

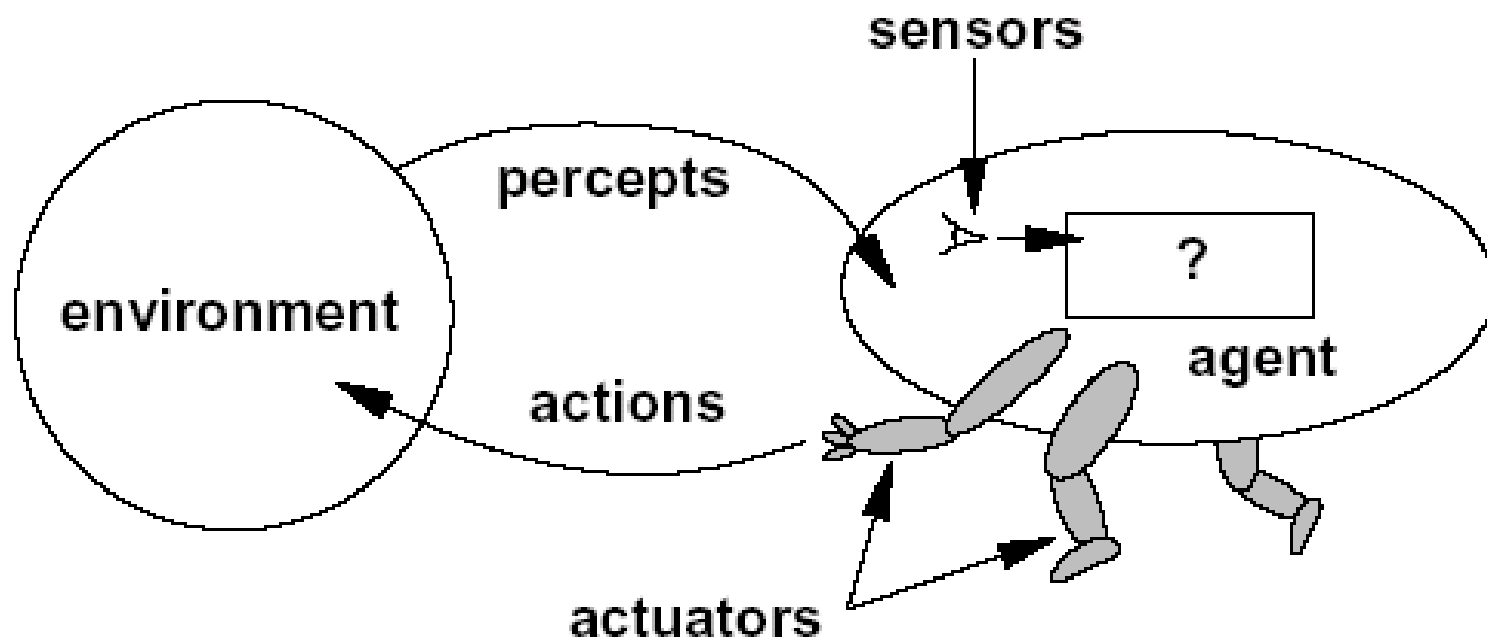
# AGENTES INTELIGENTES E PROBLEMAS COMPLEXOS

Prof. Dr. Igor da Penha Natal

Baseado no Cap. 2 do livro de Russel e Norving - “Inteligência Artificial”, 2ª ed.

# Agentes

2



# Agentes

3

## □ Definição:

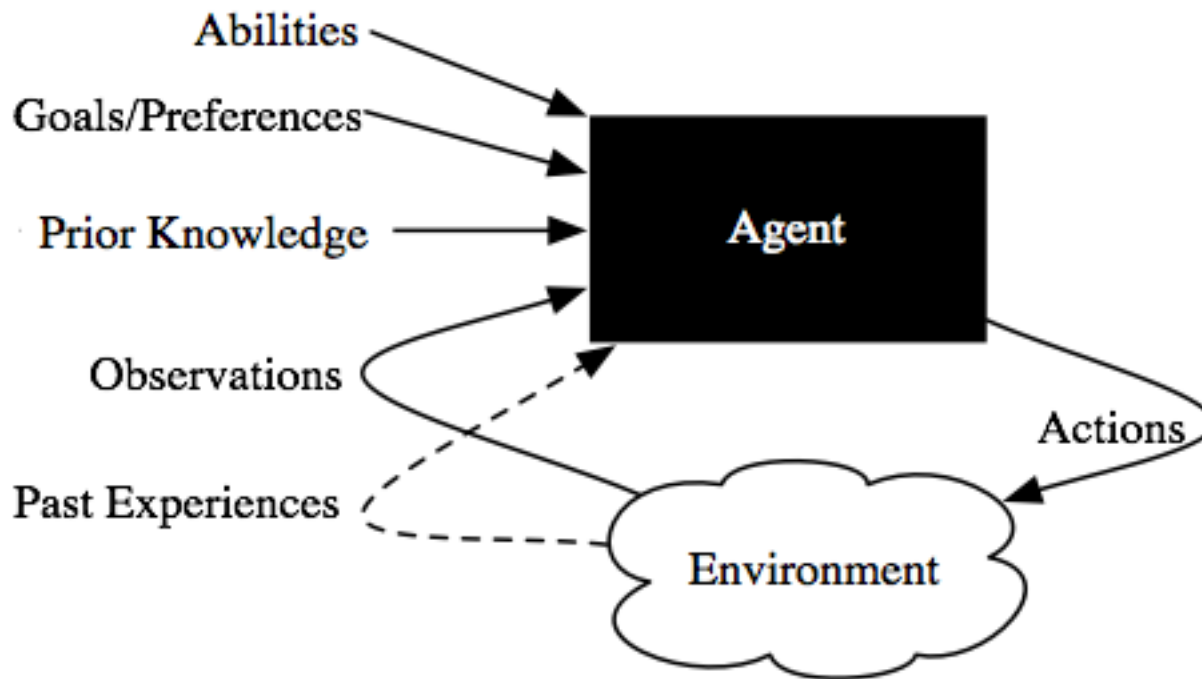
- Um agente é qualquer coisa que pode **perceber** seu **ambiente** por meio de **sensores** e **agir** sobre este ambiente por meio de **atuadores**.

## □ Exemplos de agentes:

- Ser humano: 5 sentidos, braços, boca, ...
- Robô: câmeras, detectores infravermelho, sonares, motores, ...
- Software: teclado, arquivos, pacotes da rede, impressora, vídeo, ...  
(sensações e ações estão codificados em bits)

# Agentes (outra visão)

4



# Exemplo de agente: Robô

5

- **Habilidades**: movimento, garras, fala, expressões faciais ...
- **Observações**: visão, sonar, reconhecimento de fala e gestos, ...
- **Objetivos**: entregar comida, procurar pessoas, explorar, ...
- **Experiência passada**: efeito do volante, nível de lisura do chão, como as pessoas se movem ...
- **Conhecimento prévio**: o que é uma característica importante, categorias dos objetos, o que um sensor informa ...

# Exemplo de agente: Médico

6

- **Habilidades:** operar, testar, prescrever medicamentos, explicar instruções ...
- **Observações:** sintomas verbais, resultados de testes, aparência visual ...
- **Objetivos:** remover a doença, aliviar a dor, aumentar a expectativa de vida, reduzir custos ...
- **Experiência passada:** tratamentos, efeitos dos medicamentos, resultado de testes para um dado sintoma ...
- **Conhecimento prévio:** doenças possíveis, sintomas, relações causais possíveis ...

# Exemplo de agente: Interface com usuário

7

- **Habilidades:** apresentar informação, perguntar ao usuário, achar outra fonte de informação, filtrar informação, interromper ...
- **Observações:** pedidos do usuário, informação recuperada, *feedback* ao usuário, expressões faciais ...
- **Objetivos:** apresentar informação, maximizar a informação útil, minimizar a informação irrelevante, privacidade, ...
- **Experiência passada:** efeito dos modos de apresentação, confiabilidade das fontes de informação, ...
- **Conhecimento prévio:** fontes de informação, modalidades de apresentação, ...

# Exemplos de domínios de aplicações

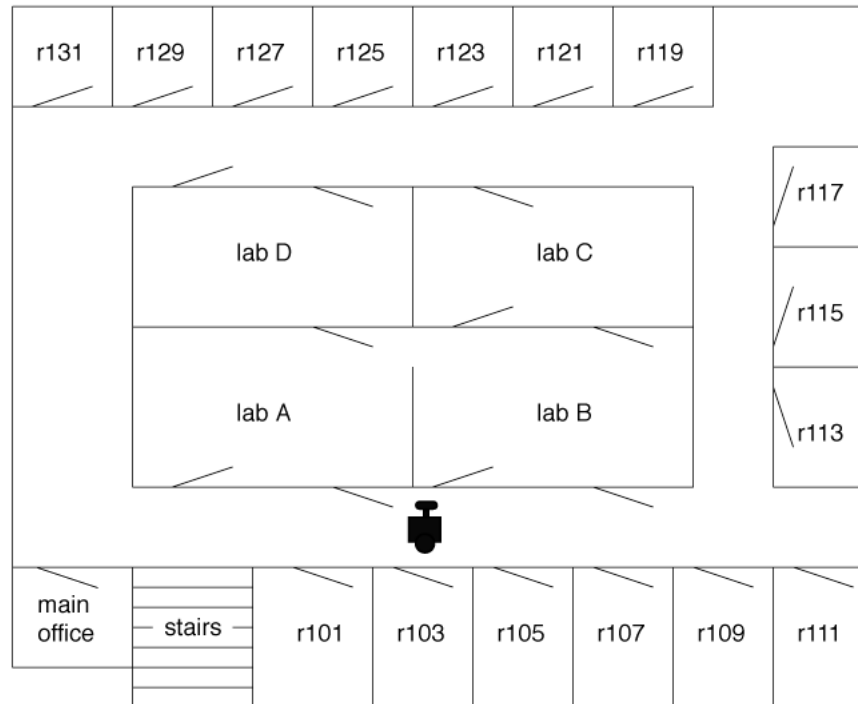
8

- Robô de entrega autônomo que perambula em torno de um ambiente de escritório e oferece café, pacotes, ...
- Assistente de diagnóstico que ajuda um ser humano a solucionar problemas e sugere reparos ou tratamentos, e.g., problemas elétricos, diagnóstico médico, etc.
- Agente de negociação que compra bens e serviços em seu nome na Web.



# Exemplo: Domínio para um robô de entregas autônomo

9



# Exemplo: O que o robô de entregas precisa fazer?

10

- ❑ Determinar aonde está o escritório de Craig. Onde é o café ...
- ❑ Encontrar um caminho entre dois locais.
- ❑ Planejar como efetuar várias tarefas.
- ❑ Fazer suposições padrões sobre aonde está o Craig.
- ❑ Fazer concessões sobre incerteza: ele deve passar perto das escadas?
- ❑ Aprender com a experiência.
- ❑ Sentir o mundo, evitar obstáculos, pegar e servir café.

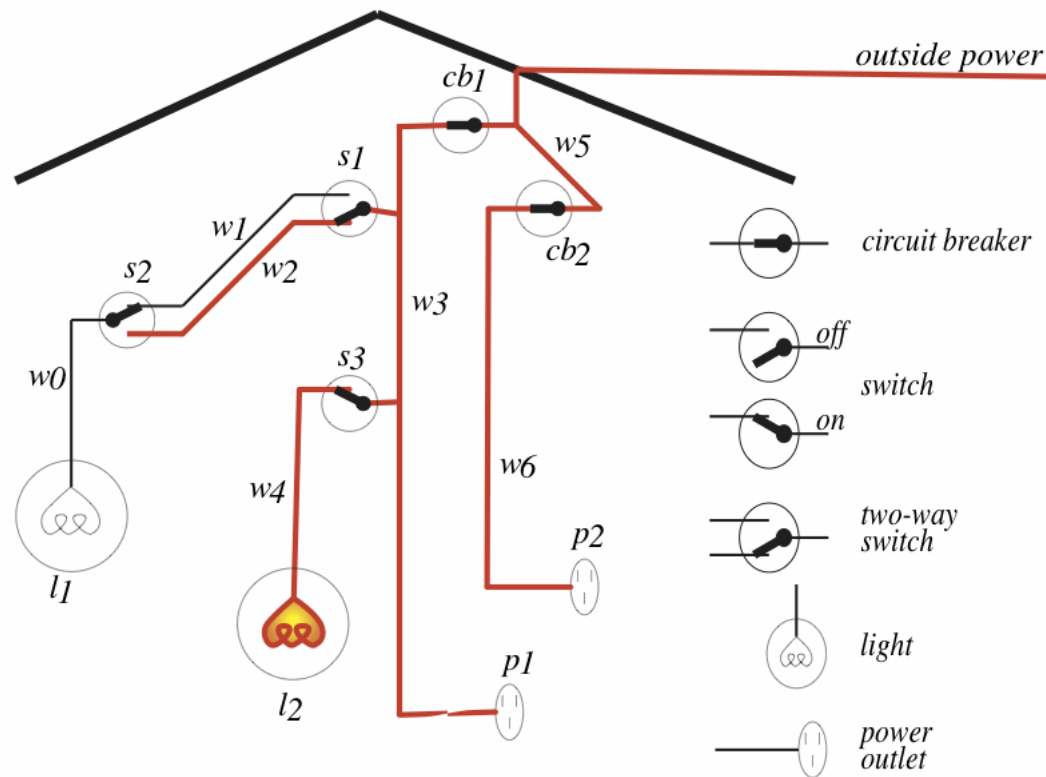
# Exemplo: Robô de entregas autônomo

11

- **Habilidades:** movimentação, discurso, coleta e posicionamento de objetos.
- **Conhecimento prévio:** suas capacidades, objetos que podem ser encontrados, mapas.
- **Experiência do passado:** as ações que são úteis e quando são úteis, quais objetos estão lá, como suas ações afetam sua posição.
- **Objetivos:** o que ele precisa entregar e quando, compensações entre agir rapidamente e com segurança.
- **Observações:** sobre seu ambiente a partir de câmeras, sonar, localizadores a laser, teclados, etc.

# Exemplo: Domínio para assistente de diagnóstico

12



# Exemplo: O que o assistente de diagnóstico deve fazer?

13

- ❑ Derivar os efeitos das falhas e intervenções.
- ❑ Pesquisar através do espaço da complexidade de possíveis falhas.
- ❑ Explicar seu raciocínio para o ser humano que o está usando.
- ❑ Derivar as possíveis causas para sintomas; excluir outras causas.
- ❑ Planejar uma sequência de testes e tratamentos para resolver os problemas.
- ❑ Raciocinar sobre as incertezas/ambiguidades dado os sintomas.
- ❑ Escolher sequências alternativas de ação.
- ❑ Aprender quais sintomas estão associadas com quais falhas, os efeitos dos tratamentos e a precisão dos testes.

# Exemplo: Assistente de diagnóstico

14

- **Habilidades:** recomendar correções e fazer perguntas.
- **Conhecimento prévio:** como interruptores e luzes funcionam, como os defeitos se manifestam, quais informações os testes fornecem, os efeitos colaterais de reparos.
- **Experiência do passado:** os efeitos de reparos ou tratamentos, a incidência de falhas ou doenças.
- **Objetivos:** consertar o dispositivo e *trade-offs* entre consertar ou substituir componentes diferentes.
- **Observações:** sintomas de um dispositivo ou paciente.

# Exemplo: O que um agente comercial deve fazer?

15

- Agentes comerciais interagem com um ambiente de informações para adquirir bens e serviços.
  - Eles adquirem as necessidades, desejos e preferências de um usuário.
  - Eles encontram o que está disponível.
  - Eles compram bens e serviços que se encaixam para atender suas preferências.
  - É uma tarefa difícil porque as preferências de usuários e o que está disponível podem ser alterados dinamicamente, e alguns itens podem ser inúteis mesmo sem os outros itens.

# Exemplo: Agente Comercial

16

- **Habilidades:** adquirir informações, fazer recomendações, comprar itens.
- **Conhecimento prévio:** a ontologia que descreve quais coisas estão disponíveis, onde comprar itens, como decompor um item complexo.
- **Experiência do passado:** quanto tempo uma oferta especial dura, quanto um item demora para acabar no estoque, quem tem boas ofertas, o que seus concorrentes fazem.
- **Objetivos:** o que a pessoa quer, seus *trade-offs*.
- **Observações:** que itens estão disponíveis, preços, número em estoque



# Tarefas comuns aos diferentes domínios

17

- **Modelar o ambiente:** construir modelos do ambiente físico, pacientes, do ambiente de informação, etc.
- **Raciocínio ou percepção baseado em evidência:** dado as observações, determinar como o mundo é.
- **Ação:** dado um modelo do mundo e uma meta, determinar o que deve ser feito.
- **Aprender com experiências passadas:** aprender sobre um caso específico e uma população de casos.

18

# Percepção, ação e autonomia

# Percepção, Sequência de Percepções e Ações

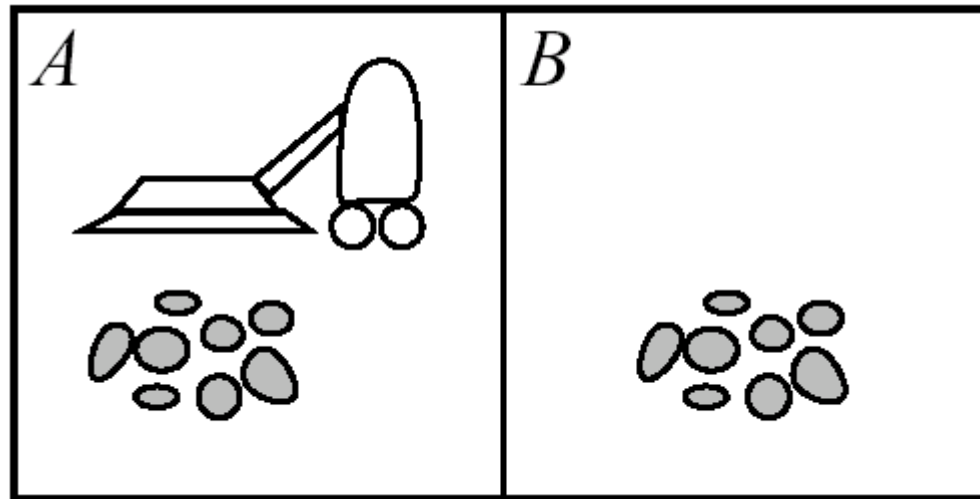
19

- **Percepção**: são as entradas perceptivas do agente em qualquer momento.
- **Sequência de percepções**: é a história completa de tudo o que o agente já percebeu.
  - A escolha de uma ação de um agente em qualquer instante pode depender da sequência inteira de percepção até o momento.
  - Muitas vezes se usa somente uma janela (um intervalo) de tempo, pois não se tem recursos para armazenar toda a sequência.
- Uma **função agente** é o mapeamento de qualquer sequência possível de percepções para uma ação.
  - Pode ser uma tabela muito grande (na verdade infinita), a menos que se tenha um limite para o comprimento da sequência de percepções.

# Exemplo: mundo do aspirador de pó

20

- **Percepção**: local e conteúdo, por exemplo, **[A, sujo]**
- **Ações**: Direita, Esquerda, Sugar, NoOp



# Tabela parcial de uma função de agente simples

21

## Sequência de Percepções

[A, limpo]

[A, sujo]

[B, limpo]

[B, sujo]

[A, limpo] [A, limpo]

[A, limpo] [A, sujo]

...

[A, limpo] [A, limpo] [A, limpo]

[A, limpo] [A, limpo] [A, sujo]

...

## Ação

Direita

Aspirar

Esquerda

Aspirar

Direita

Aspirar

Direita

Aspirar

# Como os agentes devem agir?

22

- Um **agente racional** é aquele que faz tudo certo.
- Mas como saber se a sua ação é a correta?
  - ▣ **Ação correta** é aquela que leva o agente ao maior sucesso.
  - ▣ Mas precisamos de uma forma para “medir” o sucesso.
- **Medidas de desempenho (MD)**
  - ▣ → são critérios para se medir o sucesso do comportamento do agente.
  - ▣ São externas ao agente, ou seja, o agente não tem conhecimento de como elas funcionam.
  - ▣ Exemplo de MD para um agente que limpa uma sala:
    - MD1:  $m^2$  limpos por hora de trabalho.
    - MD2:  $m^2$  limpos por hora de trabalho descontadas a energia gasta e o nível de ruído produzido.
- Como e quando medir o desempenho? (passo a passo, após o resultado ??)

# A racionalidade depende de quatro fatores:

23

- A **medida de desempenho** que define o grau de sucesso.
- O **conhecimento anterior** que o agente tem sobre o ambiente.
- As **ações** o agente pode realizar.
- O **histórico da percepção** do agente, i.e., tudo que já foi percebido pelo agente.
- Estes 4 fatores nos levam a definição de **racionalidade ideal**:
  - Para cada sequência de percepção possível, um agente racional ideal deve saber se sua ação maximizará sua medida de desempenho, baseado na evidência de sua sequência de percepção e no conhecimento que ele traz consigo.

# Exemplo: Agente aspirador de pó

24

- Uma agente racional para o mundo do aspirador de pó:
  - **Medida de desempenho:**
    - 1 ponto. para cada quadrado limpo em cada unidade de tempo, ao longo de 1.000 períodos.
  - **Conhecimento inicial e de mundo:**
    - A “geografia” do ambiente, mas ele não sabe aonde tem sujeira e nem sua posição inicial.
    - De que quadrados limpos permanecem limpos e aspirar limpa o quadrado atual.
    - As ações “Esquerda” e “Direita” movem o agente nestas direções; exceto quando isto leva o agente para fora do ambiente (quando ele fica parado).
  - **Ações disponíveis:**
    - Esquerda, Direita, Aspirar, NoOp (não fazer nada).
  - O agente **percebe:**
    - A sua posição e se nessa posição existe sujeira.



# Como os agentes devem agir?

25

## □ Racionalidade x Onisciência

### ■ Onisciência

- → poder saber todos os resultados de suas ações antecipadamente e com precisão.
- Impossível de se atingir na realidade.

### ■ **Racionalidade:** maximiza o desempenho esperado.

- **Perfeição:** maximiza o desempenho real.

## □ Exemplo: Ao atravessar uma rua...

- Não podemos condenar um agente que falha por não levar em conta algo que ele não pode perceber ou por uma ação que ele não é capaz de tomar.

# Coleta de Informações como ação válida

26

- Coleta de informações:
  - A realização de ações com a finalidade de modificar percepções futuras é uma parte importante da racionalidade.
  - Também pode ser a realização de ações para a exploração de um ambiente desconhecido.
- **Exemplo:** o agente que atravessa a rua sem olhar para os lados não é racional.
  - A ação correta seria olhar porque maximiza o desempenho pela aquisição do conhecimento do ambiente.

# Autonomia

27

- Quando um agente se baseia somente no conhecimento anterior de seu projetista ele não tem autonomia.
- O agente que consegue **aprender por experiência** e alterar seu comportamento pode ter **autonomia funcional**.
  - Sendo possível fugir do funcionamento que lhe foi imposto pela “natureza”.
- Um **agente autônomo** deve aprender o que puder para compensar o conhecimento prévio parcial ou incorreto.
  - Na prática, raramente os agentes têm autonomia completa desde o início. Assim como os animais...
- Agentes que aprendem podem se comportar de forma efetivamente independente do seu conhecimento anterior.

# Agente autônomo = conhecimento inato + aprendizagem

28

- Agente autônomos são mais flexíveis, podendo se adaptar a novas condições de ambiente.
  - **Exemplo:**
    - Agente de reconhecimento de fala, tem um conjunto pré-definido de padrões, mas pode aprender o sotaque de um novo usuário.
- Um agente inteligente verdadeiramente autônomo deveria ser capaz de operar com sucesso em uma grande variedade de ambientes, dado um tempo suficiente para ele se adaptar.

29

# Problemas e complexidade

# Abordando problemas complexos

30

- A pesquisa científica prossegue adotando-se hipóteses simplificadoras e gradualmente reduzindo-as.
- Cada hipótese simplificadora fornece uma dimensão da complexidade.
  - Podem existir múltiplos valores em uma dimensão: os valores variam de simples a complexos.
  - Hipóteses simplificadoras podem ser relaxadas em várias combinações.
- A maioria da história de IA pode ser vista como começando do simples e adicionando complexidade em algumas destas dimensões.

# Dimensões da complexidade de problemas

31

1. Modularidade: plana, modular ou hierárquica.
2. Representação do conhecimento: estados explícitos ou características ou objetos e relações.
3. Horizonte de planejamento: fases estáticas ou finitas, ou indefinidas ou infinitas.
4. Ambiente: completamente ou parcialmente observável.
5. Dinâmica do ambiente: determinística ou estocástica.
6. Objetivos ou preferencias complexas.
7. Agentes simples ou múltiplos.
8. O conhecimento é dado ou é aprendido da experiência.
9. Racionalidade perfeita ou limitada.

# Modularidade

32

- Você pode modelar o sistema em **um** nível de abstração: representações **planas**.
- Você pode modelar o sistema em **múltiplos** níveis de abstração: representações **hierárquicas**.
  - ▣ **Exemplo:** Planejar uma viagem até um *resort* em Cancun, México.
- Representações planas são adequadas para sistemas simples, mas sistemas biológicos complexos, sistemas de computador, organizações empresariais são todos hierárquicos.
- Uma representação plana pode ser **continua** ou **discreta**.
- O raciocínio hierárquico é sempre um **híbrido** entre o contínuo e o discreto.



# Concisão e Expressividade

33

- Grande parte da IA moderna é sobre encontrar representações compactas e explorar esta compacidade para ganhos computacionais.
- Um agente pode raciocinar em termos de:
  - Estados explícitos:
    - Um estado é uma configuração na qual o mundo pode estar.
  - Características ou proposições:
    - É sempre mais natural descrever estados em termos de características
    - 30 características binárias podem representar  $2^{30} = 1.073.741.824$  estados.
  - Indivíduos e relações:
    - Existe uma característica para cada relação em cada tupla de indivíduos.
    - Sempre podemos raciocinar sem saber os indivíduos ou quando há um número infinito de indivíduos.

# Horizonte de planejamento

34

- Até que ponto o agente olha para o futuro quando decide o que fazer.
  - ▣ **Estático**: o mundo não muda.
  - ▣ **Fases Finitas**: o agente raciocina sobre um número finito determinado de passos no tempo.
  - ▣ **Fases Indefinidas**: o agente raciocina sobre um número finito, mas não predeterminado, de passos no tempo.
  - ▣ **Fases infinitas**: o agente raciocina para ir em frente para sempre (orientado para processo).

# Incerteza

35

- Há duas dimensões para a incerteza. Em cada dimensão, podemos ter:
  - ▣ **Nenhuma dúvida**: o agente sabe qual mundo é verdade.
  - ▣ **Incerteza disjuntiva**: há um conjunto de mundos que são possíveis.
  - ▣ **Incerteza probabilística**: existe uma distribuição de probabilidade sobre os mundos possíveis.

# Sensoriando a incerteza

36

- O que o agente pode determinar do estado a partir das observações:
  - ▣ **Totalmente observável:** o agente conhece o estado do mundo a partir das observações.
  - ▣ **Parcialmente observáveis:** pode haver muitos estados que são possíveis dada uma observação.

# Dinâmica da incerteza

37

- Se o agente sabia o estado inicial e a ação, ele poderia prever o estado resultante?
- A dinâmica pode ser:
  - **Determinística**: o estado resultante da realização de uma ação no estado atual é determinado a partir da ação e do estado atual somente.
  - **Estocástica**: há incerteza sobre os estados resultantes da execução de uma determinada ação em um determinado estado atual.

# Objetivos ou preferencias complexas

38

- Um **objetivo** é uma meta a se atingir, a qual pode ser uma fórmula lógica complexa.
- **Preferências complexas** podem envolver o balanceamento entre diferentes objetivos, talvez em momentos diferentes.
  - ▣ Ordinal ou Cardinal (utilidade, por exemplo)
  - ▣ **Exemplos:** robô de entrega de café, médico

# Agente simples ou múltiplos agentes

39

- ❑ Raciocínio por **agente único** é quando o agente assume que quaisquer outros agentes fazem parte do ambiente.
- ❑ Raciocínio por **agentes múltiplos** é quando um agente precisa raciocinar estrategicamente sobre o raciocínio de outros agentes.
- ❑ Os agentes podem ter seus próprios objetivos: sejam eles cooperativos, competitivos ou independentes uns dos outros.

# Aprendendo a partir da experiência

40

- Se o modelo é totalmente especificado a priori:
  - ▣ Todo o conhecimento do agente é dado.
  - ▣ O conhecimento do agente é aprendido a partir de dados ou de experiência passada.



# Racionalidade perfeita ou limitada

41

- **Racionalidade perfeita:** o agente pode determinar o melhor curso de ação, sem levar em conta seus limitados recursos computacionais.
- **Racionalidade limitada:** o agente deve tomar boas decisões com base em suas limitações de percepção, computação e memória.

# Exemplo das dimensões para a busca em um espaço de estados

42

1. Plana ou hierárquica.
2. Estados explícitos ou características ou objetos e relações.
3. Fases estáticas ou finitas ou indefinidas ou infinitas.
4. Completamente ou parcialmente observável.
5. Dinâmica determinística ou estocástica.
6. Objetivos ou preferencias complexas.
7. Agentes simples ou múltiplos.
8. O conhecimento é dado ou é aprendido da experiência.
9. Racionalidade perfeita ou limitada.

# Exemplo das dimensões para o planejamento clássico (espaço de planos)

43

1. Plana ou hierárquica.
2. Estados explícitos ou características ou objetos e relações.
3. Fases estáticas ou finitas ou indefinidas ou infinitas.
4. Completamente ou parcialmente observável.
5. Dinâmica determinística ou estocástica.
6. Objetivos ou preferencias complexas.
7. Agentes simples ou múltiplos.
8. O conhecimento é dado ou é aprendido da experiência.
9. Racionalidade perfeita ou limitada.

# Exemplo das dimensões para um diagrama de influência (incerteza)

44

- Plana ou hierárquica.
- Estados explícitos ou características ou objetos e relações.
- Fases estáticas ou finitas ou indefinidas ou infinitas.
- Completamente ou parcialmente observável.
- Dinâmica determinística ou estocástica.
- Objetivos ou preferencias complexas.
- Agentes simples ou múltiplos.
- O conhecimento é dado ou é aprendido da experiência.
- Racionalidade perfeita ou limitada.

# Exemplo das dimensões para o planejamento por teoria da decisão (incerteza)

45

1. Plana ou hierárquica.
2. Estados explícitos ou características ou objetos e relações.
3. Fases estáticas ou finitas ou indefinidas ou infinitas.
4. Completamente ou parcialmente observável.
5. Dinâmica determinística ou estocástica.
6. Objetivos ou preferencias complexas.
7. Agentes simples ou múltiplos.
8. O conhecimento é dado ou é aprendido da experiência.
9. Racionalidade perfeita ou limitada.

# Exemplo das dimensões para a aprendizagem por reforço

46

1. Plana ou hierárquica.
2. Estados explícitos ou características ou objetos e relações.
3. Fases estáticas ou finitas ou indefinidas ou infinitas.
4. Completamente ou parcialmente observável.
5. Dinâmica determinística ou estocástica.
6. Objetivos ou preferencias complexas.
7. Agentes simples ou múltiplos.
8. O conhecimento é dado ou é aprendido da experiência.
9. Racionalidade perfeita ou limitada.

# As dimensões se interagem de forma complexa

47

- A observabilidade parcial torna o raciocínio por multiagentes e de horizonte indefinido mais complexo.
- A modularidade interage com a incerteza e a concisão: alguns níveis podem ser plenamente observáveis, alguns podem ser parcialmente observáveis.
- Três valores de dimensões prometem fazer o raciocínio mais simples:
  - Raciocínio hierárquico
  - Objetos e relações
  - Racionalidade limitada

48

# Soluções e complexidade



# Definindo uma Solução

49

- Dada uma descrição informal de um problema é necessário determinar o que constitui uma solução.
- Tipicamente, muito é deixado sem especificação, mas as partes não especificadas não podem ser preenchidas arbitrariamente.
- Muito trabalho em AI é motivado pelo **raciocínio de senso comum**. Você deseja que o computador possa tirar conclusões do senso comum sobre os pressupostos não explicitados.

# Qualidade uma solução

50

- Dado um problema, o que é uma solução?
  - ▣ Faz diferença se a resposta estiver errada ou se respostas estão faltando?
- Classes de solução:
  - ▣ Uma **solução ótima** para um problema é aquela que é a melhor solução de acordo com alguma métrica de qualidade para as soluções.
  - ▣ Uma **solução satisfatória** é aquela que é boa o suficiente, de acordo com a alguma descrição de quais soluções são adequadas.
  - ▣ Uma **solução aproximadamente ótima** é aquela cuja métrica de qualidade está próxima ao melhor que pode ser obtido teoricamente.
  - ▣ Uma **solução provável** é aquela que provavelmente é uma solução.

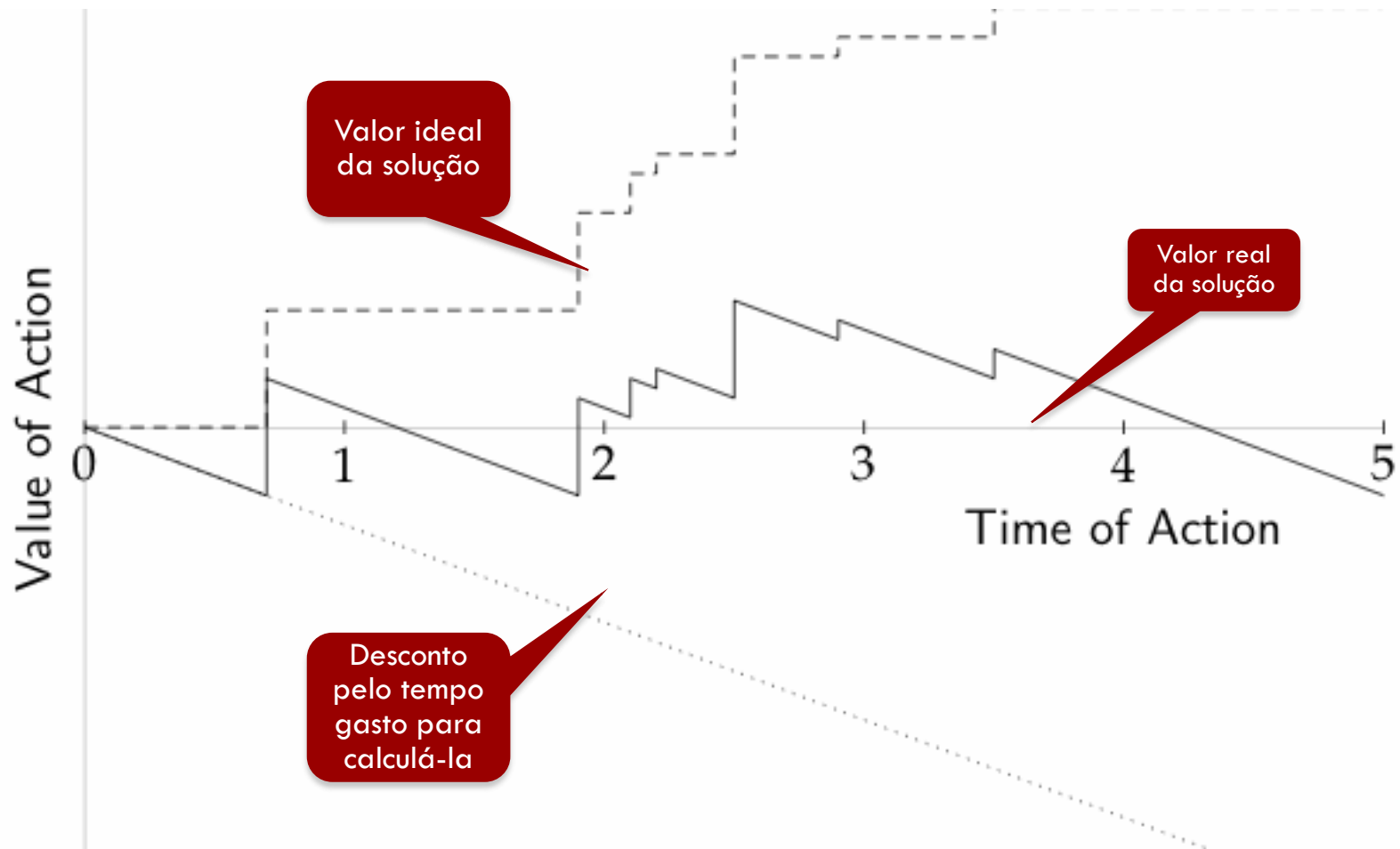
# Decisões e resultados

51

- A complexidade da tomada de decisão está no fato de que algumas vezes boas decisões podem levar a resultados ruins, e em outras más decisões podem levar a bons resultados.
- A **informação** pode ser útil, pois leva a melhores decisões
  - ▣ → é necessário determinar o **valor da informação**.
- Você tem que balancear **tempo computacional** e **qualidade da solução**.
  - ▣ Um algoritmo **anytime** pode fornecer uma solução a qualquer momento; quanto mais tempo é dado a ele melhor são as soluções produzidas.
- Você não precisará se preocupar somente em encontrar a resposta certa, mas também em obter informações adequadas e computá-la de uma maneira oportuna.

# Qualidade da solução X Tempo computacional

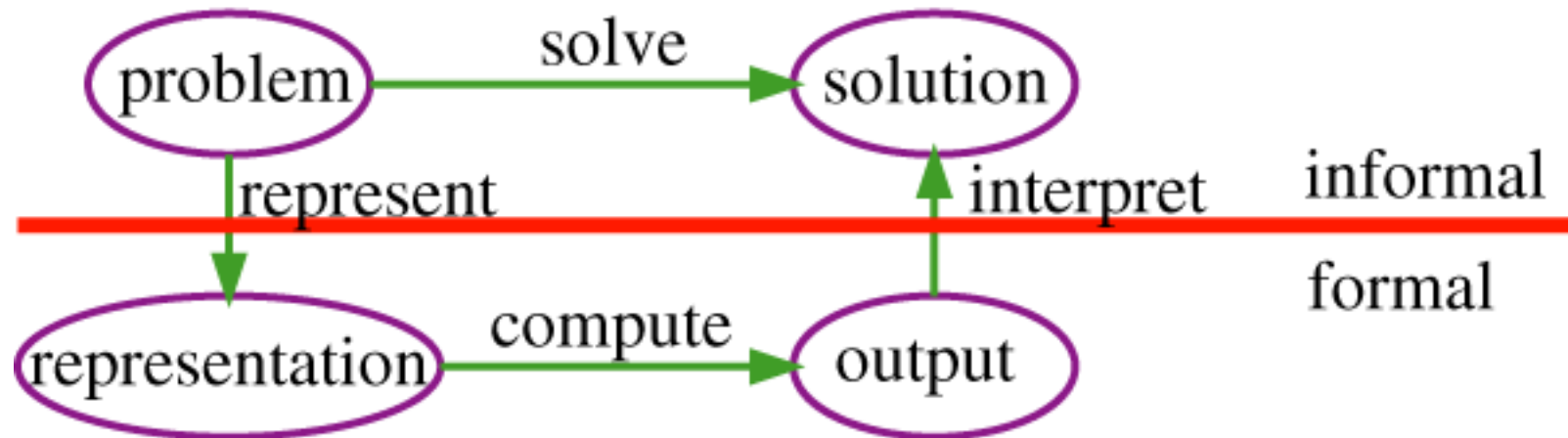
52





# Representações

54



## □ Exemplo de representações:

- Linguagem de máquina, Python, Java, Prolog, linguagem natural, OWL ...

# O que queremos em uma representação?

55

- Queremos que uma **representação** seja:
  - ▣ Rica o bastante para expressar o conhecimento necessário para resolver o problema;
  - ▣ Tão próxima do problema quanto possível:
    - i.e. compacta, natural e fácil de dar manutenção;
  - ▣ Propícia a computação eficiente;
  - ▣ Capaz de expressar características do problema que possam ser exploradas para ganho computacional e capaz de negociar precisão/tempo/espaco computacional;
  - ▣ Capaz de ser adquirida de pessoas, dados e experiências passadas.

# Escolhendo um linguagem de representação

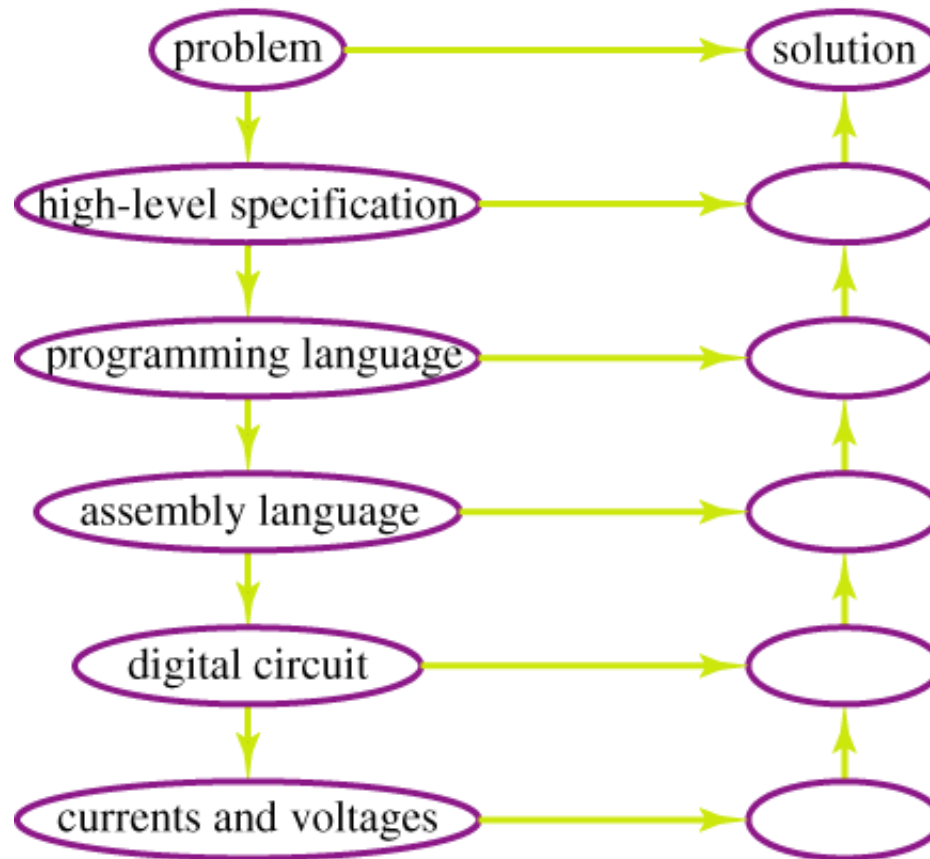
56

- Você precisa representar um problema para resolvê-lo em um computador.
- Problema:
  - ▣ Especificação do problema
  - ▣ Computação adequada
- Exemplo de representações: C++, AlLog/Prolog, inglês.
  - ▣ A lógica é um idioma + especificação do que se segue da entrada nesse idioma.



# Hierarquia de representações

57



# Hipótese do Sistema Simbólico Físico

58

- ▣ Um **símbolo** é um padrão físico significativo que pode ser manipulado.
- ▣ Um **sistema simbólico** cria, copia, modifica e destrói símbolos.
- ▣ **Hipótese do Sistema Simbólico físico:**
  - ▣ Um sistema simbólico físico tem os meios necessários e suficientes para ação inteligente geral.

# Níveis de conhecimento & simbólico

59

- Dois níveis de abstração parecem ser comum entre as entidades biológicas e computacionais.
  - **Nível de conhecimento**
    - Expresso em termos de conhecimento e objetivos de um agente.
    - Fala sobre o mundo externo ao agente.
  - **Nível de símbolo**
    - Expresso em termos de quais símbolos o agente está manipulando.
    - Fala sobre quais símbolos um agente usa para implementar o nível de conhecimento.

# Mapeamento de um problema para uma representação

60

- Qual o nível de abstração do problema você deseja ter que representar?
- Quais objetos e relações no mundo você deseja representar?
- Como você pode representar o conhecimento para garantir que a representação é natural, modular e manutenível?
- Como você pode adquirir as informações de dados, sensoriamento, experiência ou outros agentes?

# Escolhendo um nível de abstração

61

- Uma descrição de **alto nível**
  - É mais fácil para um ser humano especificar e compreender.
  - Abstrai detalhes que podem ser importantes para realmente resolver o problema.
- Uma descrição de **baixo nível**
  - Pode ser mais precisa e mais preditiva.
- Quanto mais baixo o nível, mais difícil é raciocinar com ele.
- Você pode não saber as informações necessárias para obter uma descrição de nível mais baixo.
- Em alguns momentos é possível utilizar vários níveis de abstração.

# Raciocinando e agindo

62

- **Raciocínio** é a computação requerida para determinar o que um agente deve fazer.
- **Raciocínio e computação em tempo de projeto** é realizado pelo projetista do agente.
- **Computação offline** é a computação realizada pelo agente antes de ele agir.
  - Conhecimento prévio e dados → formam a **base de conhecimento**.
- **Computação online** é a computação que é realizada pelo agente entre o recebimento de informação e a ação.

# Referências

63

- Russell & Norvig – capítulo 2.
- Poole – capítulo 1.