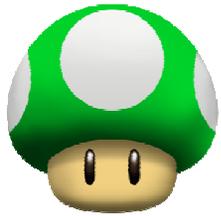


# INF 1771 – Inteligência Artificial

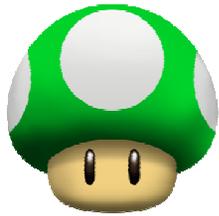
## Aula 13 – Planejamento em Ambientes Não-Determinísticos

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



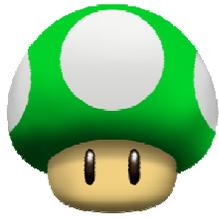
# Planejamento Clássico

- ❏ 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**.



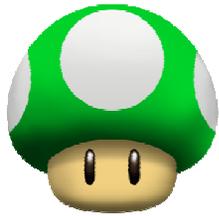
# Planejamento em Ambientes Incertos

- ❏ 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**.



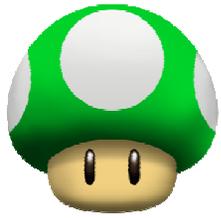
## Planejamento em Ambientes Não-Determinísticos

- 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, a priori, 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.



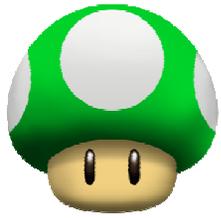
# Exemplo

## ❏ **Problema da Mesa e Cadeira:**

❏ **Estado inicial:** Uma cadeira, uma mesa e algumas latas de tinta, tudo com cores desconhecidas.

❏ **Estado final:** Cadeira e mesa com a mesma cor.

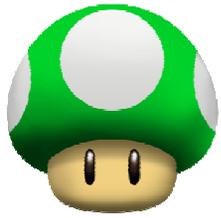
❏ **Planejamento clássico** não poderia resolver esse problema, pois o estado inicial não é totalmente especificado.



# Exemplo

## ❏ **Planejamento sem sensores:**

- ❏ Considera todas as circunstâncias independentemente do estado inicial.
- ❏ **Coerção** - Agir para forçar o mundo para estados desejáveis.
- ❏ **Solução Cadeira+Mesa:** Abrir uma lata e pintar cadeira e mesa com ela (mesmo que algum dos móveis já esteja com esta cor).



# Exemplo

## 📌 **Planejamento condicional:**

- 📌 Constrói, a priori, um plano (fixo) com diferentes ramificações para diferentes contingentes.
- 📌 Percebe o ambiente para saber que ramo seguir.

## 📌 **Plano Cadeira+Mesa:**

Percebe as cores da cadeira e da mesa

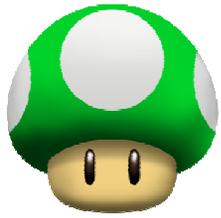
**Se** iguais, **então** termina

**Se não,**

percebe o rótulos das latas

**Se** houver alguma com a mesma cor de um dos mobiliários, **então** aplica-a ao outro

**Se não,** pinta ambos com a mesma cor.



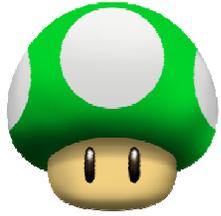
# Exemplo

## ❏ **Monitoramento da execução com replanejamento:**

- ❏ 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.

## ❏ **Plano Cadeira+Mesa:**

- ❏ Se por acaso a pintura deixou alguma cor antiga aparecendo, pinta-se novamente a mobília em questão.



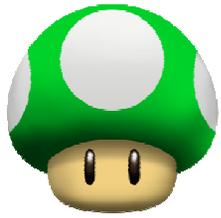
# Exemplo

## ❓ **Planejamento contínuo:**

- ❓ Capaz de tratar eventos inesperados, mesmo durante a construção do plano.

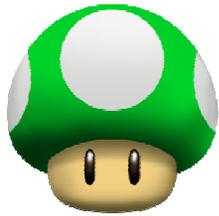
## ❓ **Cadeira+Mesa:**

- ❓ Se alguém está jantando, adia a pintura para o outro dia.



# Planejamento Condicional

- ❏ Aplicação em ambientes **completamente observáveis**:
  - ❏ O agente sabe seu estado atual, mas se o ambiente for não determinístico, ela 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

### ❏ Formalizando o problema em linguagem **STRIPS**:

❏ **Efeitos disjuntivos** – a ação possui um ou mais efeitos:

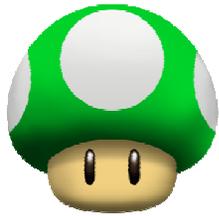
❏ **Action**(Left, **Precond**: AtR, **Effect**: AtL  $\vee$  AtR)

❏ **Efeitos condicionais** – o efeito depende do estado onde a ação foi executada:

❏ **Action**(Suck, **Precond**:, **Effect**: (when AtLeft: CleanL)  $\wedge$  (when AtRight, CleanR))

❏ **Passos condicionais** – para testar na execução:

❏ **If** <AtL>  $\wedge$  CleanL **then** Right **else** Suck



## Planejamento Condicional – Aspirador de Pó

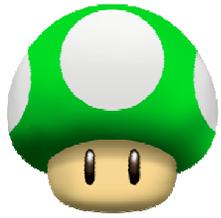
### Estados:

**Inicial:**  $AtR \wedge CleanL \wedge CleanR$

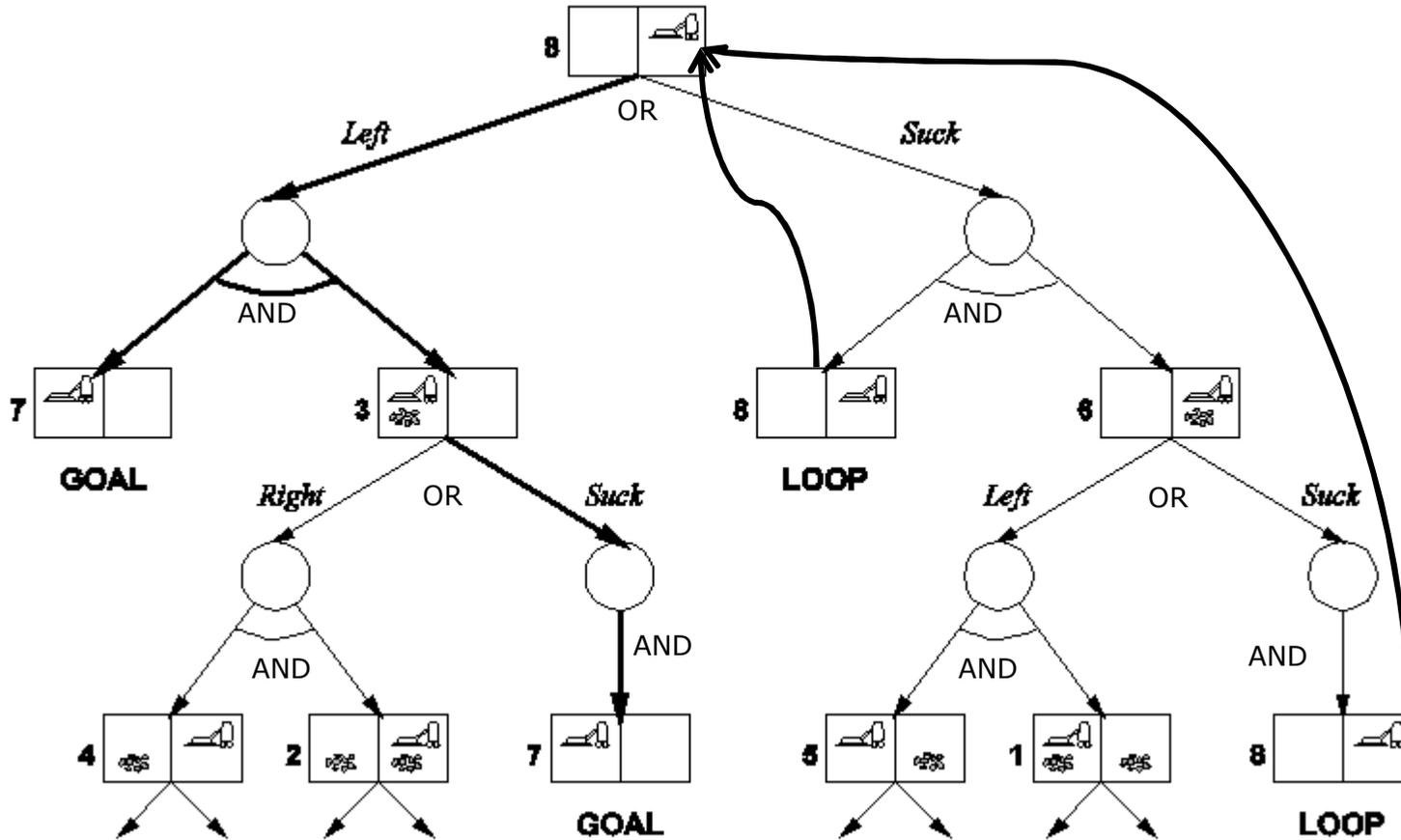
**Final:**  $AtL \wedge CleanL \wedge CleanR$

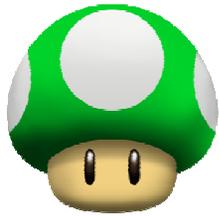


- A representação do espaço de busca é feita em uma **árvore and-or**.
- A solução é uma sub-árvore onde **todos os nós folha** levam em algum ponto a solução do problema.



# Árvore And-Or

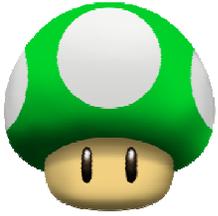




# Planejamento Condicional

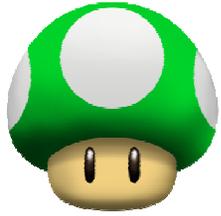
- ❏ Ambientes **parcialmente observáveis** e **não determinísticos**:
  - ❏ **Os testes condicionais nem sempre funcionam...**
    - ❏ Exemplo: aspirador só sabe se tem sujeira na sala em que ele está.
  - ❏ **Belief state (estado de crença):**
    - ❏ Ao invés de estado único, deve-se lidar explicitamente 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.
  - ❏ Combina planejamento condicional com planejamento sem sensores.





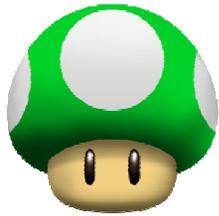
## Monitoramento da Execução com Replanejamento

- ❏ 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

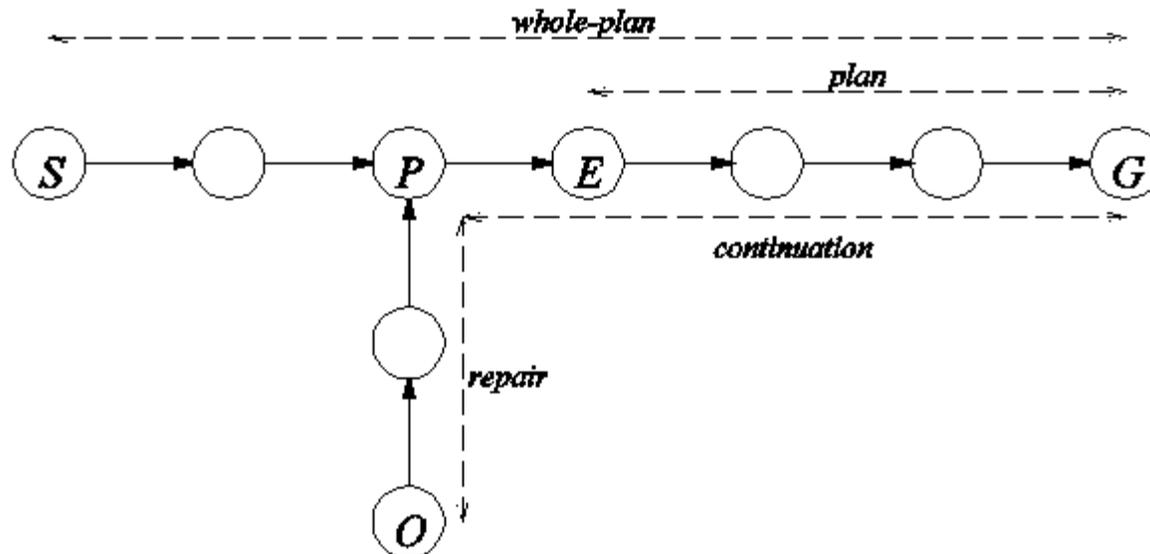
- ❑ A estratégia monitoramento e replanejamento pode ser aplicada em **todos os tipos problemas**.
  - ❑ Ambiente total ou parcialmente acessível.
  - ❑ Espaço de estados ou de planos.
  - ❑ Planos condicionais ou não.

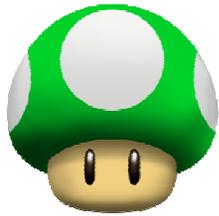


# Monitoramento da Execução com Replanejamento

## 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

📌 **Estado inicial:** cadeira azul, mesa verde, lata de tinta azul e lata de tinta vermelha. A mesa e a cadeira deve ser pintadas da mesma cor.

📌 **Formalmente:**

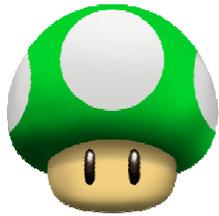
Init (Color(Chair,Blue)  $\wedge$  Color(Table,Green)  $\wedge$  PaintCan(BC),  
ContainsColor(BC,Blue), PaintCan(RC), ContainsColor(RC,Red))

Goal (Color(Chair, x)  $\wedge$  Color(Table, x))

Action (Paint(object,color),  
PRECOND: HavePaint(color)  
EFFECT: Color(object,color))

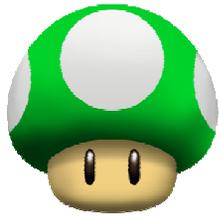
Action (Open(can),  
PRECOND: PaintCan(can)  $\wedge$  ContainsColor(can,color)  
EFFECT: HavePaint(color))

📌 **Plano:** [Start; Open(BC); Paint(Table,Blue); Finish]



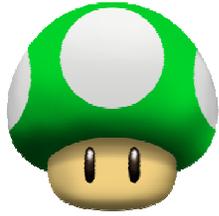
## Monitoramento da Execução com Replanejamento

- ❏ **Agente executaria:** Start; Open(BC); Paint(Table,Blue)
- ❏ Mas, antes de executar Finish, ele acaba verificando que esqueceu uma **mancha verde na mesa...**
- ❏ Neste caso, a função Repair **retornaria diretamente para o plano inteiro** (inicial) em Paint(Table,Blue).
- ❏ Funciona naturalmente como um laço que verificaria se a ação foi executada com sucesso, contrário faria novamente a ação.



## Monitoramento da Execução com Replanejamento

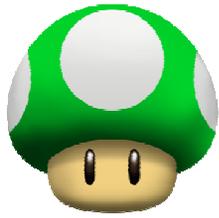
- ❏ Algumas vezes, apenas o **monitoramento de ação** não é o bastante:
  - ❏ **Somente detecta a falha tarde demais.** Verifica, a cada passo, somente se o próximo passo é executável.
  - ❏ **Exemplo:** decidir pintar tudo de vermelho e depois de pintar a cadeira, descobrir que não tem tinta suficiente para a mesa.
  - ❏ Em alguns problemas é necessário, em qualquer estado, **detectar falhas que inviabilizam o resto do plano.**



## 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.**



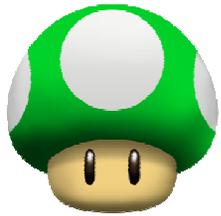
# Planejamento Contínuo

## ❏ **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:

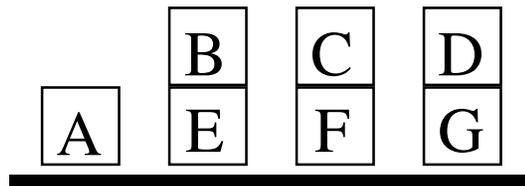
- Plano de ordem parcial condicional.
- Mundo observável (mas funcionaria igual em um mundo não observável)

Action(Mover (x, y),

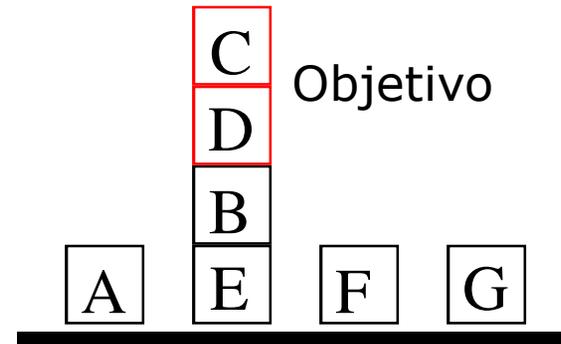
PRECOND:  $\text{Limpo}(x) \wedge \text{Limpo}(y) \wedge \text{EmCima}(x,z)$

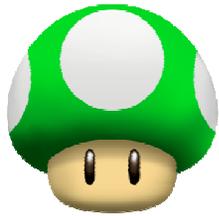
EFFECT:  $\text{EmCima}(x,y) \wedge \text{Limpo}(z) \wedge \neg \text{EmCima}(x,z) \wedge \neg \text{Limpo}(y)$ ).

Estado Inicial



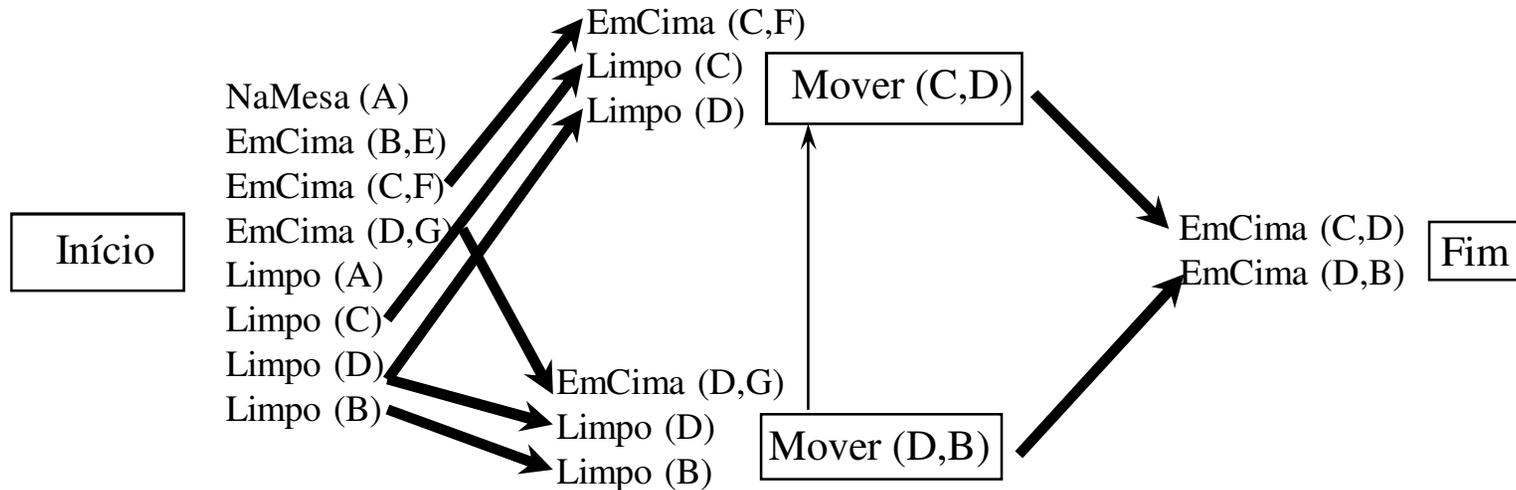
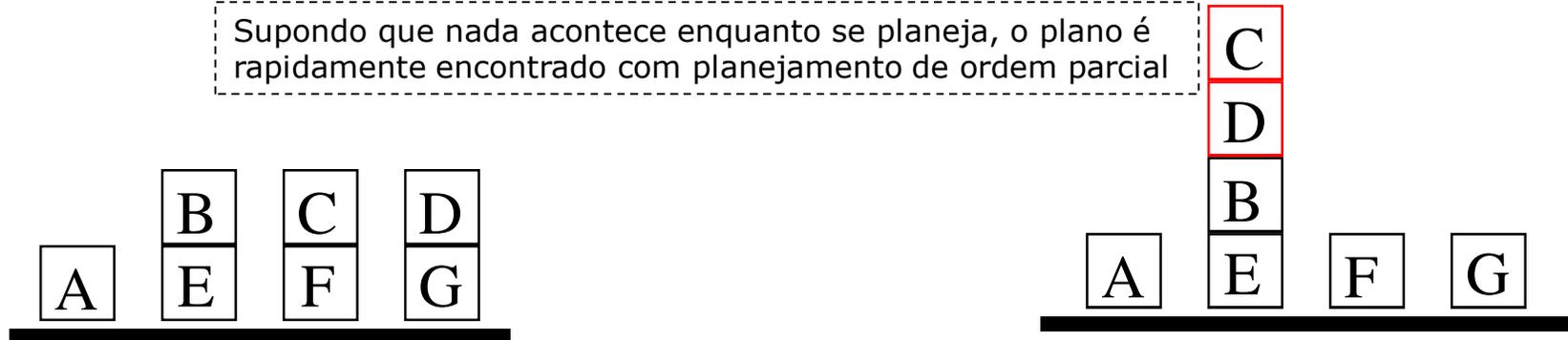
Objetivo

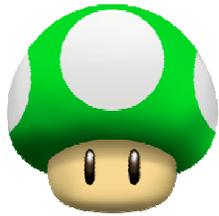




# Planejamento Contínuo

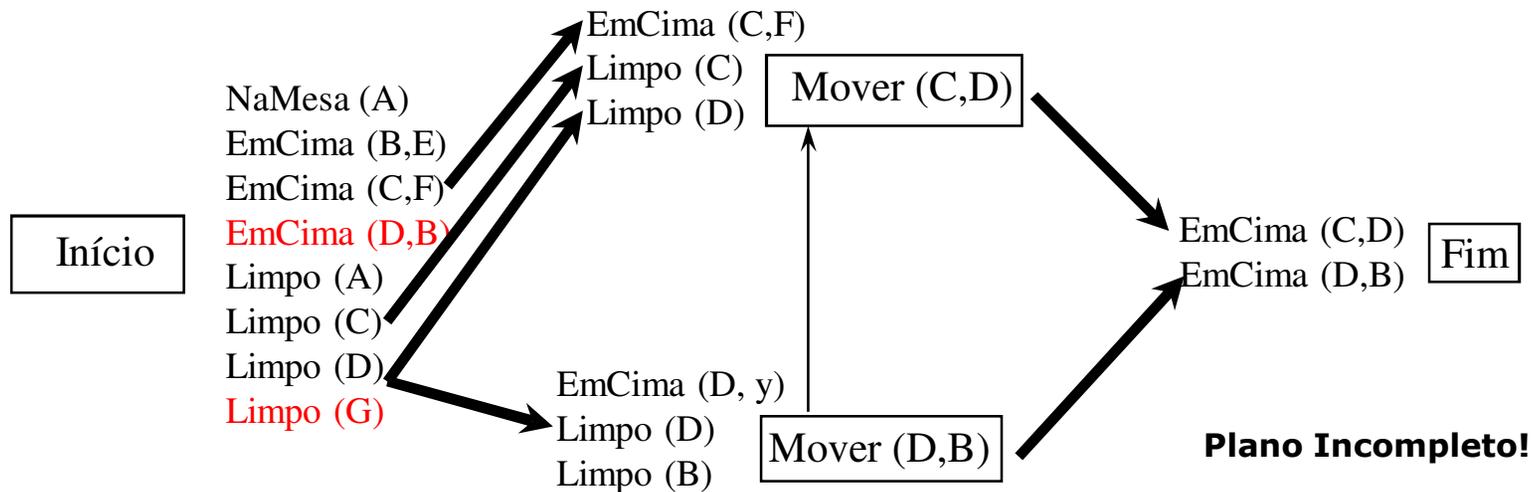
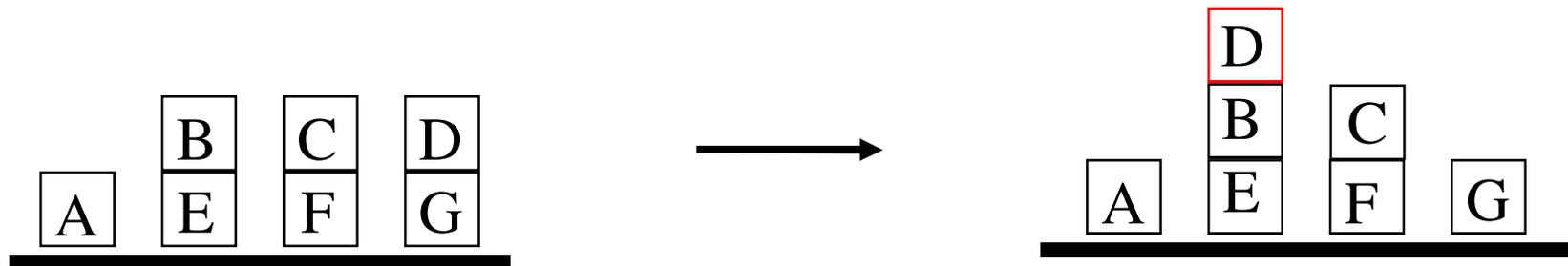
Supondo que nada acontece enquanto se planeja, o plano é rapidamente encontrado com planejamento de ordem parcial

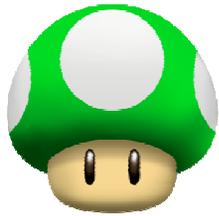




# Planejamento Contínuo

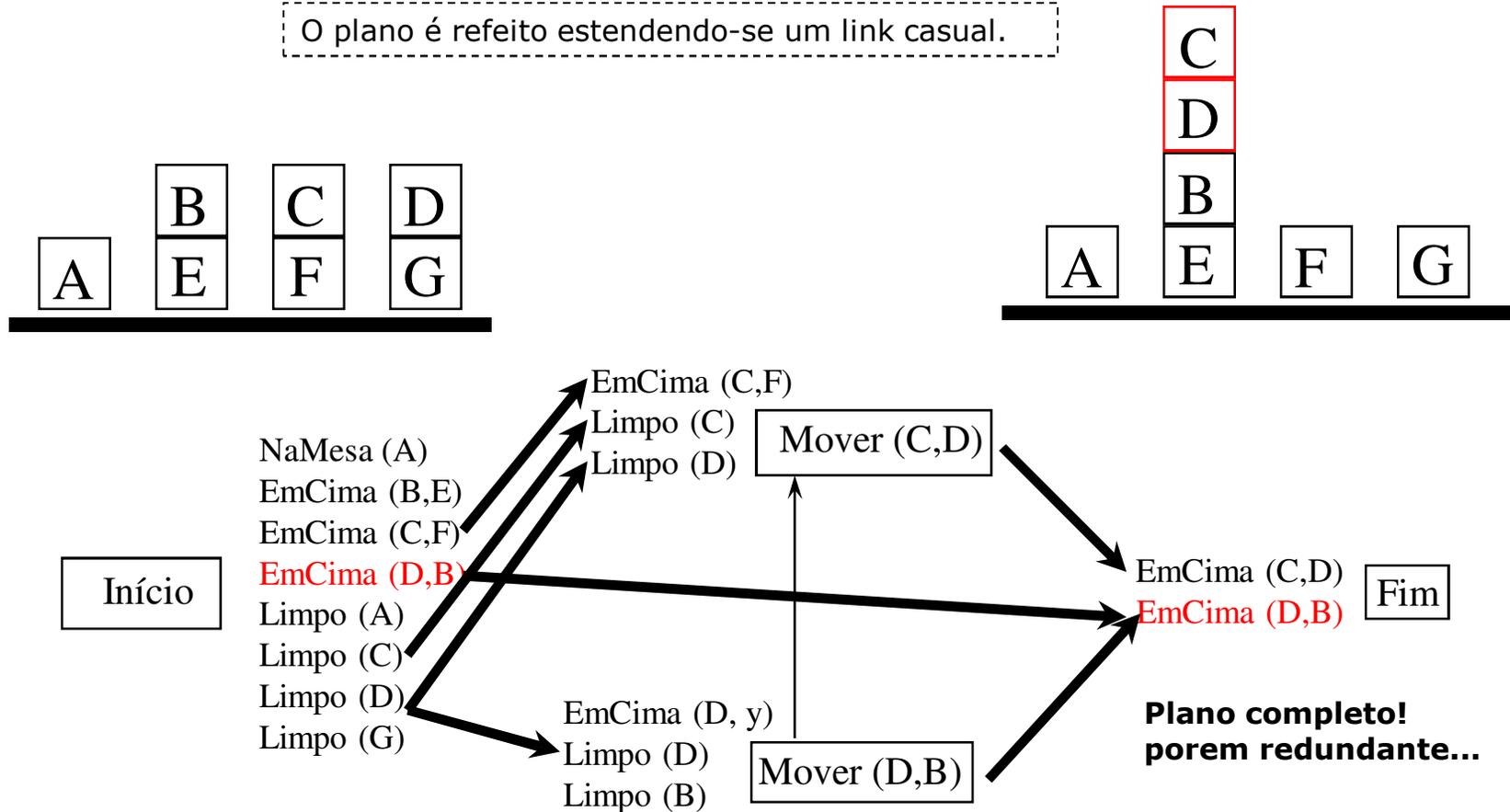
Antes da execução das ações, algo faz com que o **ambiente mude**.

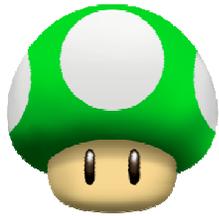




# Planejamento Contínuo

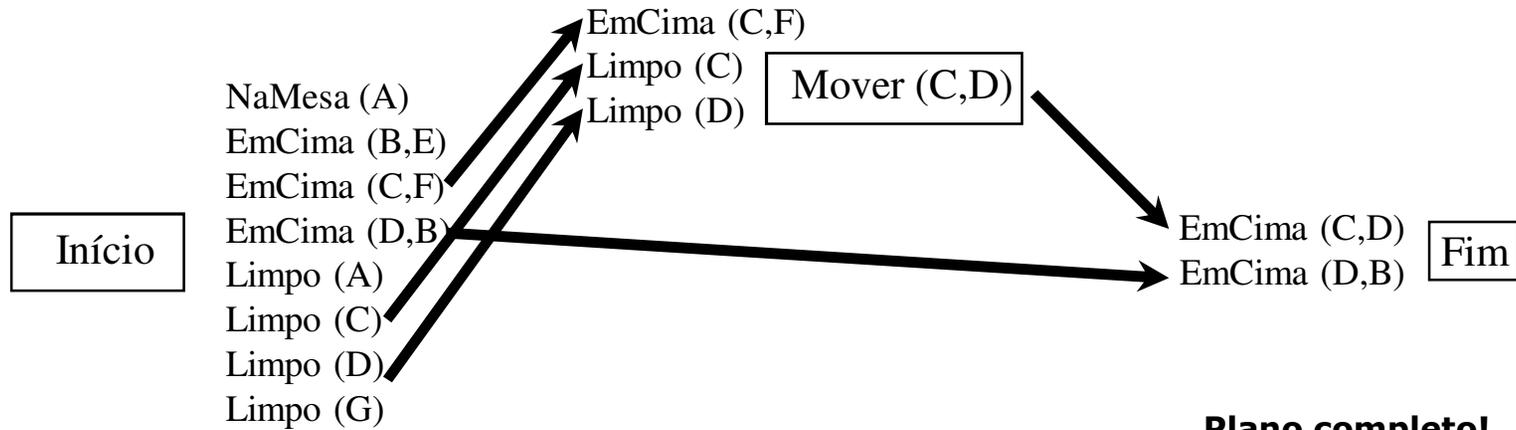
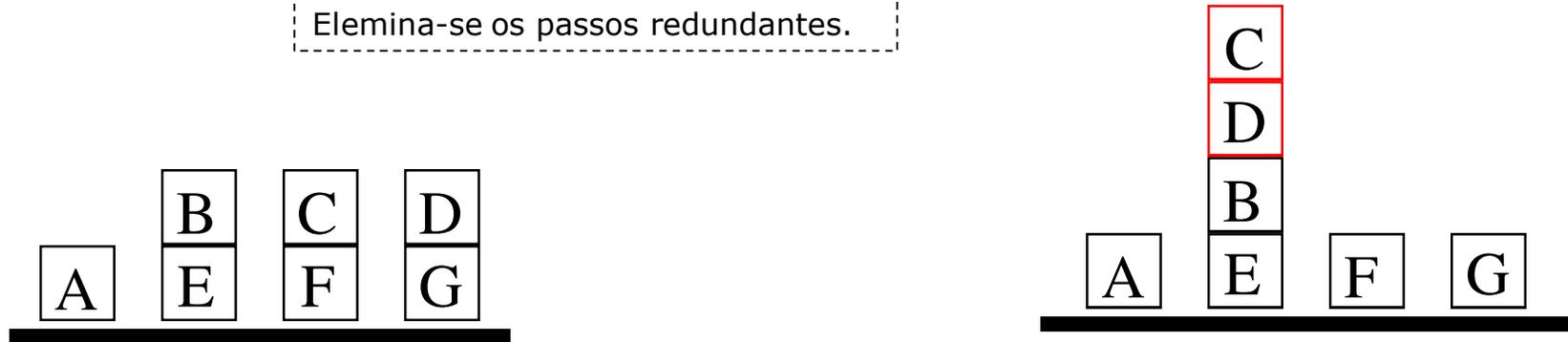
O plano é refeito estendendo-se um link casual.



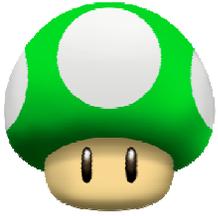


# Planejamento Contínuo

Elimina-se os passos redundantes.

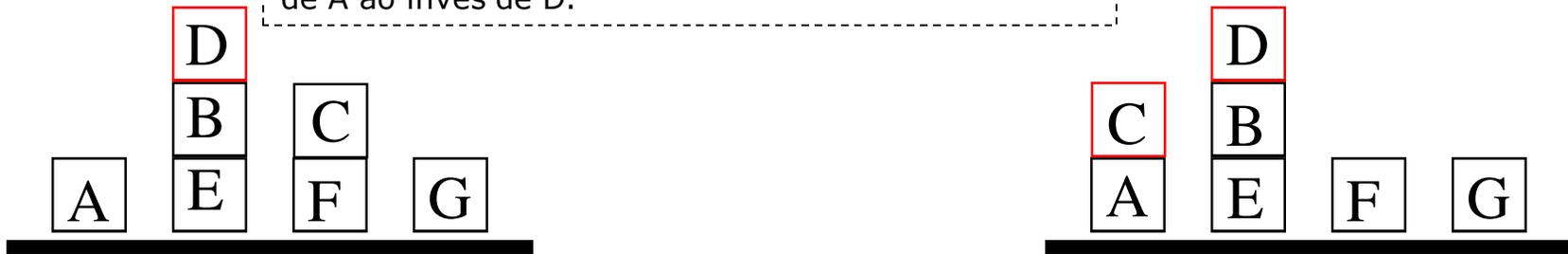


**Plano completo!**



# Planejamento Contínuo

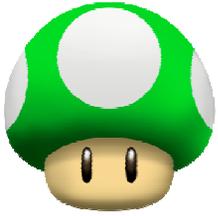
O agente é desastrado... Acaba colocando C em cima de A ao invés de D.



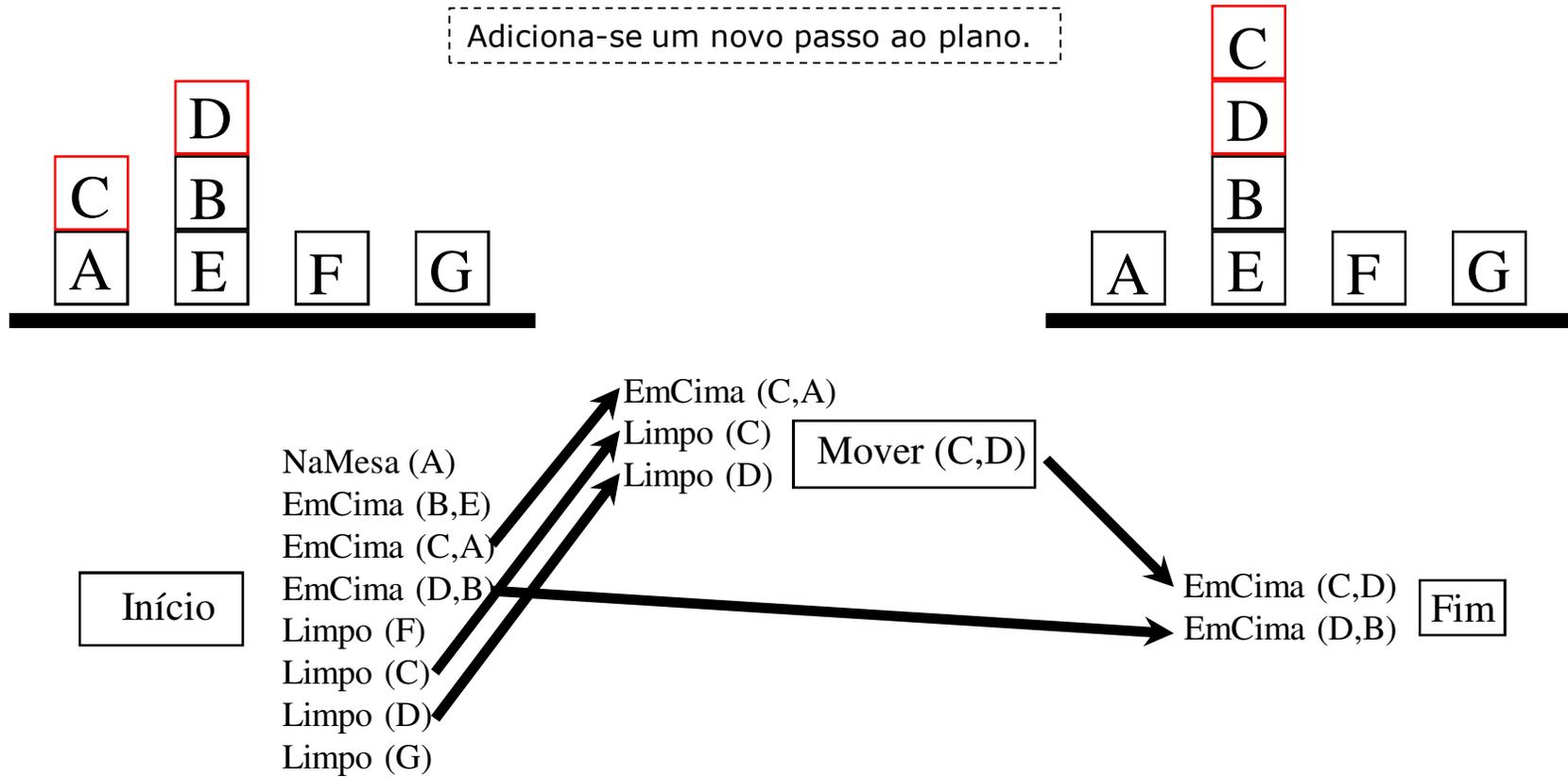
Início

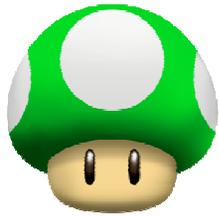
NaMesa (A)  
EmCima (B,E)  
EmCima (C,F)  
EmCima (D,B)  
**Limpo (F)**  
Limpo (C)  
Limpo (D)  
Limpo (G)

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

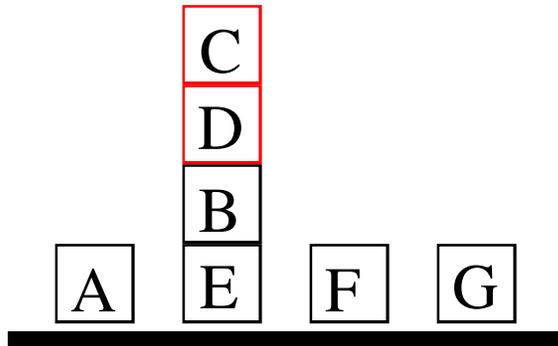


# Planejamento Contínuo

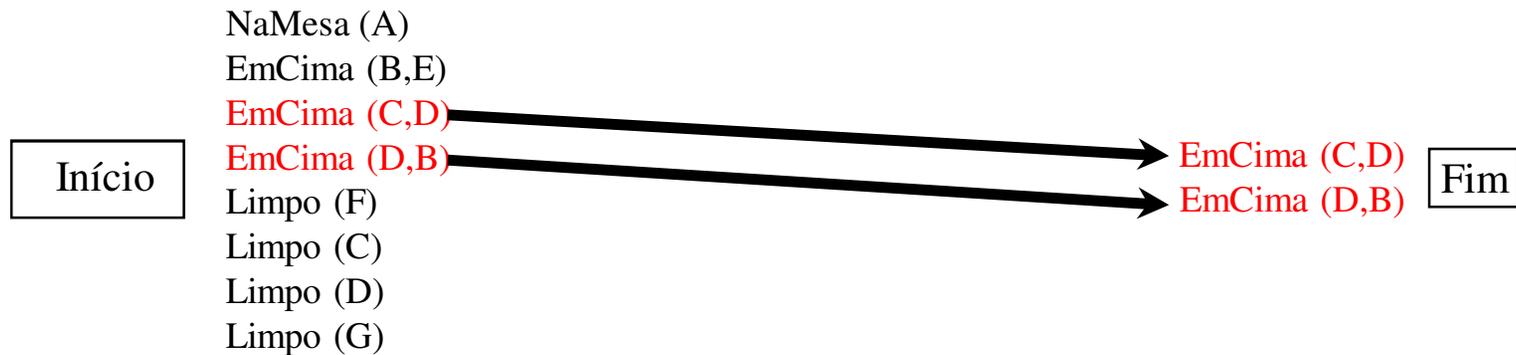


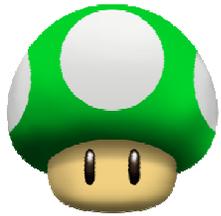


# Planejamento Contínuo



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





# Problemas

- ❏ Os agentes estudados até agora **não sabem decidir** formalmente o que fazer quando existe uma probabilidade de uma ação levar a falha total de um plano.
- ❏ Soluções?