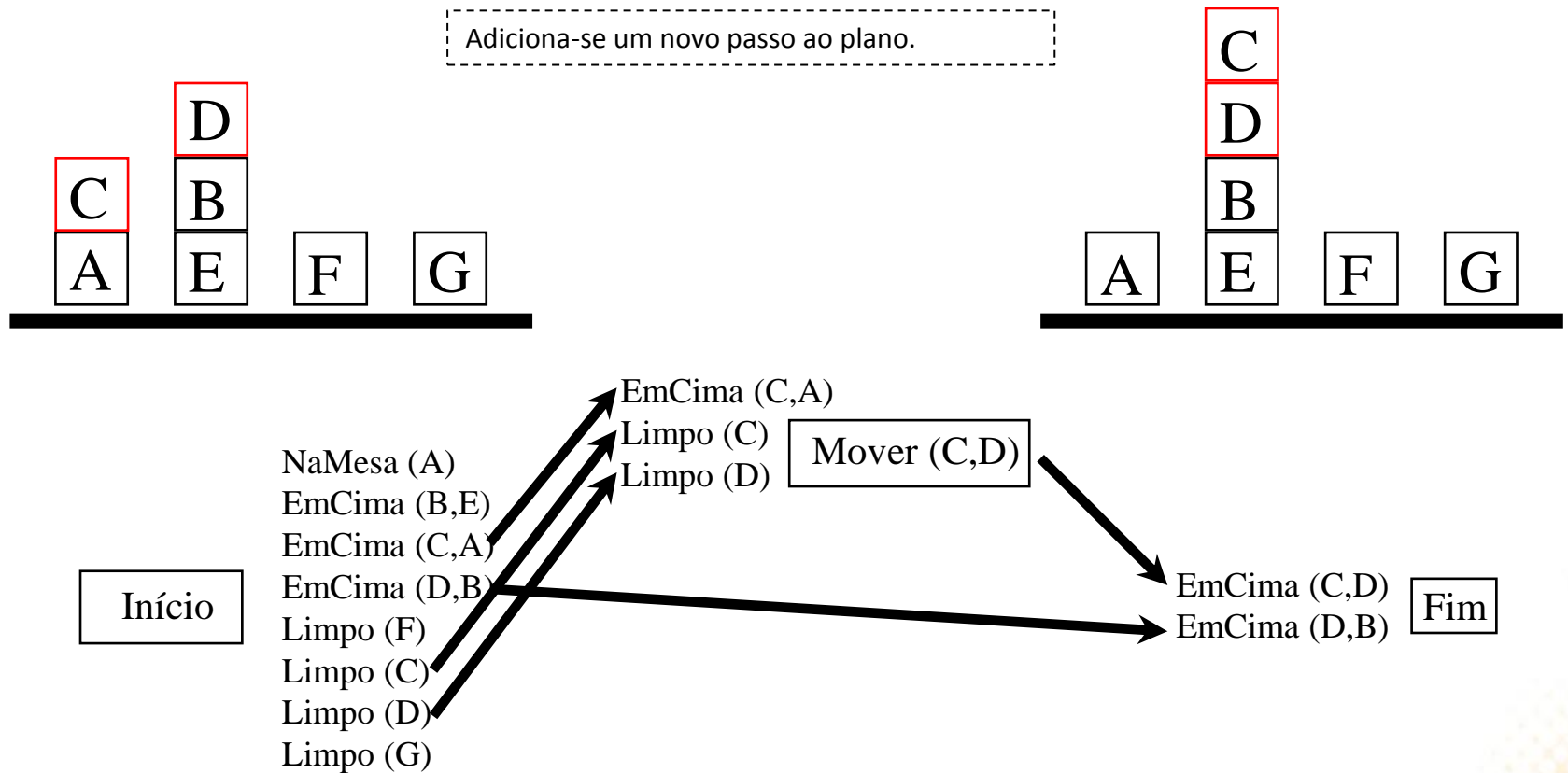
Início

NaMesa (A)  
EmCima (B,E)  
EmCima (C,F)  
EmCima (D,B)  
**Limpo (F)**  
Limpo (C)  
Limpo (D)  
Limpo (G)

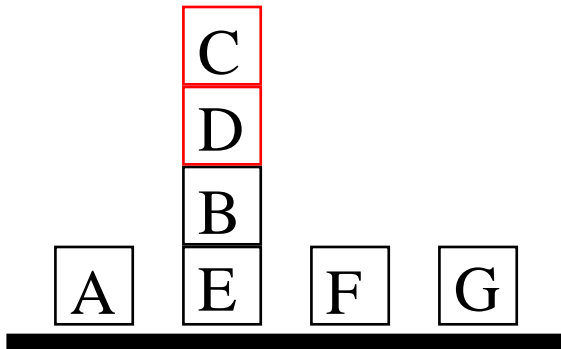
EmCima (C,D)  
EmCima (D,B) Fim



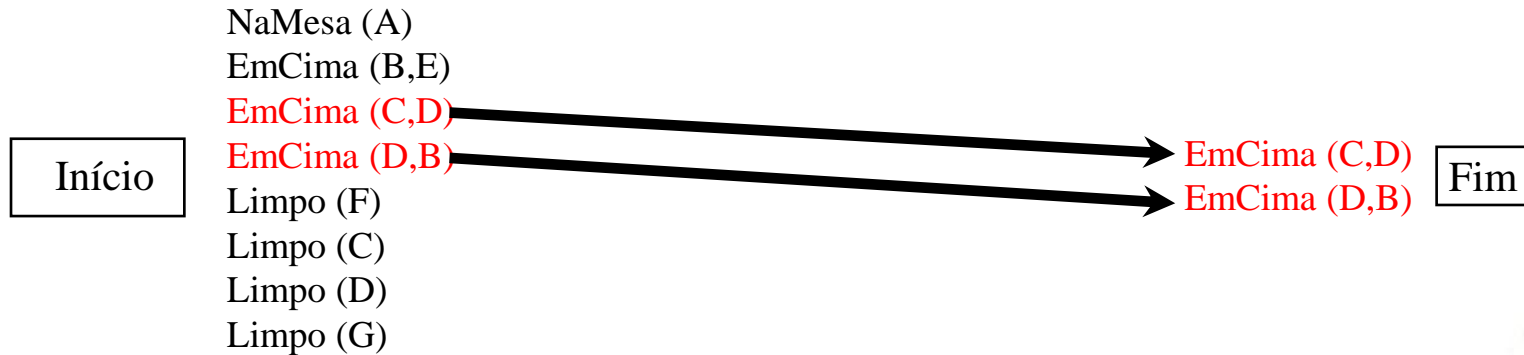
# Planejamento Contínuo



# Planejamento Contínuo



Finalmente o agente consegue realizar o movimento com sucesso e chegar no estado final. Agora ele pode buscar um novo objetivo.



# Leitura Complementar

- Russell, S. and Norvig, P. **Artificial Intelligence: a Modern Approach**, 2nd Edition, Prentice-Hall, 2003.
- **Capítulo 11: Planning**
- **Capítulo 12: Planning and Acting in the Real World**

