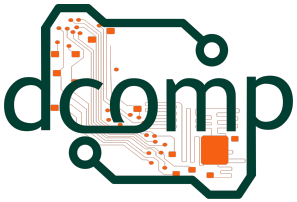
Universidade Federal do Espírito Santo – CCA UFES

Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Ciências Agrárias – CCA UFES
Departamento de Computação



Representação de Conhecimento

Inteligência Artificial

Site: http://jeiks.net
E-mail: jacsonrcsilva@gmail.com

Representação e Inteligência

- Métodos fracos de resolução de problemas;
- Métodos fortes de resolução de problemas;
- Abordagens de inteligência distribuídas e incorporadas ou baseadas em agentes.

Representação e Inteligência

- Métodos fracos de resolução de problemas
  - Utilizavam pesquisa heurística;
    - *Logic Theoristic* – Shaw, Newell e Simon, 1963;
  - Busca em espaço de estados;
    - *General Problem Solver* – Newell e Simon, 1963-1972.
    - Análise meio-fim: buscava operadores que aproximavam o estado atual do objetivo.
  - Programas feitos com regras específicas baseadas em sintaxe e planejadas para resolver uma grande variedade de problemas.

Representação e Inteligência

- Métodos fortes de resolução de problemas
  - Utilizam conhecimento explícito de um de um domínio particular de problemas;
  - Possui conhecimento empírico (adquirido até a observação) de determinado ambiente;
  - Precisam de muito conhecimento específico do domínio;
  - Exemplo:
    - SE
    - o motor não virar, e
    - as luzes não acendem
    - ENTÃO
    - o problema é na bateria ou nos cabos.
  - Elimina outros componentes e poda o espaço de pesquisa.

Representação e Inteligência

- Métodos fortes de resolução de problemas
  - São realizadas certas suposições sobre a natureza dos sistemas inteligentes.
  - Essas suposições são formalizadas por Brian Smith (1985) como a **hipótese de representação do conhecimento**:

    > Qualquer processo inteligente mecânico será composto de ingredientes estruturais que
    >
    > (a) nós, como observadores externos naturalmente tentaremos representar uma consideração proposicional do conhecimento que o processo como um todo exibe, e
    >
    > (b) independentes de qual atribuição semântica externa utilizada, recrearemos uma regra formal para produzir o comportamento que se manifesta esse conhecimento.

  - (a) supõe que o conhecimento será representado proposicionalmente;
  - (b) supõe que o comportamento do sistema foi causado pelas proposições da Base de Conhecimento.

Representação e Inteligência

- Abordagens de inteligência distribuídas e incorporadas ou baseadas em agentes.
  - Geralmente descritos como: solucionadores de problemas baseados em agentes, ou incorporados (*embodied*) ou emergentes.
  - Diversas pesquisas tem desafiado a exigência de uma base de dados centralizada ou de ter um esquema de inferência de propósito geral;
  - Características dos solucionadores de problemas são criados como agentes distribuídos. Sendo situados/localizados, autônomos e flexíveis;
  - Solucionadores de problemas são distribuídos, com agentes realizando tarefas em diferentes sub contextos de seus domínios. Cada agente:
    - Não necessita da intervenção de humanos ou de um processo de controle geral;
    - Podem aprender sozinhos;
    - Podem trabalhar colaborativamente com outros agentes.

Representação do Conhecimento

- Qual a importância de representar um mundo real no computador?

Representação do Conhecimento

- Qual a importância de representar um mundo real no computador?

  Pois assim, o computador torna-se capaz de resolver (interpretar, predizer e responder) problemas.

Representação do Conhecimento

- Qual a importância de representar um mundo real no computador?

  Pois assim, o computador torna-se capaz de resolver (interpretar, predizer e responder) problemas.

- Como representar o conhecimento dentro dos programas de computador?
- Quais representações utilizar?

Representação de Conhecimento

- É necessário ter uma boa representação.
- Um algoritmo eficiente e um algoritmo que não funciona dependem:
  - Do modo pelo qual o computador representa o problema;
  - Das variáveis utilizadas; e
  - Dos operadores aplicados às variáveis.

Então:

Como encontrar uma lente de contato que caiu em um campo de futebol?

Encontrar uma lente em um campo de futebol

- Qual o conhecimento que poderia ser utilizado para inciar a pesquisa?

Encontrar uma lente em um campo de futebol

- Qual o conhecimento que poderia ser utilizado para inciar a pesquisa?
  - “Local onde você estava no campo”
  - Evitar procurar em locais distantes onde a lente não pode ter caído.
- Como isso poderia ser feito por um computador?

Encontrar uma lente em um campo de futebol

- Qual o conhecimento que poderia ser utilizado para inciar a pesquisa?
  - “Local onde você estava no campo”
  - Evita procurar em locais distantes onde a lente não pode ter caído.
- Como isso poderia ser feito por um computador?
  - Ele pode possuir um mecanismo para responder se a lente está em um local específico.
- O que fazer então?
  - Pesquisar em todos os pontos do campo?

Encontrar uma lente em um campo de futebol

- Qual o conhecimento que poderia ser utilizado para inciar a pesquisa?
  - “Local onde você estava no campo”
  - Evita procurar em locais distantes onde a lente não pode ter caído.
- Como isso poderia ser feito por um computador?
  - Ele pode possuir um mecanismo para responder se a lente está em um local específico.
  - E então, pode-se dividir o campo em inúmeros pedaços e descartar onde não seria possível encontrar a lente.
- Seria eficiente? Há outras formas de efetuar isso?

Paradigmas de representação do conhecimento

- Lógica;
- Sistemas de Produção;
- Redes Semânticas;
- Quadros (Frames);
- Árvores de Decisão.

Representação por Lógica

- Criada por Aristóteles há mais de 2300 anos:
  - Uma linguagem par representar os processos envolvidos no pensamento.
- Trabalha sobre proposições:
  - Simples:
    - p: está chovendo;
    - q: a raiz quadrada de 4 é 2;
  - Compostas:
    - P: está chovendo e ventando;
    - Q: se está chovendo, então a pista está molhada.

Representação por Lógica

- E pode-se aplicar operações lógicas:
  - Negação;
  - Conjunção;
  - Disjunção Inclusiva;
  - Disjunção exclusiva;
  - Condicional *ou* Implicação;
  - Bicondicional *ou* Dupla negação;

Representação por Lógica

- Inferência com proposições:
  - Premissas: p_1, p_2, ..., p_n, c;
  - Onde: “c” é a consequência final, obtida com as premissas.
  - Tem-se:

    “Regra de inferência” *ou* “Argumento válido”

$$p_1, p_2, \ldots, p_n \rightarrow c$$

ou

$$\frac{p_1, p_2, \ldots, p_n}{c}$$

Regras de Inferências

- Adição $\frac{a}{a \vee b}$
- Simplificação $\frac{a \wedge b}{a}$
- União $\frac{a, b}{a \wedge b}$
- Absorção $\frac{a \rightarrow b}{a \rightarrow a \wedge b}$
- Modus Ponens $\frac{a \rightarrow b, a}{b}$
- Modus Tollens $\frac{a \rightarrow b, \neg b}{\neg a}$
- Silogismo Disjuntivo $\frac{a \vee b, \neg b}{a}$
- Silogismo Hipotético $\frac{a \rightarrow b, b \rightarrow c}{a \rightarrow c}$

Representação por Lógica

- Lógica de Predicados:
  - Objetos: substantivos (casa, lápis, maria,etc.);
  - Relações: verbos para descrever relações entre objetos;
  - Funções: relações em que existe somente um valor para uma dada entrada;
  - Domínio: um conjunto de objetos;
  - Elementos do domínio: elementos do domínio;
  - Sentenças atômicas. Ex: Pai(Luis, Pedro);
  - Sentenças complexas. Ex: irmão(Luis,Pedro) $\wedge$ casado(Lucas,Maria);
  - Quantificadores: $\forall$(x) traidor(x) $\rightarrow$ enforcado(x).

Representação por Sistemas de Produção

- Proposto pelo matemático Emil Post em 1943:
  - Para tratar procedimentos computáveis.
- As regras estão no formato:
  - condição → ação
  - SE <condição> ENTÃO <ação>
  - Utilizando a regra de inferência “Modus Ponens”

Representação por Redes Semânticas

- É formado por um grafo orientado.
- Possui associações declarativas e procedurais.
- Os nós representam os objetos.
- As arestas representam as relações entre os objetos.

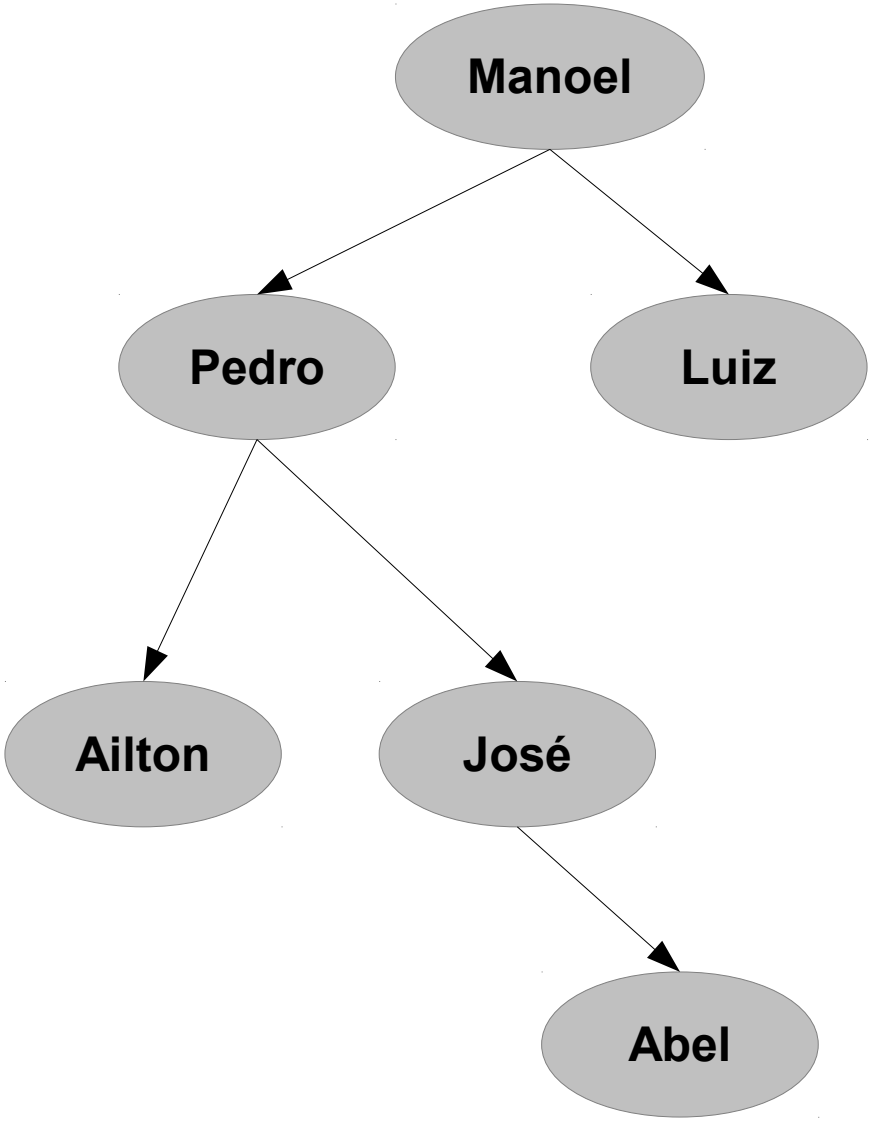
Representação por Quadros (*Frames*)

- Baseia-se na hipótese de que
  - as pessoas usam conhecimentos adquiridos em experiências anteriores
  - para resolver situações novas.
- Uma nova experiência
  - Incrementa o conhecimento atual;
  - Gera maior especialização.

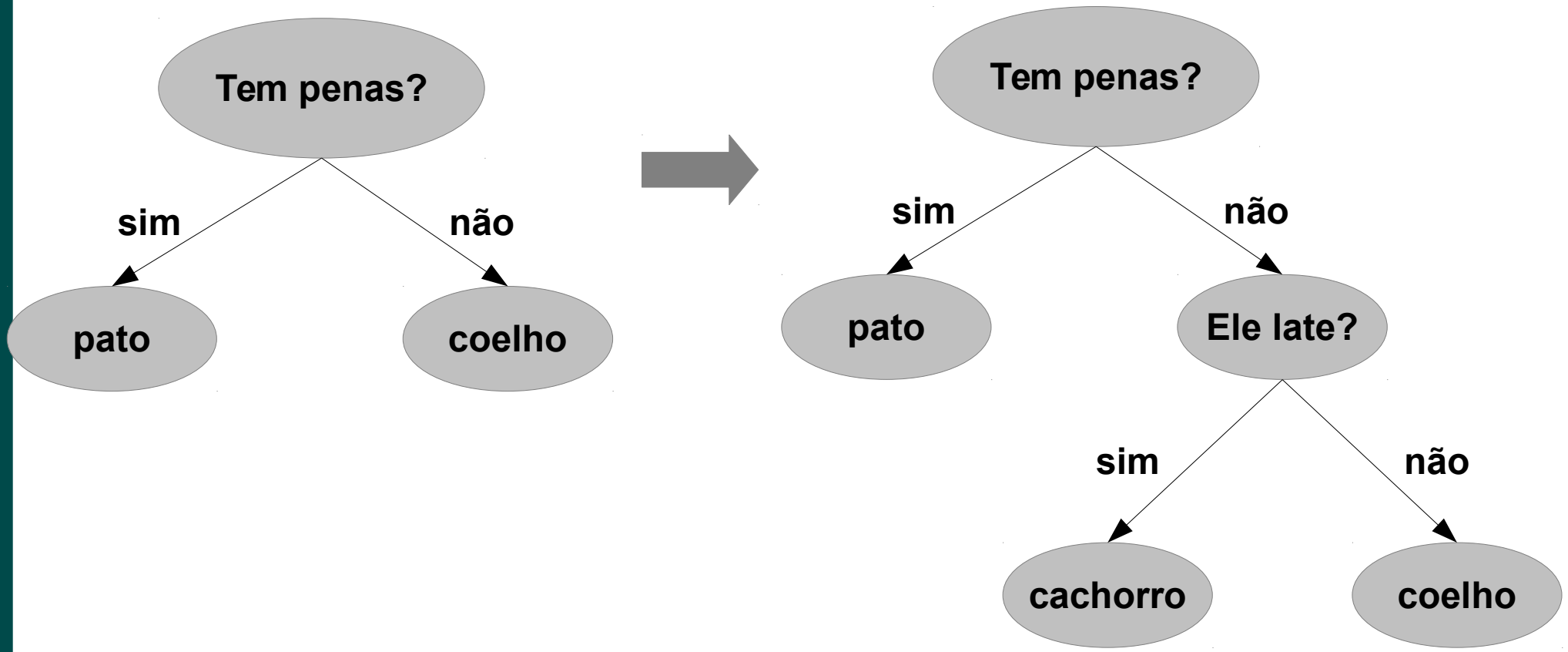
Representação por Quadros (Frames)

- 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 – 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)

Representação por Árvores de Decisão



Representação por Árvores de Decisão



Um pouco mais sobre os principais paradigmas...

- Principais paradigmas de representação de conhecimento:
  - Sistemas ou Regras de Produção;
  - Redes Semânticas;
  - Quadros (*Frames*).

Sistemas de Produção

- Proposto pelo matemático Emil Post em 1943:
  - Demonstrou que um procedimento computável poderia ser modelado como um sistema de produção.
- Pode ser utilizado para:
  - implementar métodos de busca; e
  - para modelar a solução humana de problemas.
- Fornece um controle guiado por padrão de um processo de solução de problemas.
- Consiste em:
  - Um conjunto de *regras de produção*,
  - E uma *memória de trabalho*; e
  - Um ciclo de controle do tipo *reconhece-atua*.

Conjunto de regras de produção

- São chamadas simplesmente de *produções*;
- Cada *produção* define uma porção de conhecimento para a solução de um problema.
- A *produção* é um par condição-ação, onde:
  - A *condição* da regra é um padrão que determina quando a regra pode ser aplicada para um caso do problema;
  - A *ação* define o passo da solução do problema associado.

Memória de trabalho

- Contém uma descrição do *estado atual do mundo* num processo de raciocínio.
- A descrição é um padrão comparado com a condição para selecionar ações apropriadas para resolver o problema.
- Quando o elemento da condição de uma regra casa com o conteúdo da memória de trabalho, a ação associada com esta condição pode ser realizada.
- As ações das regras de produção são projetadas especificamente para alterar o conteúdo da memória de trabalho.

O ciclo reconhece-atua. Estrutura de controle do sistema

- A *memória de trabalho* é inicializada com a descrição inicial do problema;
- O estado atual da solução do problema é mantido como um *conjunto de padrões* na memória de trabalho;
- Estes padrões são comparados com as condições das regras de produção,
  - É produzido o *conjunto de conflito*, que é um subconjunto de regras de produção.
  - As produções do *conjunto de conflito* estão *habilitadas* neste momento.
- Uma destas soluções no conjunto de conflito é selecionada, ou seja, a solução é *disparada*. Esta ação modifica a memória de trabalho.
- O ciclo de controle então se repete utilizando a memória de trabalho modificada.
- O processo termina quando o conteúdo da memória de trabalho não casa mais com nenhuma condição.

Conflitos

- A *resolução de conflito* escolhe uma regra para ser disparada no *conjunto de conflitos*.
  - Pode ser a escolha da primeira regra;
  - Ou a utilização de heurísticas para a seleção de regras.
  - Aqui é o local do sistema de produção que permite-se adicionar um controle heurístico a um algoritmo de busca.
- O modelo *puro* de sistema de produção finaliza no momento que nenhuma produção é mais encontrada.
  - Porém, muitas implementações práticas permitem regredir até um estado anterior da memória de trabalho.

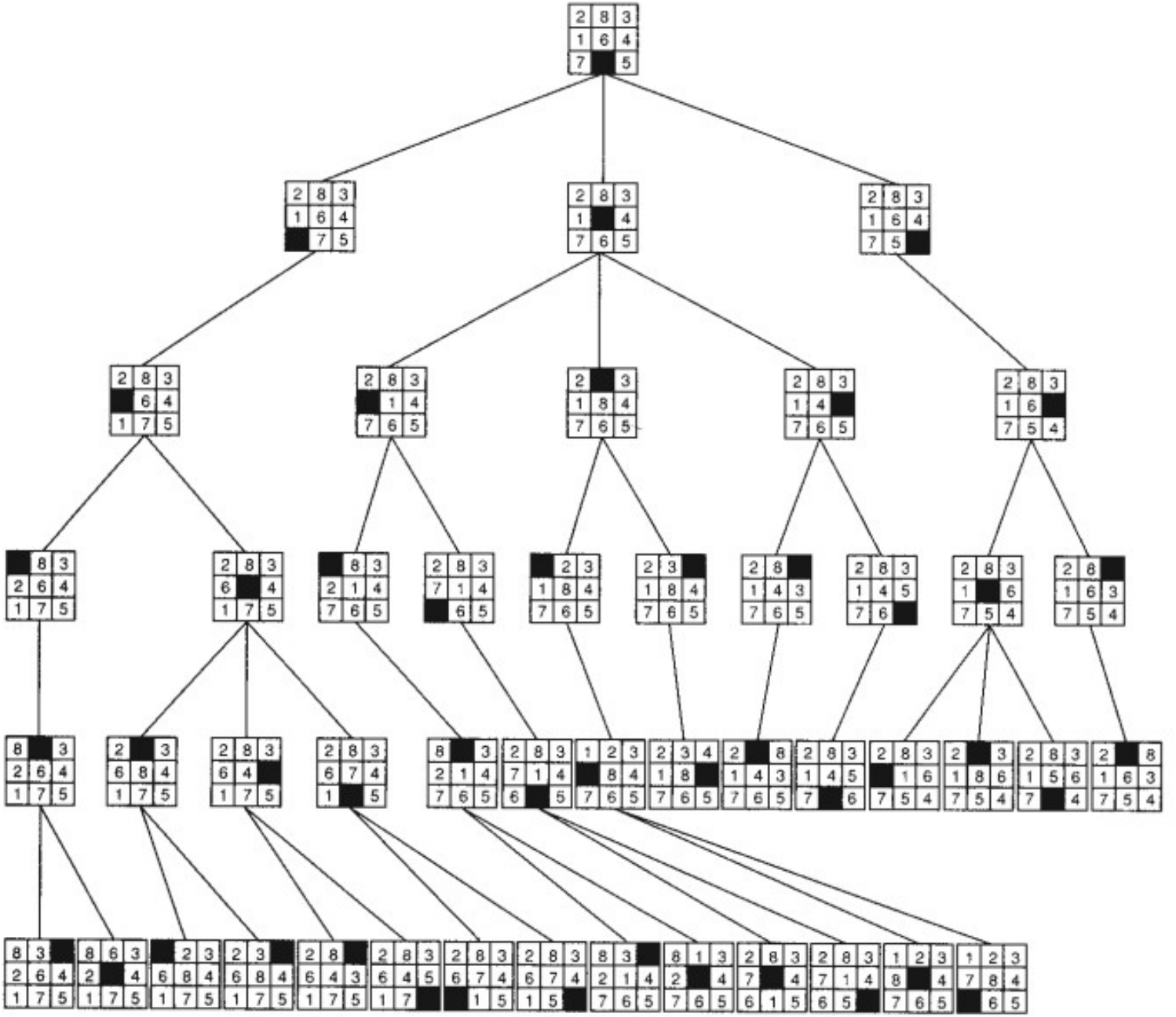
Exemplo

Conjunto de produção:

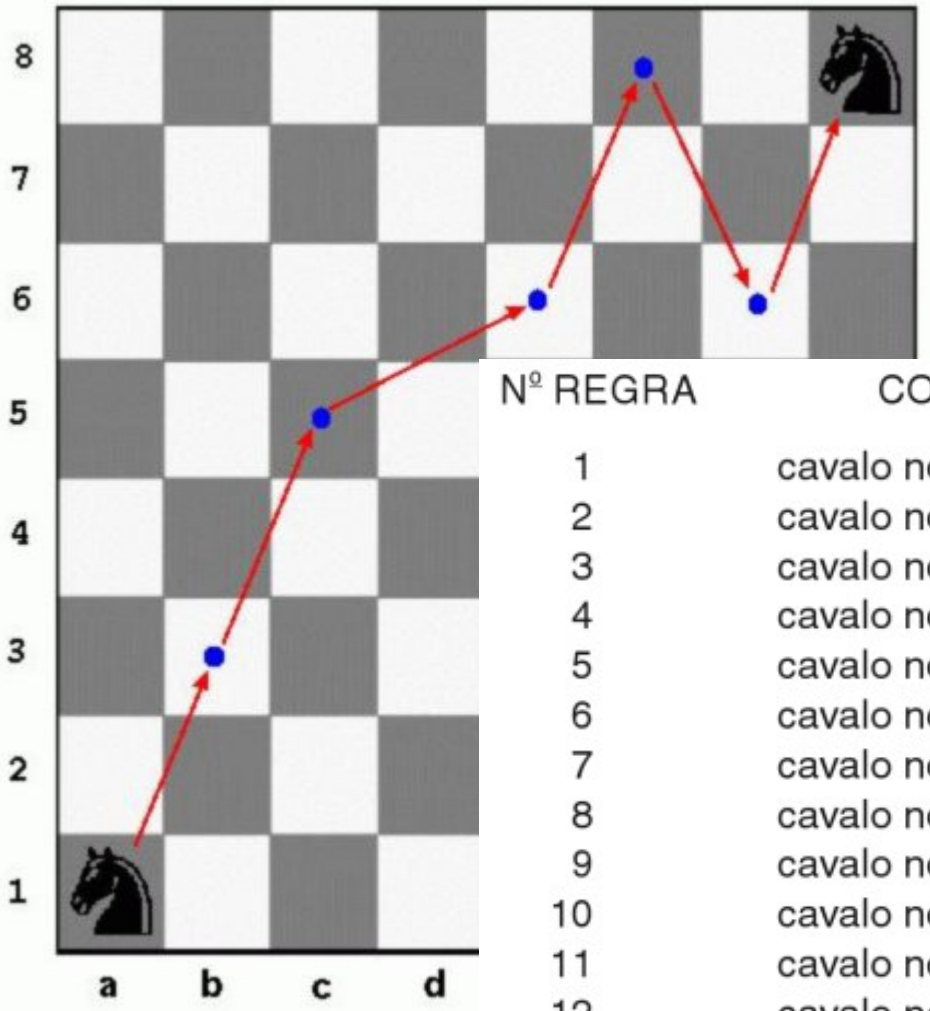
1 ba → ab
2 ca → ac
3 cb → bc

Nº Iteração	Memória de trabalho	Conjunto de conflito	Regra disparada
0	cbaca	1, 2, 3	1
1	cabca	2	2
2	acbca	2, 3	2
3	acbac	1, 3	1
4	acabc	2	2
5	aacbc	3	3
6	aabcc	Ø	Parar

Outra utilização



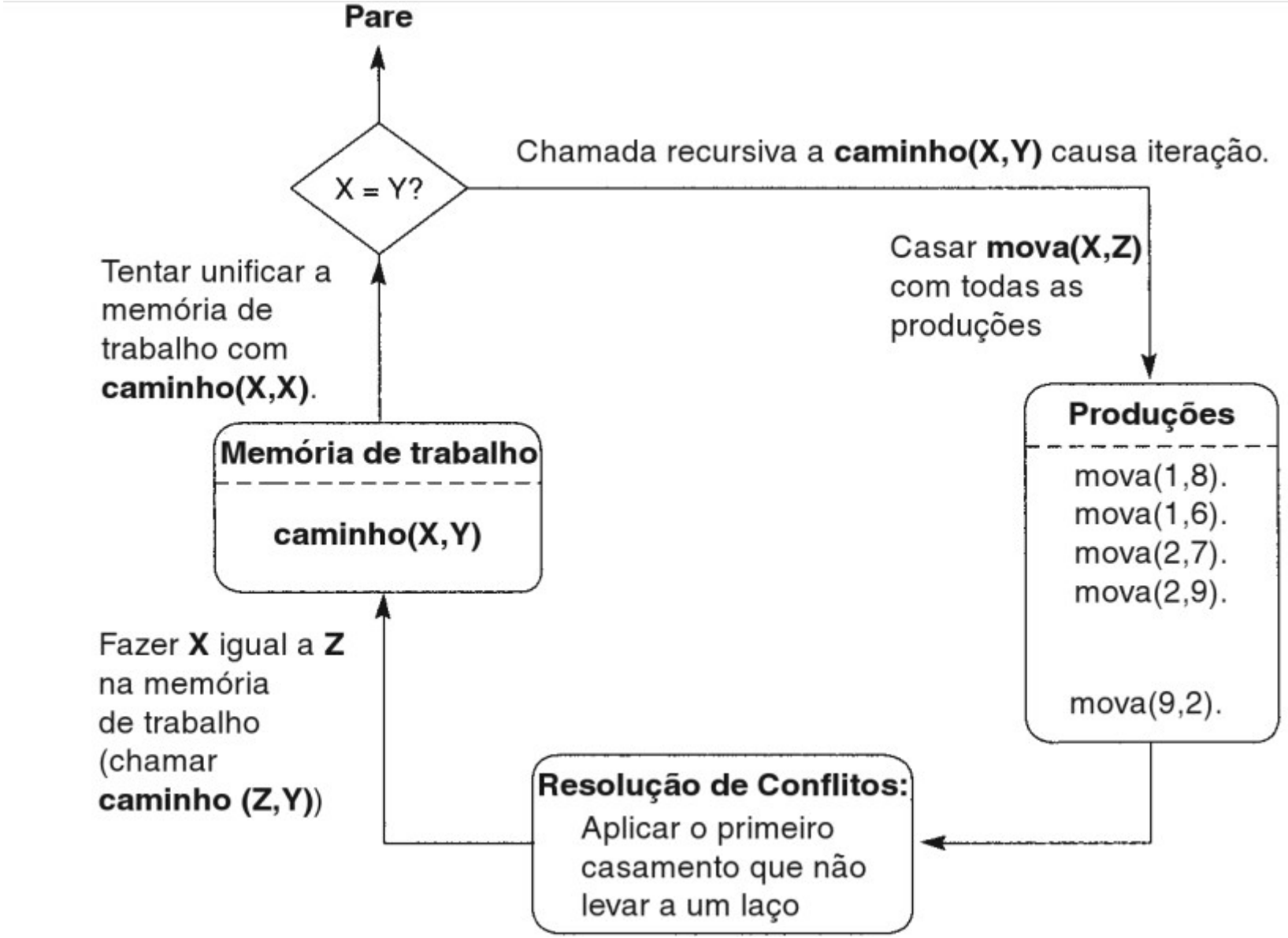
Problema do percurso do cavalo



Mova o cavalo da posição 1
até a posição 2
em um tabuleiro 3x3

Nº REGRA	CONDIÇÃO		AÇÃO
1	cavalo no quadrado 1	→	mova cavalo para quadrado 8
2	cavalo no quadrado 1	→	mova cavalo para quadrado 6
3	cavalo no quadrado 2	→	mova cavalo para quadrado 9
4	cavalo no quadrado 2	→	mova cavalo para quadrado 7
5	cavalo no quadrado 3	→	mova cavalo para quadrado 4
6	cavalo no quadrado 3	→	mova cavalo para quadrado 8
7	cavalo no quadrado 4	→	mova cavalo para quadrado 9
8	cavalo no quadrado 4	→	mova cavalo para quadrado 3
9	cavalo no quadrado 6	→	mova cavalo para quadrado 1
10	cavalo no quadrado 6	→	mova cavalo para quadrado 7
11	cavalo no quadrado 7	→	mova cavalo para quadrado 2
12	cavalo no quadrado 7	→	mova cavalo para quadrado 6
13	cavalo no quadrado 8	→	mova cavalo para quadrado 3
14	cavalo no quadrado 8	→	mova cavalo para quadrado 1
15	cavalo no quadrado 9	→	mova cavalo para quadrado 2
16	cavalo no quadrado 9	→	mova cavalo para quadrado 4

Algoritmo recursivo de caminho



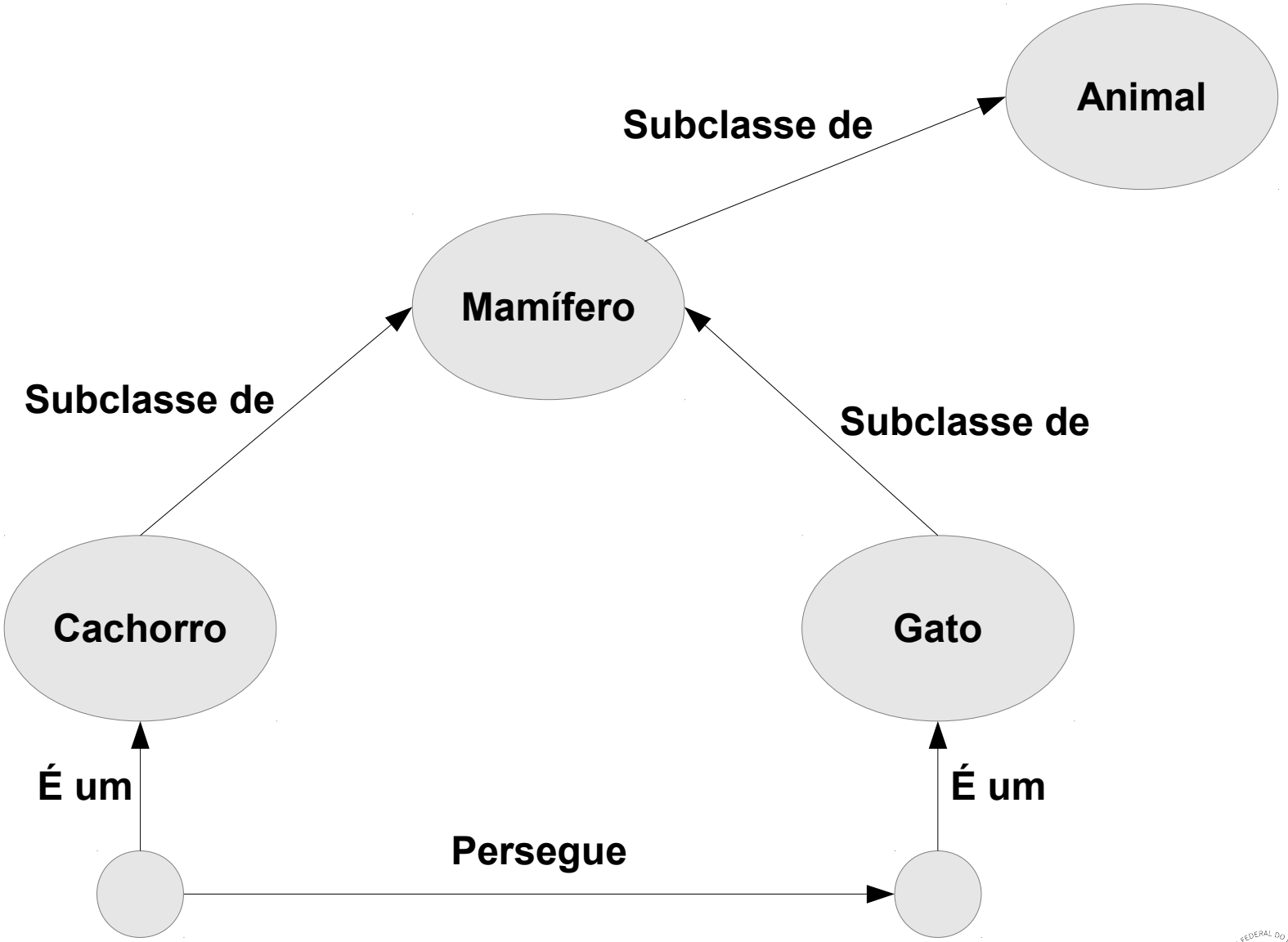
Redes Semânticas

- 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.

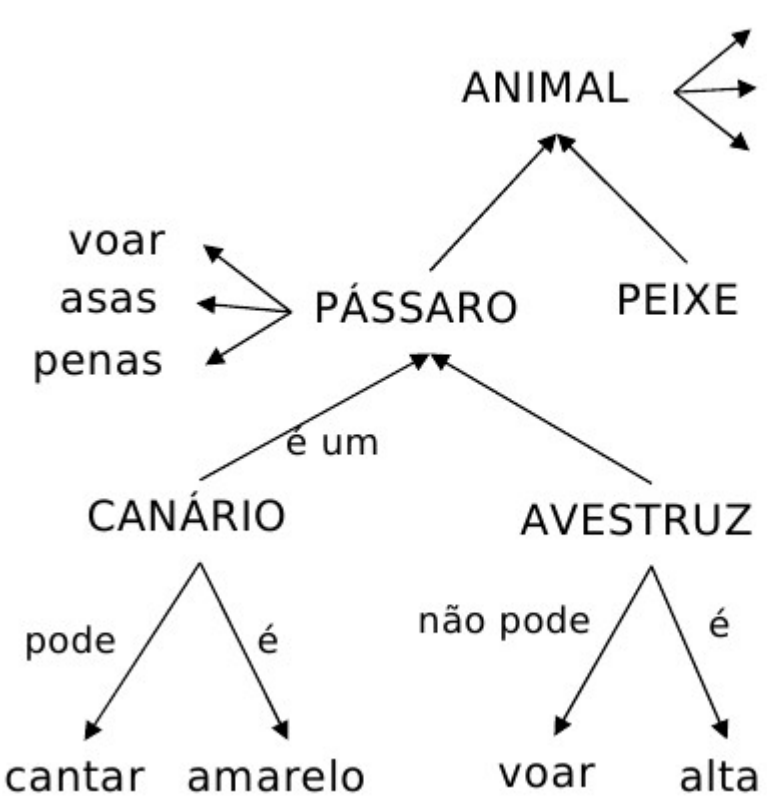
Redes Semânticas

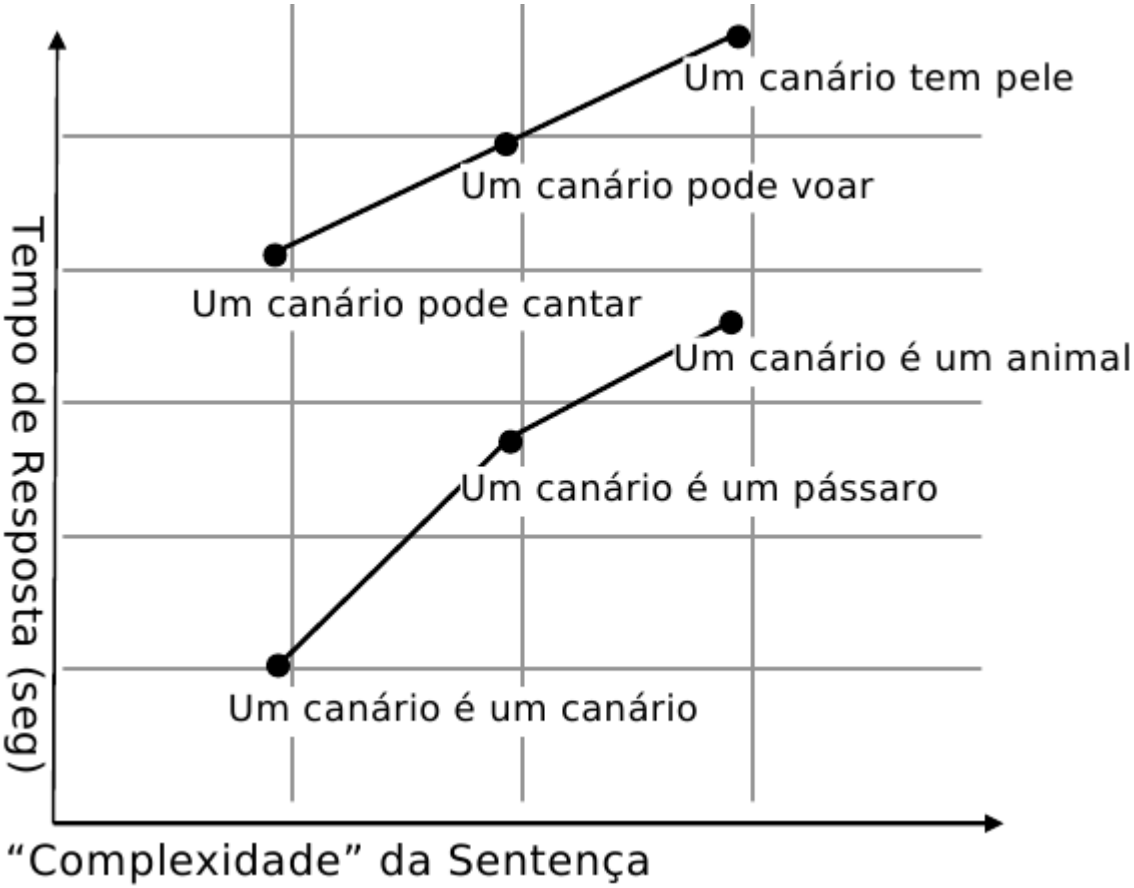
- Redes Semânticas Elementares
  - Usa-se nodos para representar substantivos, adjetivos, pronomes e nomes próprios.
  - Os arcos são reservados basicamente para representar verbos transitivos e preposições.
  - Relações de inclusão entre classes são representadas por relações “subclasse-de”.
  - Os 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”.

Exemplo de rede semântica



Redes Semânticas





Além da habilidade de associar conceitos, os humanos também organizam hierarquicamente o seu conhecimento. A informação é armazenada em níveis apropriados mais altos da taxonomia.

Quadros (*Frames*)

- Os Quadros ou Cenários (*Frames*), e sua variação, os roteiros (*Scripts*)
  - 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.
  - Ex.: alguém que já assistiu alguma vez a um júri popular sabe que tipo de “quadro” irá encontrar se for a outro.
- As ideias fundamentais foram introduzidas por Marvin Minksy em 1975, no artigo “A framework to represent knowledge”.
- Origina-se nas mesmas ideias das linguagens de programação orientadas a objetos.

Quadros (*Frames*)

- Segundo 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
  - valores do objeto em particular,
  - valores *default*,
  - ponteiros para outros quadros (que criam redes de dependências) e
  - conjuntos de regras de procedimento que podem ser implementados.
- Os conjuntos de procedimentos indicam que procedimento deve ser executado quando certas condições forem satisfeitas.

Quadros (*Frames*)

- Os quadros também são organizados em uma hierarquia de especialização, criando outra dimensão de dependência entre eles (herança).
  - Permite assim especificar propriedades de uma classe de objetos através da declaração de herança desta classe à outra.
- O processo de herança e instanciação favorece a reutilização de código.
- São úteis para domínio de problemas onde a forma e o conteúdo do dado desempenham um papel importante na solução do problema.

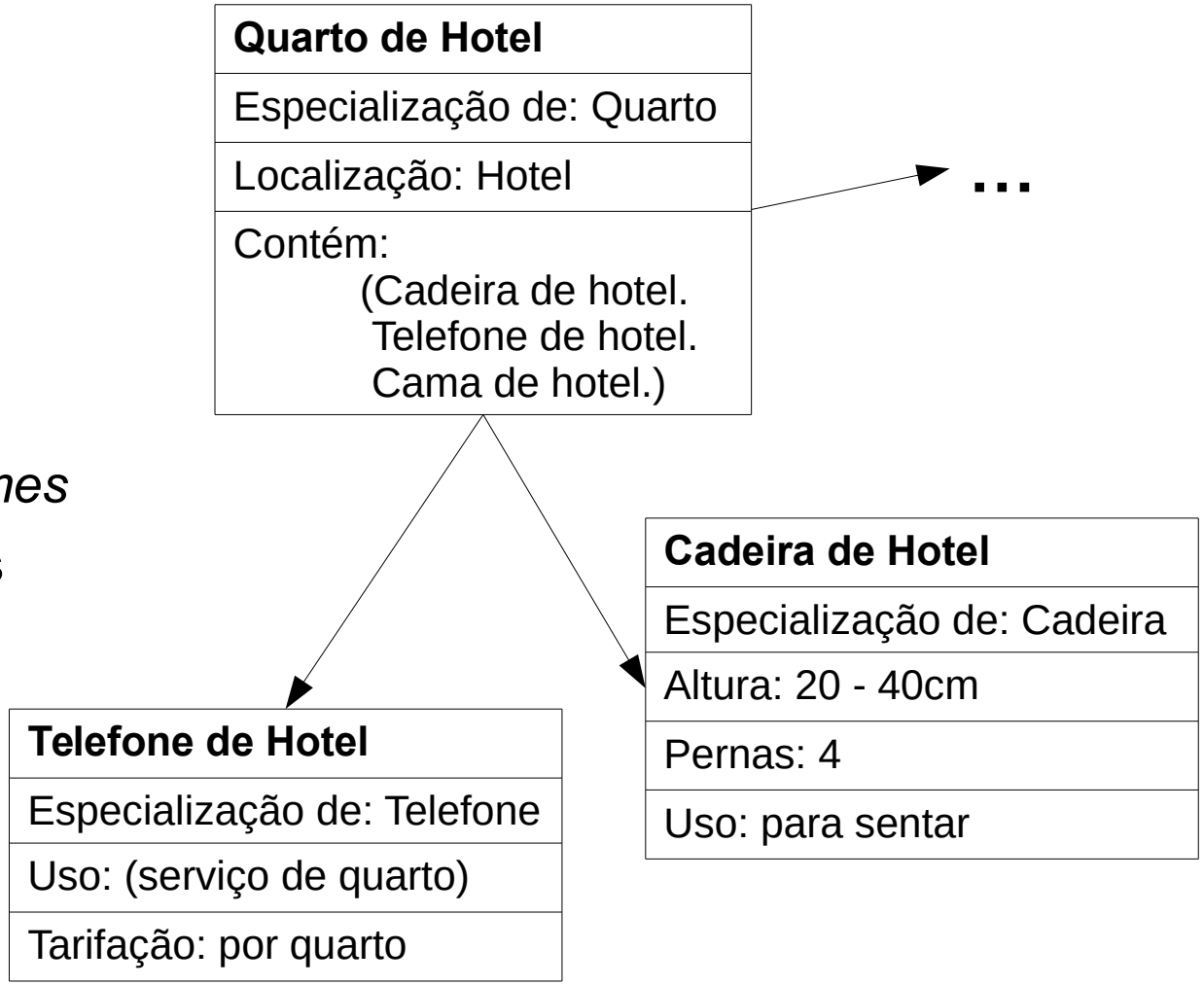
Exemplo

- 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);

Exemplo

- 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.