

Inteligência Artificial

Representação de conhecimento

Componentes de um programa de IA:

- Uma estrutura de representação de conhecimento
- Métodos de solução de problemas e de inferência

Conhecimento e sua representação

- “Informação armazenada ou modelos usados pela pessoa ou máquina para interpretar, predizer e responder apropriadamente ao mundo exterior”.
- Forma \neq conteúdo
- Representação \neq objeto real
- Semântica envolve uma função de mapeamento entre o objeto e sua representação

Funções de um sistema de RC

- Dedução de novos resultados
- Consulta
- Organização e reorganização
- Interpretação

Principais formas

- Sistemas de produção
- Redes semânticas
- Quadros
- Lógica
 - Lógica proposicional
 - Lógica de predicados
 - Lógicas para IA
 - Lógica temporal, lógica fuzzy, lógica modal, crenças, etc.

Representação de Conhecimento

- O Conhecimento e o Raciocínio são importantes para agentes artificiais, pois permitem comportamentos bem-sucedidos que seriam muito difíceis de alcançar de outra forma.
- Conhecimento pode ser definido como a informação armazenada, ou os modelos usados por pessoas ou máquinas para prever, interpretar e responder apropriadamente ao mundo exterior.
- A manipulação do conhecimento exige, antes, formas de representação. Esta representação deve ser suficientemente rica e completa para evitar falhas evidentes de entendimento pelo motor de inferência.
 - Exemplo:
 - Gato – é um: ser vivo + mamífero + raças + etc.
 - Logo: leão, rato, cão, etc é gato.

Representação de Conhecimento

- Para que uma representação lógica seja adequada, duas condições são necessárias:
 1. Existência de uma correspondência um para um entre certas classes de símbolos da representação e conjuntos de objetos de interesse no mundo externo;
 2. Existência, para cada relação simples no mundo externo, de uma relação na representação, de tal maneira que a relação entre dois símbolos da representação seja válida se, e somente se, a relação correspondente for válida entre os objetos correspondentes do mundo externo.
- Sem essas condições temos o **Conhecimento Incerto**.

Representação de Conhecimento

- É importante distinguir: FORMA e CONTEÚDO.
 - Exemplo: Um texto que usa a linguagem natural como recurso de representação pode ter, também seu conteúdo sintetizado através de outros recursos, como, por exemplo a lógica de predicados.
 - O conteúdo é o mesmo, as formas de representação diferentes facilitam a manipulação por diferentes agentes (computador, ser humano)

Representação de Conhecimento

Conceitos Básicos

- O processo de raciocínio é importante, pois permite a explicitação de uma solução adequada, para um problema em particular.
- Este processo deve ser capaz de gerar novos conhecimentos a partir de conhecimentos previamente armazenados (inferência).
- Se a informação não estiver explicitamente na base, a inferência é necessária. Existe um compromisso entre a quantidade de conhecimento armazenada explicitamente na base de conhecimento e a atividade de inferência.

Capacidade Cognitiva

=

base de conhecimento + motor de inferência

Representação de Conhecimento

Conceitos Básicos

- Inferência: o raciocínio formal é utilizado em geral, nas representações baseadas em lógica. Sendo possível três tipos:
 - **Inferência Dedutiva**: a partir de elementos de conhecimento representados em forma lógica, utiliza-se uma regra de inferência válida para inferir um novo elemento. Algumas regras de inferência utilizadas em lógica são: Modus Ponens, Modus Tollens, Silogismo Hipotético, etc.
 - **Inferência Abdutiva**: a partir de um conhecimento geral da forma $\forall x P(x) \rightarrow Q(x)$, e tendo por objetivo provar $Q(a)$, toma-se por hipótese que a razão pela qual $Q(a)$ se verifica é a validade de $P(a)$.
 - **Inferência Indutiva**: a partir de fatos experimentais que comprovam que a cada vez que a validade de $P(a)$ é verificada, verifica-se a validade de $Q(a)$ (mas não o contrário), para diferentes elementos a , pode-se inferir por indução que é válido.

Representação de Conhecimento

Conceitos Básicos

- Conhecimento: repositório de procedimentos, heurísticas, dados, etc., que compõe o conhecimento. Assemelha-se a um banco de dados no sentido de que exige manutenção (atualizações, inserções e deleções) mas o acesso a uma informação é mais elaborado.
- Engenheiro do Conhecimento: o profissional de ciência da computação responsável pela implantação da base de conhecimento. É um profissional com sólidos conhecimentos em técnicas de IA.
- Especialista do Domínio: é um profissional altamente capacitado no domínio para o qual estamos desenvolvendo a aplicação. Supre o engenheiro do conhecimento com os procedimentos (formais e heurísticas) necessários à construção da base de conhecimento.

Representação de Conhecimento

Características Essenciais

- Consistência: Não armazena informações conflitantes.
- Completude: Não apresenta lacunas no conhecimento armazenado. Todo o conhecimento necessário para a resolução do problema está explicitamente armazenado ou pode ser determinado via inferência.
- Coerência: Não existem ilhas isoladas de conhecimento não se relacionam com o restante do conhecimento armazenado.
- Redundância: A mesma unidade de conhecimento é armazenada de forma duplicada.

Representação de Conhecimento

Características Desejáveis

- Boas representações explicitam as coisas importantes.
- Revelam restrições naturais, facilitando algumas classes de computações.
- São concisas, necessitando apenas de recursos mínimos e sendo ao mesmo tempo ainda eficientes quando efetuam inferências.
- Podem ser rapidamente recuperadas e armazenadas.
- Informações raramente usadas são abordadas e recuperadas apenas quando necessárias.
- Permitem uma aquisição fácil e são legíveis pelo especialista, quando for o caso.
- Permitem a aplicação dos mecanismos de inferência necessários.

Representação de Conhecimento

- Principais Formas de Representação de Conhecimento
 - Sistemas de Produção
 - Redes Semânticas
 - Quadros (Frames) e Roteiros (Scripts)
 - Lógica

Representação de Conhecimento

Sistemas ou Regras de Produção

- Concebidas por Emil Post (1943) quando demonstrou que um procedimento computável pode ser modelado como um sistema de produção.
- Muito utilizada nas décadas de 50 e 60. É o formalismo mais difundido de representação de conhecimento.
- Consiste em transformar o problema em um grafo de estados. Este grafo deve possuir um estado inicial e deve-se ter uma forma de identificar um estado final quando algum for atingido.
- Ou seja, consiste em:
 - Regras de Produção + Memória de Trabalho + ciclo de controle (tipo reconhece-atua)

Sistemas de Produção

- Um Sistema de Produção é definido como uma tupla $SP = \langle R, E, e_0, F \rangle$, onde R é um conjunto de regras, E é um conjunto de estados, e_0 é o estado inicial e F é o conjunto de estados finais.
- Uma Regra de Produção é constituída por um par $\langle p, f \rangle$, onde $p: E \rightarrow \{V, F\}$ e $f: E \rightarrow E$. O elemento p é o padrão da regra, e f constitui a operação. Gera normalmente estruturas do tipo:
- SE $\langle \text{estado} \rangle$ ENTÃO $\langle \text{ação} \rangle$
onde:
 - $\langle \text{estado} \rangle$ ou $\langle \text{condição} \rangle$: estabelece um teste cujo resultado depende do estado atual da base de conhecimento. Tipicamente o teste verifica a presença ou não de certas informações na base.
 - $\langle \text{ação} \rangle$: altera o estado atual da base de conhecimento, adicionando, modificando ou removendo unidades de conhecimento presentes na base. Pode acarretar também efeitos externos à base, como por exemplo a escrita de uma mensagem no vídeo.

- EXEMPLO: Problema dos Dois Baldes de Água
 - Enunciado: Você recebe dois baldes de água, um de quatro litros e outro de três litros. Nenhum deles possui qualquer marcação de medida. Há uma torneira que pode ser utilizada para encher os baldes de água. Como colocar exatamente dois litros d'água dentro do balde de quatro litros?
 - Conjunto de Estados: O espaço de estados para este problema pode ser modelado como o conjunto de pares ordenados de números naturais (x,y) tal que $x = 0, 1, 2, 3$ ou 4 e $y = 0, 1, 2$ ou 3 , onde x representa a quantidade de água no balde de 4 litros, e y representa a quantidade de água no balde de 3 litros.
 - Estado Inicial: Ambos os baldes estão vazios: $(0,0)$.
 - Estado Final: Constituído por todos os estados onde a qtde de água no primeiro balde é 2, ou seja: $(2,n)$, onde $n = 0, 1, 2$ ou 3 .

- ◆ EXEMPLO: Problema dos Dois Baldes de Água
 - Um possível conjunto de regras para este problema seria:
 - r_1 $(x,y|x < 4) \rightarrow (4,y)$ Encher o balde de 4 litros
 - r_2 $(x,y|y < 3) \rightarrow (x,3)$ Encher o balde de 3 litros
 - r_3 $(x,y|x > 0) \rightarrow (0,y)$ Esvaziar o balde de 4 litros no chão
 - r_4 $(x,y|y > 0) \rightarrow (x,0)$ Esvaziar o balde de 3 litros no chão
 - r_5 $(x,y|x+y > 4) \rightarrow (4,y-(4-x))$ Despejar água do balde de 3 litros dentro do balde de 4 litros até que este esteja cheio
 - r_6 $(x,y|x+y > 3) \rightarrow (x-(3-y),3)$ Despejar água do balde de 4 litros dentro do balde de 3 litros até que este esteja cheio
 - r_7 $(x,y|x+y \leq 4 \text{ e } y > 0) \rightarrow (x+y,0)$ Despejar toda a água do balde de 3 litros dentro do balde de 4 litros
 - r_8 $(x,y|x+y \leq 3 \text{ e } x > 0) \rightarrow (0,x+y)$ Despejar toda a água do balde de 4 litros dentro do balde de três litros

- ♦ EXEMPLO: Problema dos Dois Baldes de Água
 - Uma solução possível para o problema seria aplicar em seqüência as regras r2, r9, r2, r7, r5 e r9 (r2, r5, r2, r5, r3 e r5).
 - Esta solução não é a única POSSÍVEL. Além disso, não foi mostrado como a solução foi encontrada.
 - Este é exatamente o ponto onde entram os ALGORITMOS DE BUSCA no Espaço de Estados.
- ♦ A modelagem de um problema como um sistema de produção consiste apenas em definir o espaço de estados e as regras. Este processo dificilmente poderia ser feito automaticamente. Como na programação tradicional, trata-se de um processo de modelagem de uma realidade perceptível utilizando uma ferramenta definida. Mas, UMA VEZ ESTABELECIDO O MODELO, O PROCESSO PODE SER LIBERADO PARA A MÁQUINA E ESTA ENCONTRAR SOZINHA A SOLUÇÃO.

- ◆ Outros Exemplos:

- 2. Problema dos Missionários e Canibais

- O estado inicial é $(3,3,0,0,0)$ e o único estado final é $(0,0,3,3,1)$.
- As regras são todas de movimentação de no máximo 2 pessoas de uma margem a outra do rio. Assim, pode-se movimentar dois canibais, dois missionários, um canibal e um missionário, apenas um canibal ou apenas um missionário, tanto da margem original para a margem oposta quanto vice-versa.
- Tem-se assim 10 regras possíveis, das quais uma é mostrada a seguir:

$$R_{MM} \rightarrow \text{Se}(m_1, c_1, m_2, c_2, 0 | (m_1 \geq 2) \text{ e } [(m_1 - 2 \geq c_1) \text{ ou } (m_1 - 2 = 0)] \text{ e } (m_2 + 2 \geq c_2)) \text{ Então } (m_1 - 2, c_1, m_2 + 2, c_2, 1)$$

- Exercício: Ache as outras regras.

1. O problema das Três Jarras
 - Há três jarras de vinho com capacidade para oito, cinco e três litros. A jarra maior maior está cheia de vinho e as outras estão completamente vazias. Queremos dividir o vinho em porções iguais entre as duas primeiras jarras de modo que cada uma fique com 4 litros.
 - Exercício: Ache as regras deste sistema de produção.

1. MYCIN

Desenvolvido em 1976, seu objetivo era prover apoio a decisão para diagnóstico médico em doenças infecciosas

- IF
 1. A infecção é principalmente por bactérias, e
 2. O local da cultura é um dos locais esterelizados, e
 3. O local suspeito de entrada do organismo é o trato gastrointestinal
- Then
 - Existe uma evidência sugestiva (0.7) de bacteróide.

2. DENDRAL

Desenvolvido em 1971 com o objetivo de determinar estruturas moleculares a partir da análise espectrográfica

- IF
 - O espectro para as moléculas apresenta dois picos de massas $X1$ e $X2$, tal que:
 2. $X1+X2=M+28$, e
 3. $X1-28$ é um pico alto, e
 4. $X2-28$ –e um pico alto, e
 5. Pelo menos $X1$ ou $X2$ são altos,
- Then
 - A molécula contém um grupo cetona

3. PROSPECTOR

Desenvolvido em 1978 com o objetivo de auxiliar geologistas na prospecção mineral

♦ VANTAGENS

- Modularidade: podem ser considerados como peças independentes. Novas regras podem ser acrescentadas ao conjunto já existente sem maiores preocupações.
- Naturalidade: pode ser considerada uma forma natural de pensar a descrição de conhecimentos.
- Uniformidade: todas as regras são escritas seguindo o mesmo padrão. Permite que pessoas não familiarizadas com o sistema possam também analisar seu conteúdo.

♦ DESVANTAGENS

- Opacidade: é difícil verificar a completeza destes sistemas, bem como verificar os possíveis fluxos de processamento.
- Ineficiência: resulta particularmente do número de regras a combinar e também do esforço do matching necessário ao suporte de execução das regras. (matching entende-se como a verificação das regras que se aplicam ao estado do problema)
- Não raciocinam em vários níveis.
- Não sabem como e quando violam suas próprias regras.
- Não tem acesso ao raciocínio que está por trás das regras.

Representação de Conhecimento

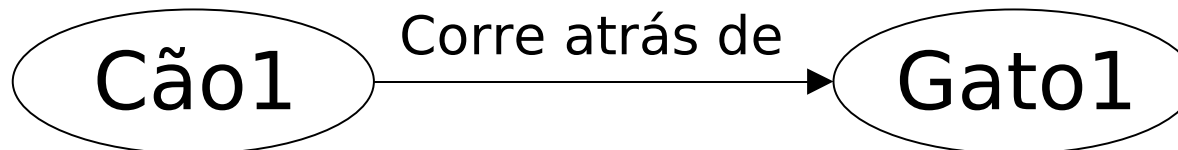
Redes Semânticas

- ◆ Consiste em um conjunto de nodos conectados por um conjunto de arcos.
 - Os nodos, em geral, representam objetos.
 - Os arcos representam relações binárias entre os objetos.
- ◆ Originalmente foram usadas para suporte a linguagem natural. Em 1968 Ross Quillian as usou para representar modelos psicológicos de memória humana chamado memórias semânticas.
- ◆ Quillian desenvolveu um programa que define palavras em inglês de forma similar a dicionários.
 - Em vez de definir palavras formalmente, cada definição simplesmente conduz a outras definições em uma forma desestruturada e, possivelmente circular.
 - Ao procurar uma palavra, percorremos a “rede” até que estejamos satisfeitos com o que compreendemos da palavra original.

Redes Semânticas

Redes Semânticas Elementares

- Usa-se nodos para representar substantivos, adjetivos, pronomes e nomes próprios.
- Os arcos são reservados basicamente para representar verbos transitivos e preposições.
- Exemplo: “O cão corre atrás do gato”

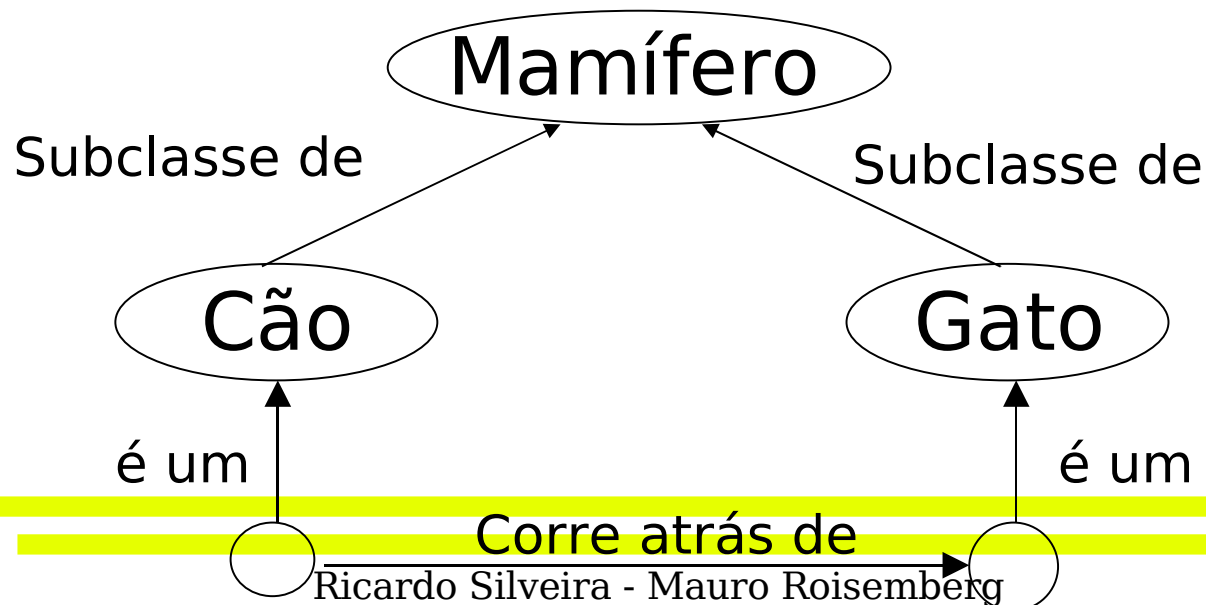


- Pode-se generalizar também a relação entre eles, representando os indivíduos específicos com nodos anônimos e indicando a inclusão destes indivíduos em sua respectiva classe, através da relação “é-um”.

Redes Semânticas

Redes Semânticas Elementares

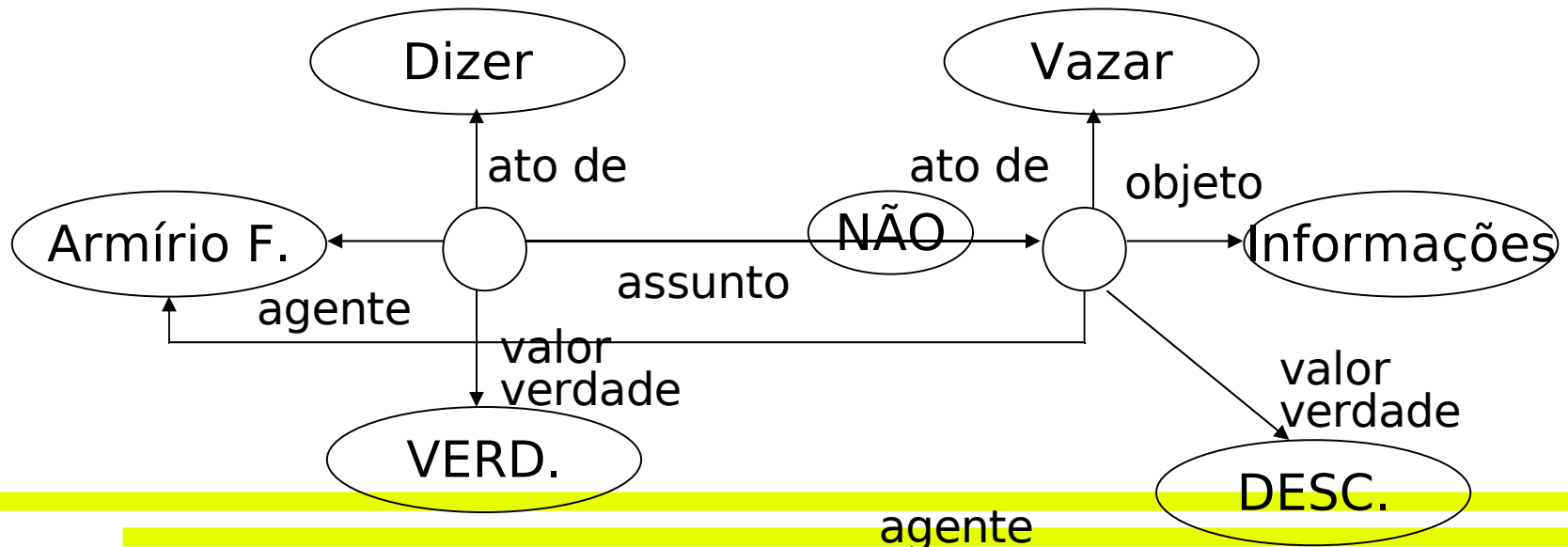
- Relações de inclusão entre classes são representadas por relações “subclasse-de”.
- Os nodos rotulados representam classes genéricas, enquanto que os nodos anônimos representam indivíduos específicos.
- Para saber se um nodo representa uma instância, é só observar se ele está na origem de algum arco do tipo “é-um”.



Redes Semânticas

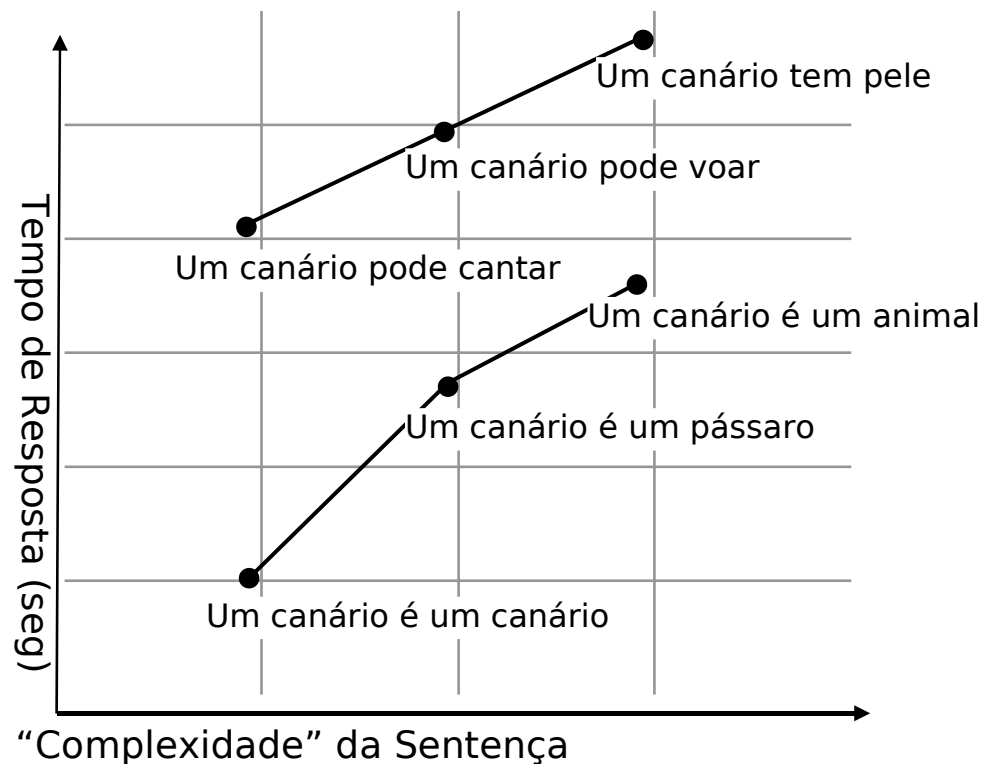
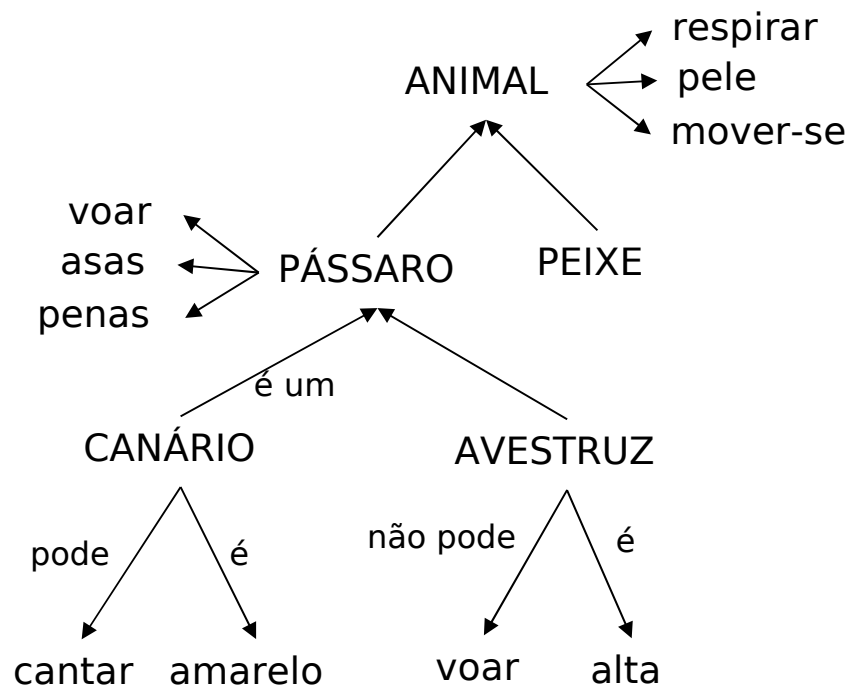
Redes Semânticas com Valores de Verdade

- Pode ser necessário representar fatos dos quais não se conhece o valor de verdade, ou mesmo, fatos que sabemos serem falsos. Uma maneira de fazê-lo é rotulando cada nodo-predicado com um valor VERDADEIRO, FALSO ou DESCONHECIDO.
- “Armírio Fraga disse que não vazou informações privilegiadas.”



Redes Semânticas

Collins e Quillian (1969)



Além da habilidade de associar conceitos, os humanos também organizam hierarquicamente o seu conhecimento, de forma que a informação seja mantida em níveis apropriados mais altos da taxonomia.

Representação de Conhecimento

Quadros (Frames) e Roteiros (Scripts)

- ♦ Os Quadros ou Cenários (“Frames”), e sua variação, os roteiros (“Scripts”), foram introduzidos para permitir a expressão das estruturas internas dos objetos, mantendo a possibilidade de representar herança de propriedades.
- ♦ As pessoas, ao enfrentarem uma nova situação, guardam o repertório do comportamento para situações similares. Alguém que já assistiu alguma vez a um júri popular sabe que tipo de “quadro” irá encontrar se for a outro. (juiz, auxiliar de justiça, réu, advogado de defesa, promotor, etc.)
- ♦ Idéias fundamentais introduzidas por Marvin Minsky em 1975 (“A framework to represent knowledge”).
- ♦ Está na origem das idéias que levaram às linguagens de programação orientadas a objetos.

Quadros (Frames)

- ♦ **Minsky (1975):** “Quando alguém encontra uma nova situação (ou modifica substancialmente o seu entendimento sobre um problema), recupera da memória uma estrutura chamada ‘frame’. Esta estrutura é um arcabouço memorizado que deve ser adaptado para se adequar à realidade, alterando detalhes, conforme a necessidade”
- ♦ Um quadro consiste em um conjunto de atributos (“slots”) que através de seus valores, descrevem as características do objeto representado pelo quadro.
- ♦ Os valores atribuídos aos atributos podem ser, além dos valores do objeto em particular, valores default, ponteiros para outros quadros, e conjuntos de regras de procedimento que podem ser implementados.
- ♦ Se os valores dos atributos forem apontadores para outros quadros, cria-se uma rede de dependências entre os quadros.
- ♦ Os conjuntos de procedimentos indicam que procedimento deve ser executado quando certas condições forem satisfeitas, por exemplo: ao ser criado o atributo, ao ser lido o valor do atributo, ao ser modificado o valor do atributo, ou ao ser destruído o valor do atributo.

Quadros (Frames)

- ♦ Os quadros também são organizados em uma hierarquia de especialização, criando outra dimensão de dependência entre eles (herança). Permite a especificação de propriedades de uma classe de objetos através da declaração de que esta classe é uma subclasse de outra que goza da propriedade em questão.
- ♦ O processo de herança e instanciação favorece a reutilização de código evitando definições repetitivas e aproveitando funções de acesso definidas para as facetas se-lido, se-escrito, se-necessário, etc
- ♦ Deve-se notar que as estruturas de quadros são ativas, pois sua manipulação causa o disparo automático das facetas.
- ♦ São úteis para domínio de problemas onde a forma e o conteúdo do dado desempenham um papel importante na solução do problema.

Quadros (Frames)

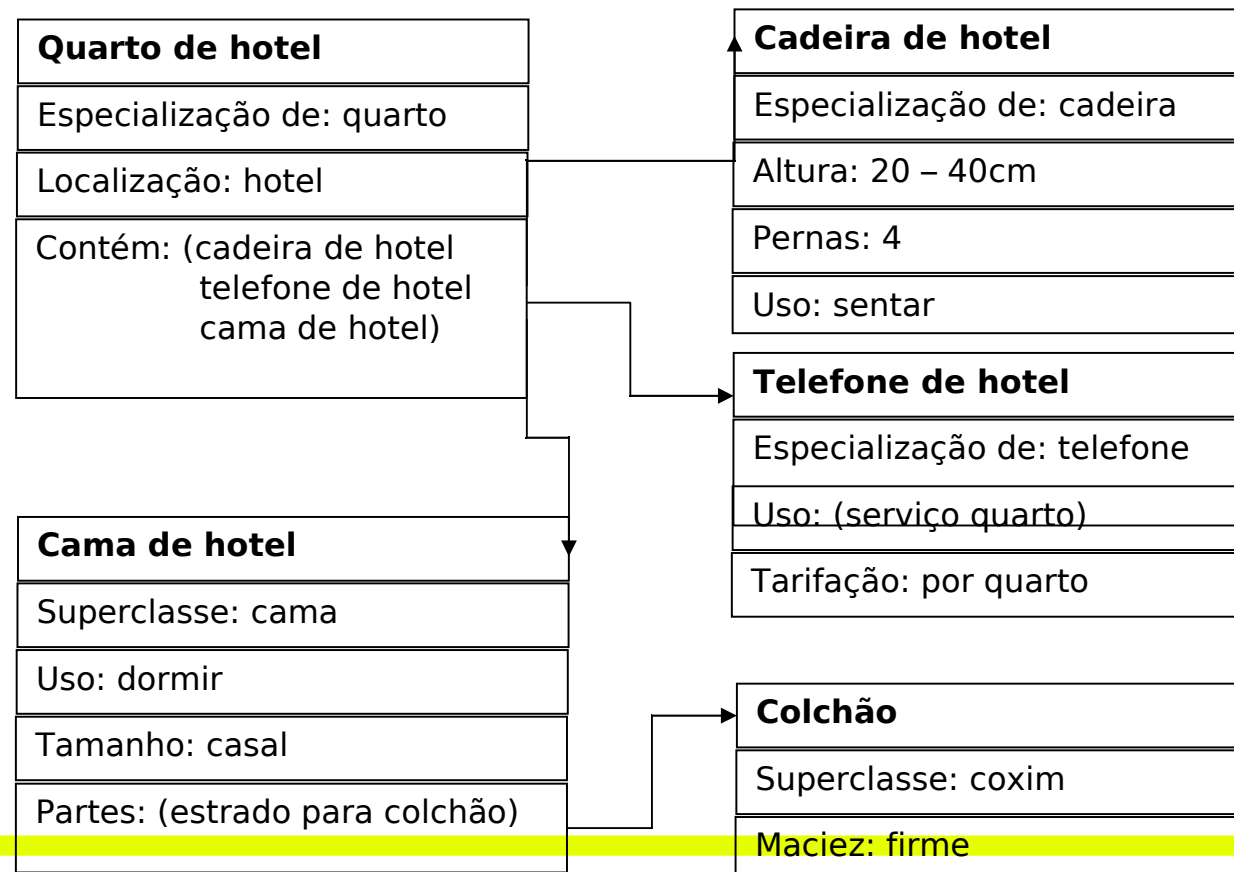
- ◆ Exemplo
 - Quadro: Cadeira
 - Slot: número de pernas - inteiro (default: 4)
 - Slot: tipo-de-encosto - curvo, reto, não-tem (default: curvo)
 - Slot: tipo-de-assento - redondo, anatômico, reto (default: anatômico)
 - Slot: número-de-braços - 2,1,0 (default: 0)
 - Slot: cor - preta, branca, incolor, azul (default: incolor)
 - Quadro: Cadeira-do-Renato
É-UM Cadeira
 - Slot: número de pernas - 4
 - Slot: tipo-de-encosto - (default: curvo)
 - Slot: tipo-de-assento - redondo
 - Slot: número-de-braços - 0
 - Slot: cor - (default: incolor)

Quadros (Frames)

- Parte de uma descrição por frame de um quarto de hotel.
- Cada frame individual pode ser visto como uma estrutura de dados.

Slots do frame contém:

- Identificação frame
- Relação com outros frames
- Descritores de requisitos (altura do acento)
- Informação sobre uso
- Informação default (cadeira tem 4 pernas)



Quadros (Frames)

- ♦ Quadros superam o poder das redes semânticas pois permitem que objetos complexos sejam representados como um único frame, em vez de uma grande estrutura de rede.
- ♦ Os frames tornam mais fácil organizar o conhecimento hierarquicamente.

Roteiros (Scripts)

- ♦ Originalmente concebido por Schank e seu grupo de pesquisa (1977).
- ♦ Pesquisa em roteiros examina a organização do conhecimento na memória e o papel que esta organização desempenha no raciocínio.
- ♦ São estruturas semelhantes aos quadros que descrevem seqüências estereotipadas de eventos em contextos particulares.
- ♦ A principal diferença que se pode estabelecer em relação aos quadros fica a nível das estruturas adotadas.
- ♦ Os eventos descritos formam uma cadeia causal.

Roteiros (Scripts)

- ♦ O início da cadeia é o conjunto de condições de entrada que permite a possibilidade de ocorrência do primeiro evento do roteiro.
- ♦ O fim da cadeia é o conjunto de resultados que permitirá a ocorrência de eventos posteriores.
- ♦ O raciocínio com roteiros serve especialmente para verificar se determinado evento ocorreu e também para verificar a relação entre os eventos, o que pode ser conseguido pelo exame da cadeia causal.

Roteiros (Scripts)

Roteiro: comer-em-restaurante

Apoio: (restaurante, dinheiro, alimento, menu, mesas, cadeiras)

Funções: (pessoas com fome, encontro de pessoas)

Ponto-de-vista: (pessoas com fome)

Tempo-de-ocorrência: (tempo-de-operação do restaurante)

Lugar-de-ocorrência: (localização do restaurante)

Seqüência-de-eventos

primeiro : Inicie o roteiro entrada-no-restaurante

então: Se (há-convite-para-sentar ou reservas) então siga roteiro orientação-do-garçom

então: siga roteiro aguarde-sentado

então: siga roteiro solicite-comida

então: siga roteiro comer, a menos que haja uma longa espera, caso em que seguirá o roteiro sai-do-restaurante-furioso.

- ◆ Outros Roteiros: refeição rápida (fast-food).

Representação de Conhecimento

Lógica

- ♦ Estudo das regras do raciocínio válido.
- ♦ Pode ser usada para representar conhecimento.
- ♦ O formalismo lógico parece atraente, pois, recorrendo-se à dedução matemática somos capazes de derivar novos conhecimentos a partir de outros já existentes.
- ♦ **Lógica das Proposições**
 - Proposições são afirmações que admitem um valor lógico, “verdadeiro” ou “falso”.
 - Seja, por exemplo, uma fbf do cálculo proposicional:
 - `cor(gato,preto)`.
 - Pode ter valor verdadeiro ou falso dependendo se o gato em questão é ou não preto.
 - Na representação do conhecimento, ela representa um fato e é suposta verdadeira no mundo que representa.