

# Sistemas Especialistas

## **Inteligência Artificial**

Prof. Lucas Cambuim

# Tópicos

- O que é um Sistema Especialista (SE)
  - O que é um especialista
  - O que é *expertise*
- Qual é a estrutura de um SE
- Quem usa SE
- Como ele pode ser usado
- Quais são os potenciais benefícios
- Quais são as possíveis limitações

# Sistemas Baseados em Conhecimento

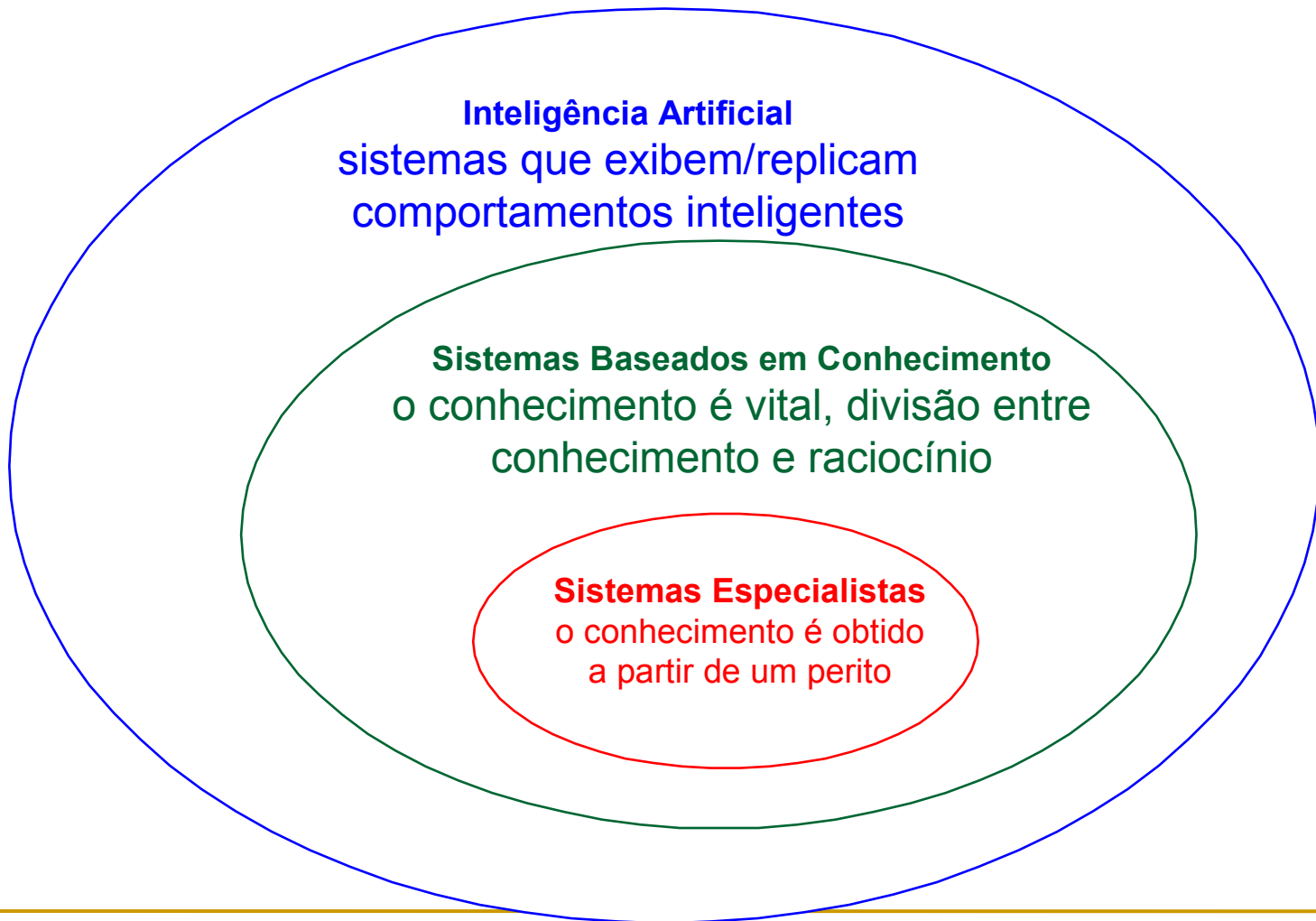
- Nos Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) há uma separação clara entre conhecimento e raciocínio
  - o controle do programa não se mistura com a especificação do conhecimento
- **Conhecimento** é um conjunto integrado de fatos e relações que quando devidamente interpretado, produz um desempenho eficiente



# Sistemas Baseados em Conhecimento

- Pode ser usado para:
  - ❑ guiar a seleção, localização e uso de regras
  - ❑ dar informação acerca das regras e do conhecimento
  - ❑ justificar as regras melhorando as capacidades de explicação
  - ❑ apoiar na detecção de erros ao introduzir novas regras
  - ❑ facilitar a introdução de novo conhecimento

# Sistemas Especialistas



# O que é um Sistema Especialista?

## ■ **Sistema**

- “Conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação”

## ■ **Especialista**

- “Pessoa que se consagra com particular interesse e cuidado a certo estudo. Conhecedor, perito”

## ■ **Sistemas Especialistas**

- “São sistemas que solucionam problemas que são resolvidos apenas por pessoas especialistas (que acumularam conhecimento exigido) na resolução destes problemas”

# O que é um Sistema Especialista?

## ■ Ramo da IA:

- faz uso intensivo do conhecimento especializado para resolver problemas ao nível de um especialista humano
- programas computacionais que emulam o comportamento de especialistas humanos em algum domínio específico do conhecimento

# Sistemas Especialistas

- **Sistemas Especialistas** (SE) são aplicações que têm por objetivo resolver problemas complexos de forma idêntica à utilizada pelos peritos humanos
- Os **SEs** são um caso específico de Sistemas Baseados em Conhecimento
  - num SE o conhecimento é obtido a partir de um ou mais peritos ou especialistas
  - o desenvolvimento de um SE incorpora, para além de uma vertente técnica, uma vertente humana complexa
    - relacionamento de confiança que se estabelece entre quem especifica e desenvolve o sistema e quem possui o conhecimento



# Sistemas Convencionais x Sistemas Especialistas

## ■ Sistema Convencional:

- é baseado em um algoritmo
- emite um resultado final correto
- processa um volume de dados de maneira repetitiva

## ■ Sistema Especialista:

- é baseado em uma busca heurística
- trabalha com problemas para os quais não existe uma solução convencional organizada de forma algorítmica disponível ou é muito demorada

# Sistemas Convencionais x Sistemas Especialistas

## ■ Manipulam dados

- ❑ representação e uso de dados
- ❑ algorítmico
- ❑ processos repetitivos
- ❑ efetiva manipulação de grandes bases de dados

## ■ Manipulam conhecimento

- ❑ representação e uso de conhecimento
- ❑ heurística
- ❑ processos de inferência
- ❑ efetiva manipulação de grandes bases de conhecimento



# Características dos Sistemas Especialistas

- Faz inferências e deduções a partir de informações fornecidas pelo usuário
- O **conhecimento** é aplicado na solução do problema, usado para guiar e restringir a busca por soluções
- A área do problema é pequena e bem-definida

# O que é *expert* (conhecedor ou especialista)?

- Conhecimento extendido de uma tarefa específica, adquirido através de treinamento, leitura, experiência etc.
- O que é conhecimento?
  - dados + processamento → **informação**
  - informação + processamento (experiência, treinamento etc.) → **conhecimento**

# O que é um Especialista?

## ■ Definição:

- ❑ identifica questões relevantes ao problema
- ❑ resolve problemas complexos rapidamente
- ❑ explica o resultado
- ❑ aprende continuamente (reestrutura o conhecimento)
- ❑ sabe quando aplicar “exceções”
- ❑ é humano



# O que é um Sistema Especialista?

- Um Sistema Especialista é aquele que é:
  - projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano
  - capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano
  - além de inferir conclusões, deve ter capacidade de aprender novos conhecimentos
    - melhorando o seu desempenho de raciocínio, e a qualidade de suas decisões

# Como um Especialista toma uma decisão?

- Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto:
  - um especialista o faz a partir de fatos que encontra
  - de hipóteses que formula
    - buscando em sua memória um conhecimento prévio armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional, sobre esses fatos e hipóteses
  - e o faz de acordo com a sua experiência
    - com o seu conhecimento acumulado sobre o assunto e, com esses fatos e hipóteses
  - emite a decisão

# Como um Especialista toma uma decisão?

- Durante o processo de raciocínio, vai verificando qual a importância dos fatos que encontra
  - comparando-os com as informações já contidas no seu conhecimento acumulado sobre esses fatos e hipóteses
- Neste processo, vai formulando novas hipóteses e verificando novos fatos
  - esses novos fatos vão influenciar no processo de raciocínio



# Como um Especialista toma uma decisão?

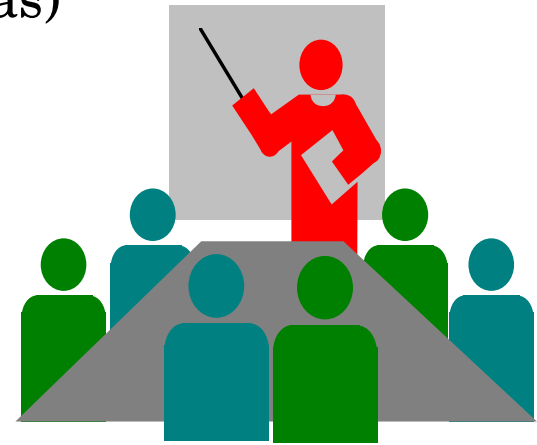
- Este raciocínio é sempre baseado no conhecimento prévio acumulado
- Um especialista com esse processo de raciocínio pode não chegar a uma decisão se os fatos de que dispõe para aplicar o seu conhecimento prévio não forem suficientes
  - pode chegar a uma conclusão errada
    - erro é justificado em função dos fatos que encontrou e do seu conhecimento acumulado previamente

# A eficácia dos Sistemas Especialistas

- As pessoas têm de ser capazes de interagir com ele facilmente
- Para facilitar esta interação os sistemas devem ser capazes de:
  - “explicar seu raciocínio”
  - “adquirir conhecimento novo e modificar o conhecimento antigo”
    - o conhecimento pode ser aumentado e/ou alterado

# Transferência de habilidade

- Objetivo de um SE
  - ❑ transferir habilidades (perícias) de um especialista (perito) para um sistema de computador
  - ❑ e então, para outros humanos (não especialistas)
- Atividades
  - ❑ aquisição de conhecimento
  - ❑ representação de conhecimento
  - ❑ inferência de conhecimento
  - ❑ transferência de conhecimento para os usuários
- O conhecimento é armazenado em uma base de conhecimento



# Porque não especialistas humanos?

## ESPECIALISTAS HUMANOS

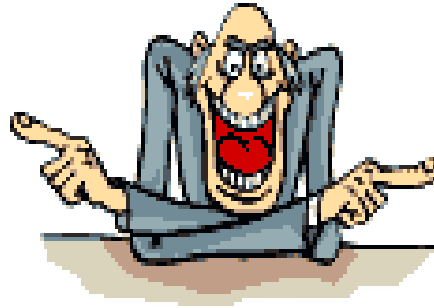
- perecível
- difícil transferir
- difícil documentar
- imprevisível
- caros

## ESPECIALISTAS ARTIFICIAIS

- permanente
- fácil transferência
- fácil documentar
- consistente
- relativamente barato

# Além disso, um Especialista também é...

- Raro
- Ocupado
- Emocional
- Mortal



Todas boas razões para  
considerar a captura de suas  
habilidades

# Porque manter especialistas humanos?

## ESPECIALISTAS HUMANOS

- criativo
- adaptativo
- experiência sensorial
- foco aberto
- senso comum

## ESPECIALISTAS ARTIFICIAIS

- sem inspiração
- ensinado
- estruturas simbólicas
- foco estreito
- conhecimento técnico

# SE - Tipos Genéricos de Uso

Quando as características do seu funcionamento

- ❑ Interpretação
- ❑ Diagnósticos
- ❑ Monitoramento
- ❑ Previsão
- ❑ Planejamento
- ❑ Projeto
- ❑ Depuração
- ❑ Reparo
- ❑ Instrução
- ❑ Controle

# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Diagnóstico

- ❑ inferir mal-funcionamentos de um sistemas a partir de observações
- ❑ prescrever “remédios” para o mal-funcionamento
- ❑ freqüentemente utilizado por sistemas que também tratam a Interpretação



## ■ Previsão

- ❑ a partir da modelagem de dados do passado e do presente, este sistema permite uma determinada previsão do futuro





# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Interpretação

- inferem descrições de situações a partir da observação de fatos
  - fazem a análise de dados e procuram determinar as relações e seus significados
- envolve sistemas que vão desde a compreensão de voz, compreensão de texto e compreensão de imagem



## ■ Reparo

- este sistema desenvolve e executa planos para administrar os reparos verificados na etapa de diagnóstico



# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Planejamento

- desenvolvem-se sistemas capazes de responder à questão de como gerar um plano para resolver um dado problema
  - configurar objetos sob restrições



## ■ Monitoramento

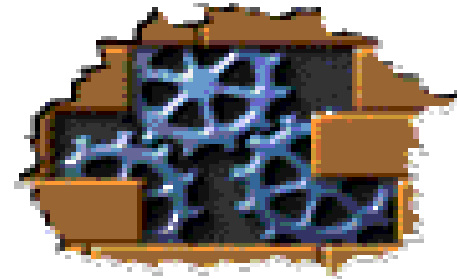
- aparece muitas vezes associada ao Diagnóstico
- trata-se, no fundo, de acompanhar a evolução de um sistema através de medições de grandezas que possam indicar o modo como o sistema evolui



# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Projeto

- possui características parecidas com as do planejamento
- é capaz de justificar a alternativa tomada para o projeto final, e de fazer uso dessa justificativa para alternativas futuras



## ■ Depuração

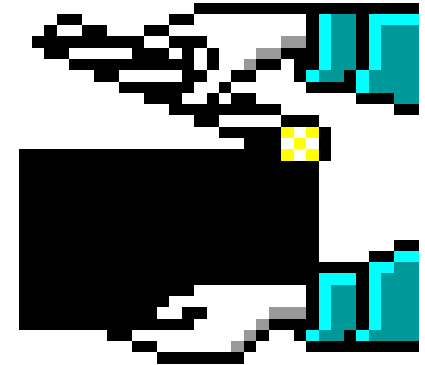
- possui mecanismos para fornecerem soluções para o mau funcionamento provocado por distorções de dados



# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Controle

- governa o comportamento geral de outros sistemas
- o objetivo é dar ordens a um conjunto de entradas de modo a que um dispositivo ou sistema consiga cumprir adequadamente as suas funções

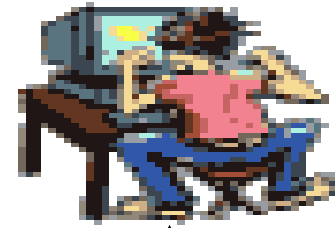


## ■ Instrução

- trata-se de proporcionar uma ferramenta de ensino e treino por computador



# Componentes de um SE

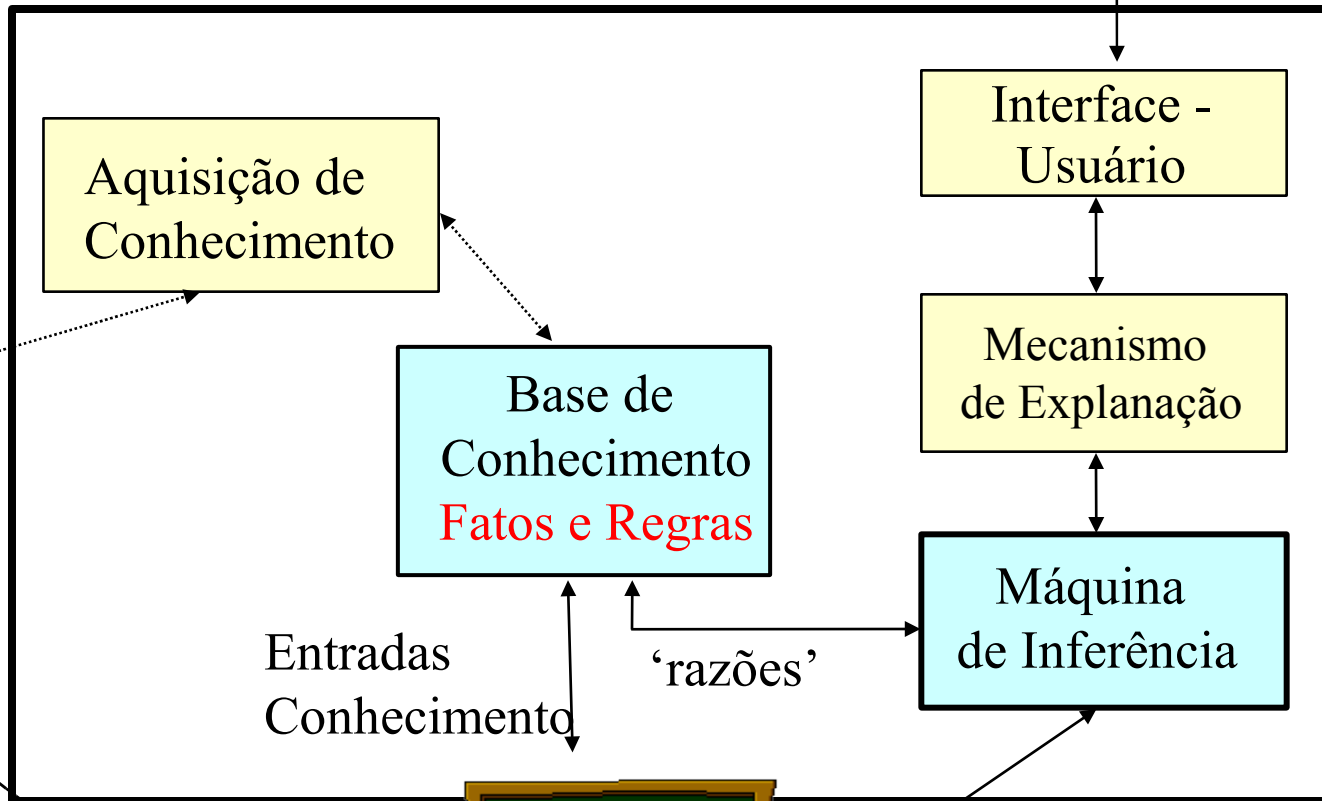


**Usuário**

**Especialista**

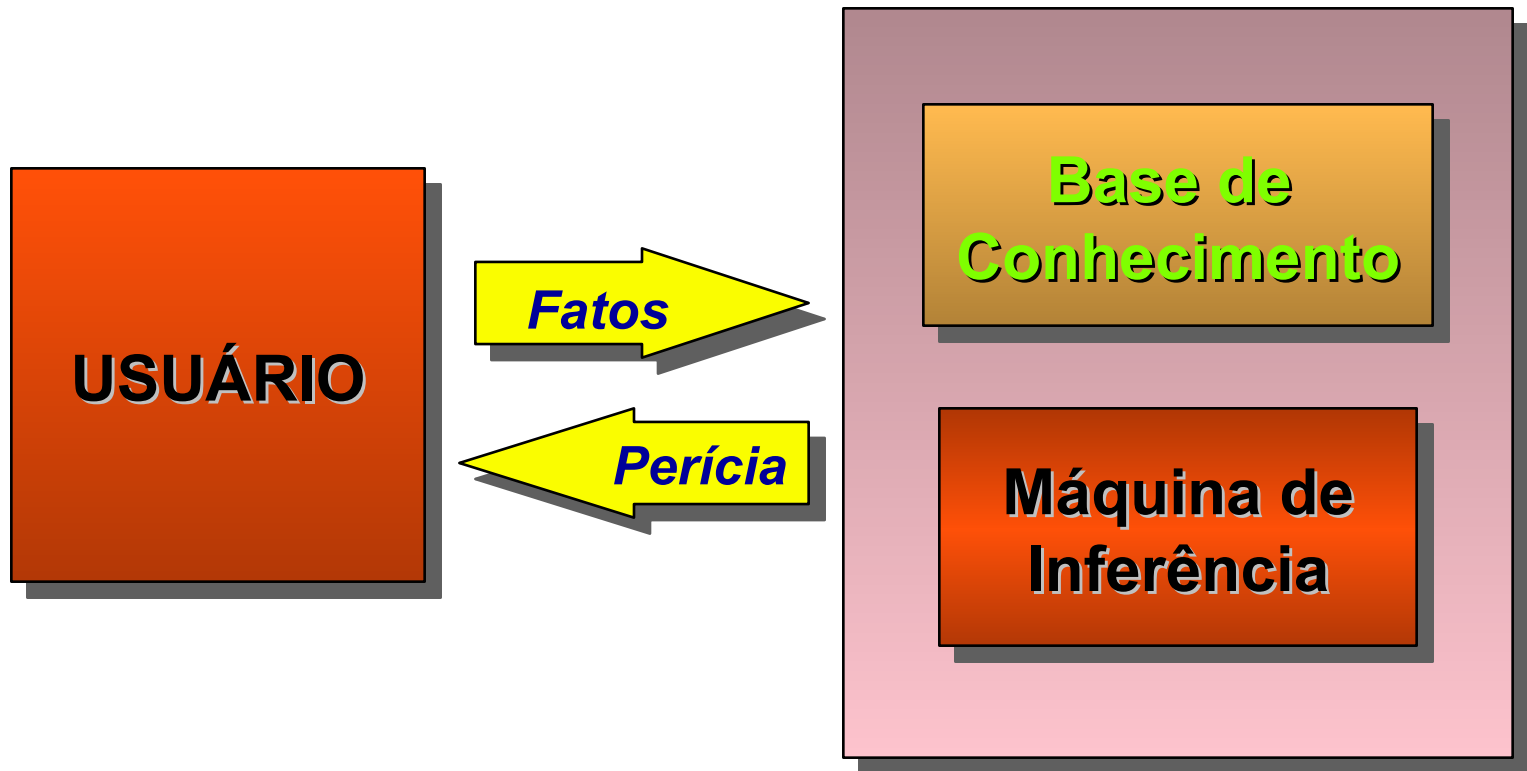


Técnicas  
Aquisição  
Conhecimento



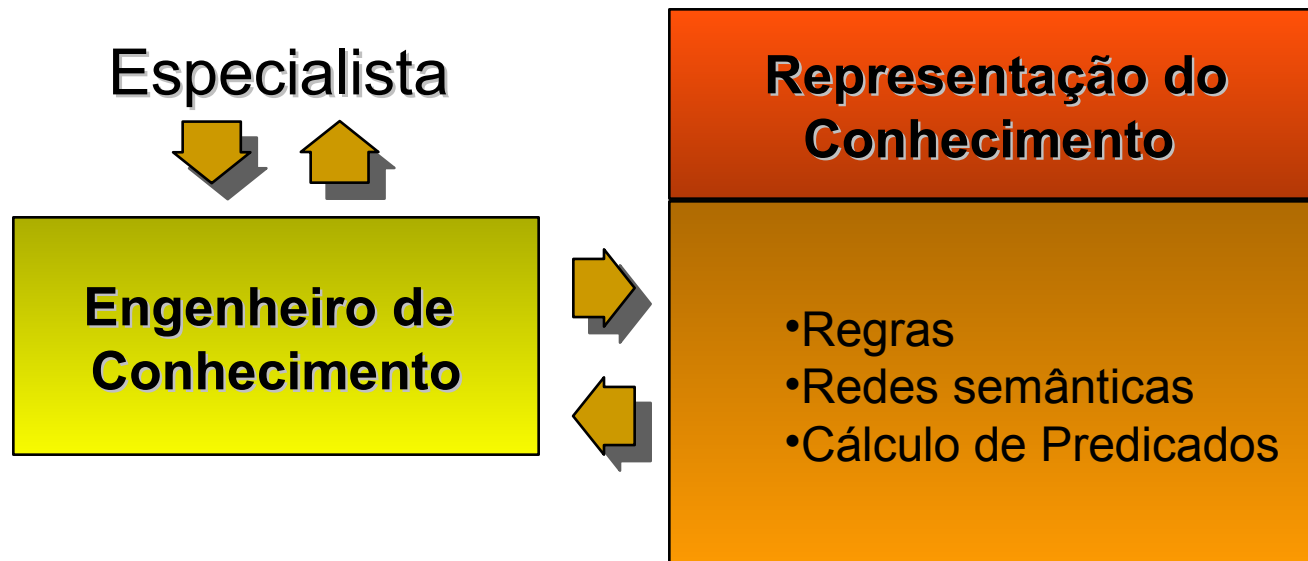
**Engenheiro do Conhecimento**

# Funcionamento de um Sistema Especialista



# Base de Conhecimento

- Parte de um Sistema Especialista que contém o domínio do conhecimento



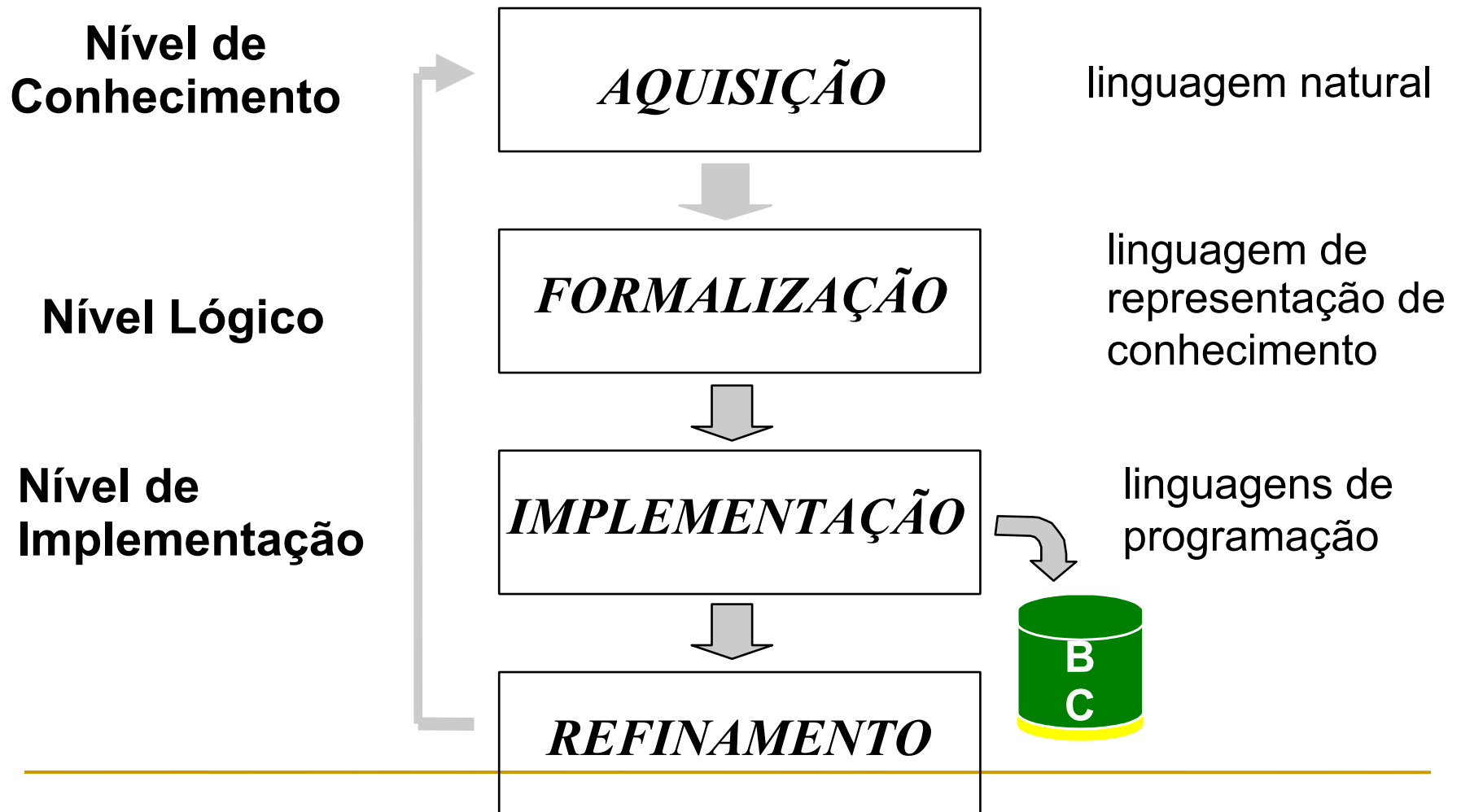
# Engenharia do Conhecimento

- Estuda como construir **Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC)**
  - base de conhecimento
    - representações dos conceitos (fatos e regras)
  - máquina de inferência
  - guia a **aquisição** do conhecimento sobre o domínio escolhido
  - determina quais **conceitos** são importantes
- É responsável pela:
  - **implementação** da base de conhecimento
  - **refinamento**



# Engenharia do Conhecimento:

## Etapas de Construção dos SBC



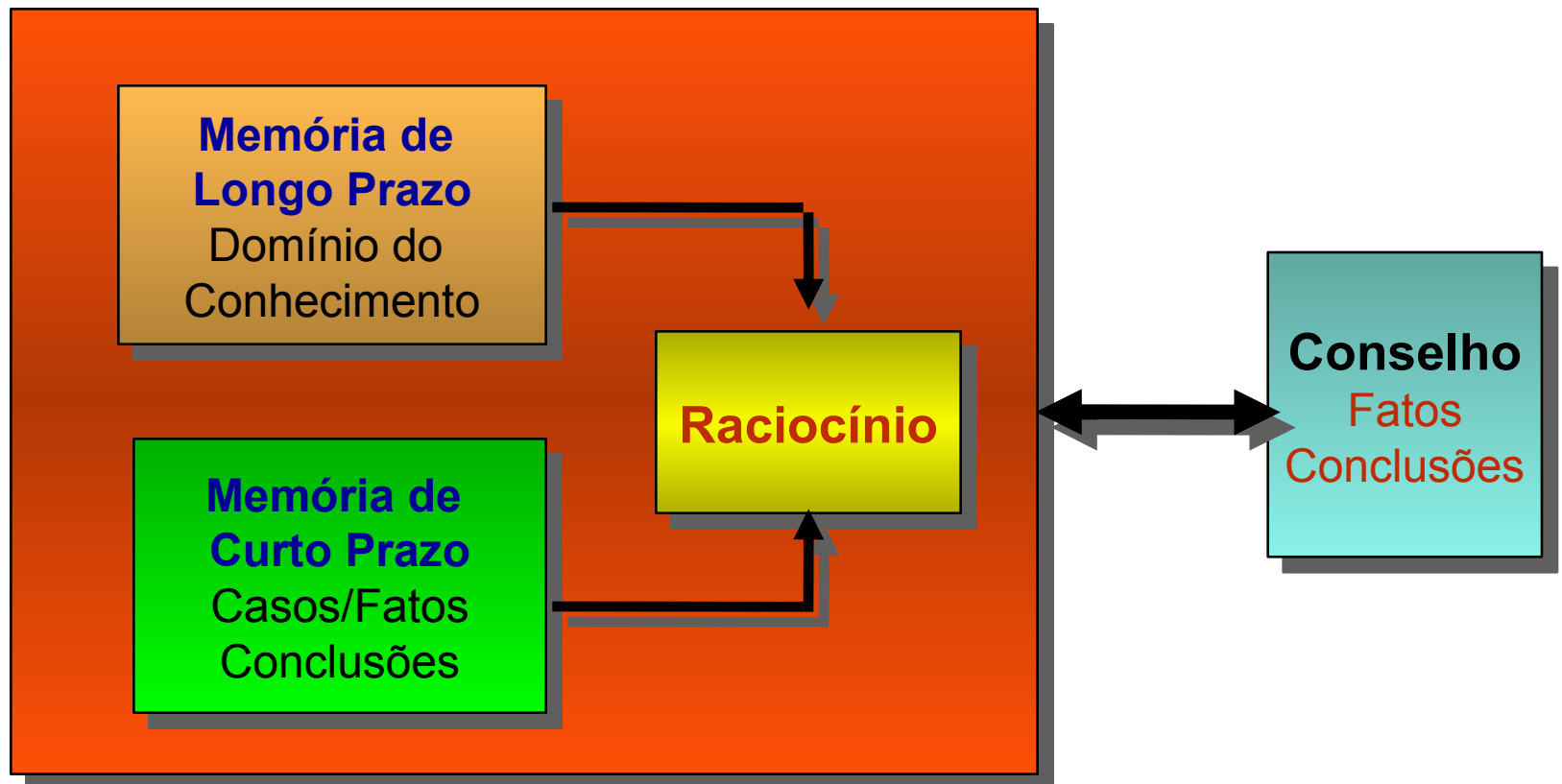
# Engenharia do Conhecimento:

## Etapas de Construção dos SBC

- Aquisição
  - Português, Inglês etc.
- Formalização
  - Lógica de Primeira Ordem
- Implementação
  - Prolog
- Veremos um pouco de sobre a estrutura de SE

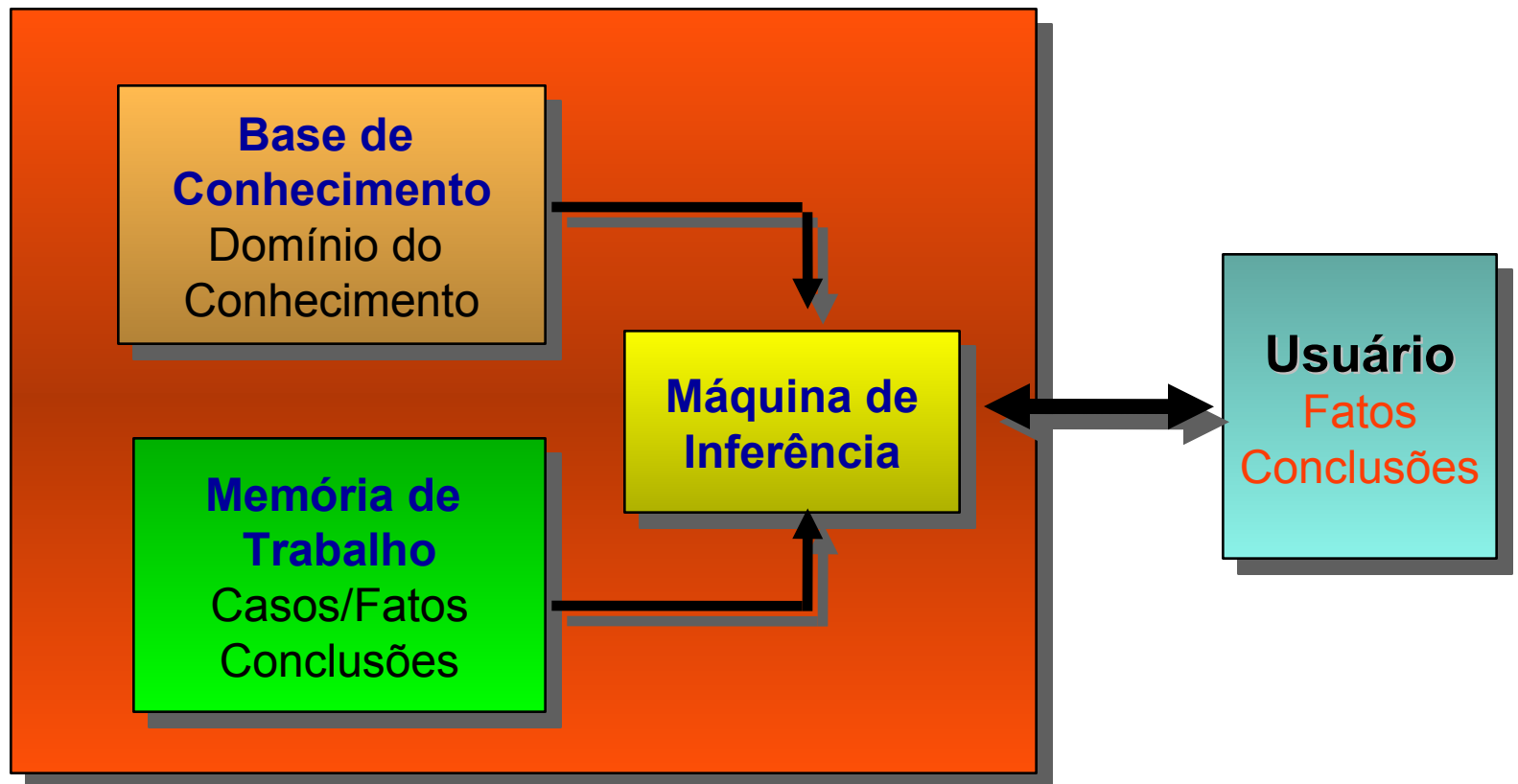
# Estrutura de um Sistema Especialista

## Especialista Humano



# Estrutura de um Sistema Especialista

## Sistema Especialista



---

## Sistema Especialista

# Base de conhecimento

- Base de conhecimento
  - parte de um sistema especialista que contém o conhecimento do domínio
- Tarefa do engenheiro de conhecimento
  - obter o conhecimento do especialista e codificá-lo em uma base de conhecimento usando uma dada técnica de representação
    - **regras**

# Base de conhecimento: Formas das Regras

## ■ SE premissa, ENTÃO conclusão

- *Se o carro não ligar  
Então o problema pode estar no sistema elétrico*
- *Se o problema pode estar no sistema elétrico  
E a voltagem da bateria está abaixo de 10 volts  
Então a falha é uma bateria ruim*

## ■ Inclusão do SENÃO

- *SE você tem um alto salário OU suas deduções são errôneas, ENTÃO sua chance de sofrer auditoria da Receita Federal é alta, SENÃO suas chances de sofrer auditoria é baixa*

# Base de conhecimento: Formas das Regras

### ■ Regras mais complexas

- SE a taxa de crédito é alta E o salário é mais do que \$3.000 OU os bens são mais do que \$75.000 E o histórico de pagamento não é de “pobre”, ENTÃO aprovar o empréstimo de até \$10.000 E listar o empréstimo na categoria “B”

# Sistema Especialista

## Base de conhecimento: Regras

- Vantagens das regras:
  - ❑ fácil de entender (forma natural do conhecimento)
  - ❑ fácil de derivar inferências e explicações
  - ❑ fácil modificar e manter
  - ❑ fácil combinar com incertezas
  - ❑ regras são frequentemente independentes
- Limitações das regras
  - ❑ conhecimento complexo requer várias regras
  - ❑ construtores gostam de regras
    - buscas limitadas em sistemas com muitas regras





# Exemplo de base de regras

- Regra 01: **Se** distância > 5 km,  
pegaremos o carro
- Regra 02: **Se** distância > 1 km e tempo < 15 minutos,  
pegaremos o carro
- Regra 03: **Se** distância > 1 km e tempo > 15 minutos,  
iremos a pé
- Regra 04: **Se** iremos de carro e o cinema é no centro da  
cidade, pegaremos um taxi
- Regra 05: **Se** iremos de carro e o cinema não é no centro  
da cidade,  
pegaremos nosso próprio carro
- Regra 06: **Se** iremos a pé e o tempo está ruim, pegaremos  
uma chuva
- Regra 07: **Se** iremos a pé e o tempo está bom,  
iremos em ritmo de passeio

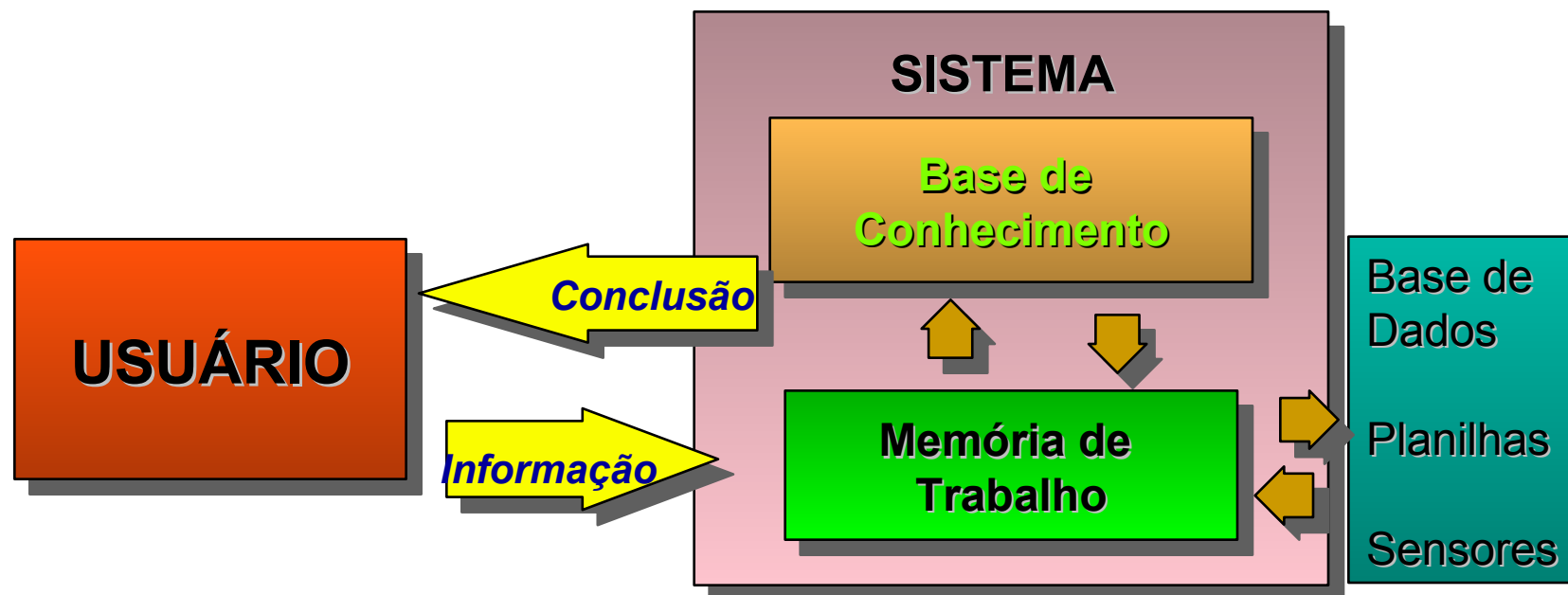
# Memória de trabalho

- Parte de um sistema especialista que contém os  **fatos**  do problema que são  **descobertos**  durante a  **sessão de consulta**
- A memória de trabalho contém todas as informações sobre o problema que são  **fornecidas pelo usuário**  ou  **inferidas pelo sistema**
- Toda informação obtida durante uma consulta é freqüentemente chamada de  **contexto da sessão**

# Sistema Especialista

## Memória de trabalho

- É a parte do sistema que contém os fatos sobre o problema que são inferidos durante a sessão de consulta



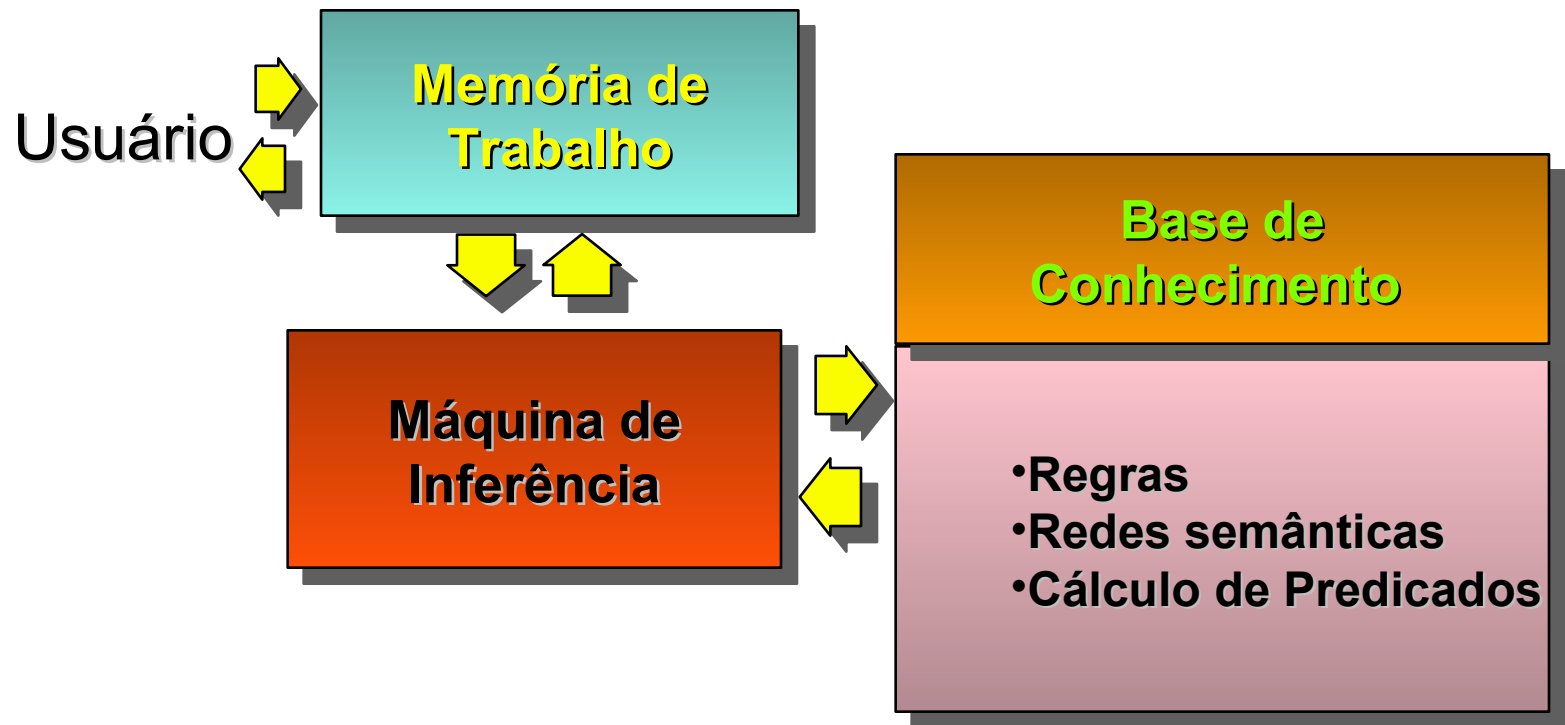
# Sistema Especialista

## Máquina de Inferência

- É o processador em um sistema especialista que **confronta** os  **fatos**  contidos na **memória de trabalho** com os **conhecimentos** de **domínio** contidos na **base de conhecimento** para tirar **conclusões** sobre o problema
- Ele procura as regras para um casamento entre as suas **premissas** e as informações contidas na **memória de trabalho**
  - quando ele encontra um casamento, adiciona a **conclusão** da regra na memória de trabalho e continua

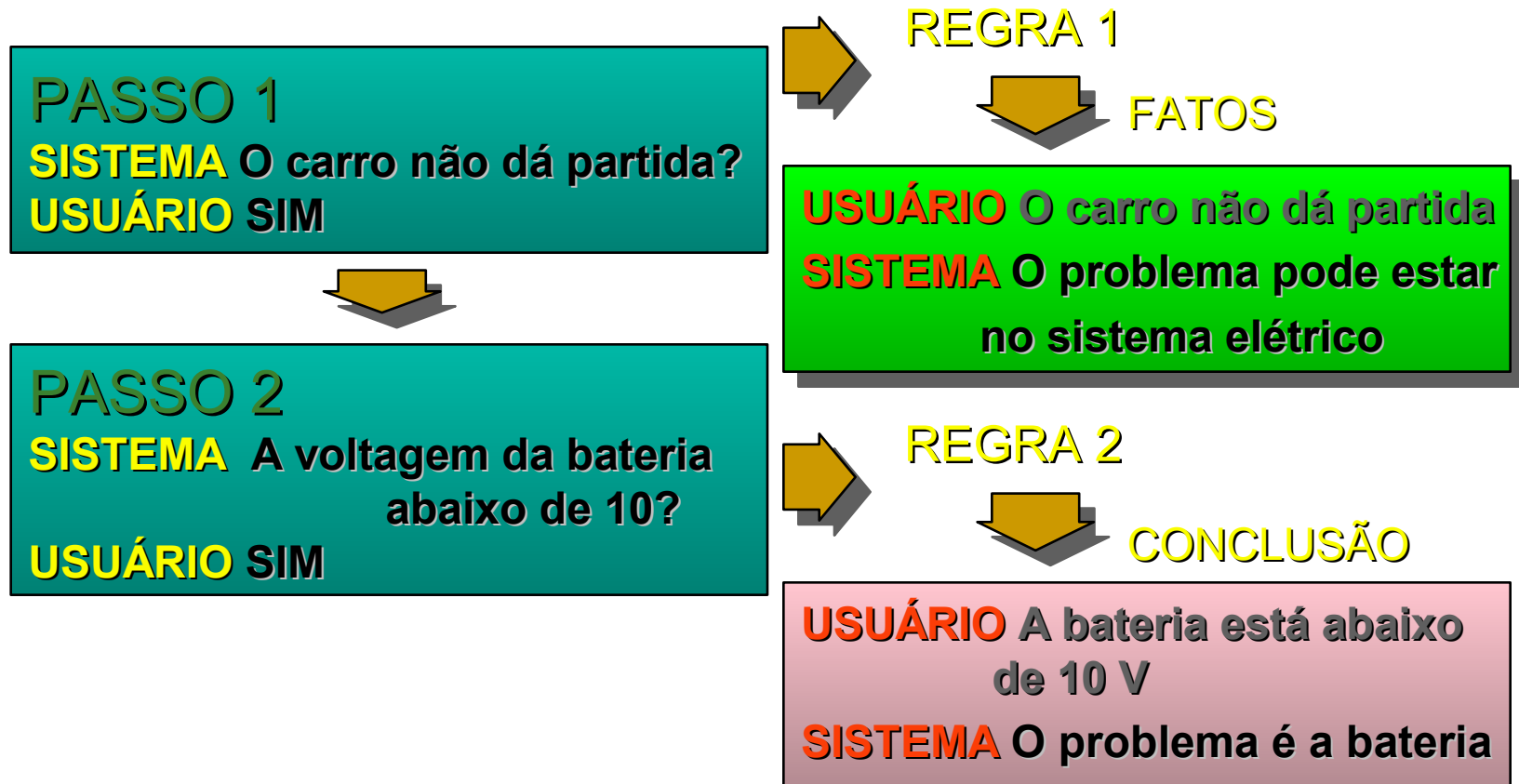
# Sistema Especialista

## Máquina de Inferência



# Sistema Especialista

## Máquina de Inferência



# Mecanismo e estratégia de inferência

- Considerando uma regra:
  - **Se** as premissas estão contidas na memória de trabalho,
  - **Então** aplica-se a regra, adicionando as conclusões memória de trabalho
  - **Senão** passa para a próxima regra
  - **Quando** detecta-se que um objetivo foi atingido ou que mais nenhuma regra se aplica, o processo de raciocínio é encerrado
  
- As variações nesse mecanismo estão relacionadas a escolha das regras
  - primeira regra, a próxima regra etc.

# Mecanismo e estratégia de inferência

Regra 01: **Se** A = SIM **Então** B = SIM & C = SIM

Regra 02: **Se** B = SIM **Então** D = 5

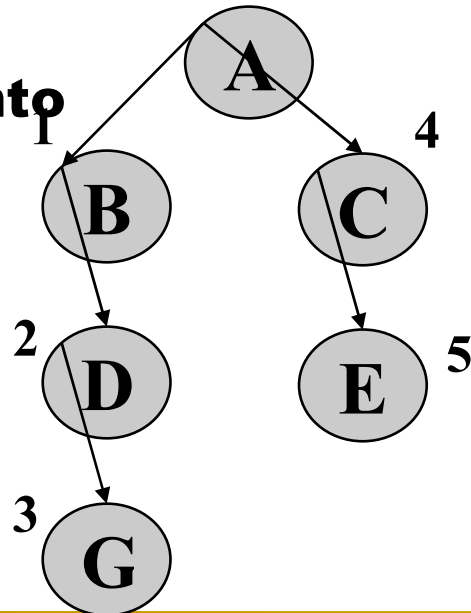
Regra 03: **Se** C = SIM **Então** E = 10

Regra 04: **Se** D > 2 **Então** G = 1024

### Encadeamento para frente

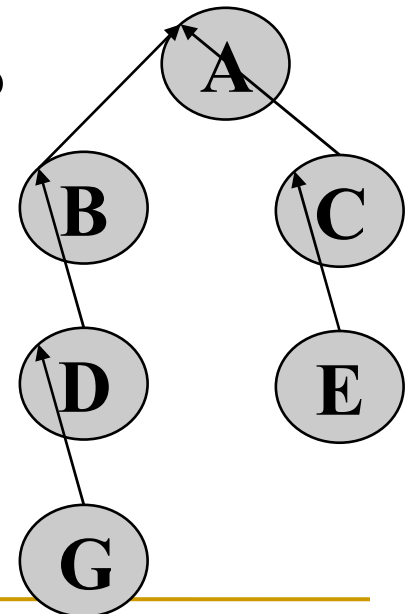
Sentido:

**premissa/  
conclusão**



### Encadeamento para traz

Sentido:  
**conclusão/  
premissa**





# Exemplo de inferência

## ■ Fatos

pai(josé, adão).  
pai(adão, lucas).  
pai(mateus, joaquim).  
mae(ana, celia).  
...

## ■ Regras

avo(X, Z) :- pai(X, Y), pai(Y, Z).  
...

## ■ Meta

avo(X, lucas).

## Exemplo de inferência

- Começa o processo de inferência:
  - as variáveis X, Y e Z são instanciadas
    - **X = mateus** e **Y = joaquim**
    - **Y = joaquim** e **Z = lucas**
  
- Depois da instanciação se tem um caso especial da regra avo
  - **avo(mateus,lucas) :- pai(mateus,joaquim) ,**  
**pai(joaquim,lucas)**

## Exemplo de inferência

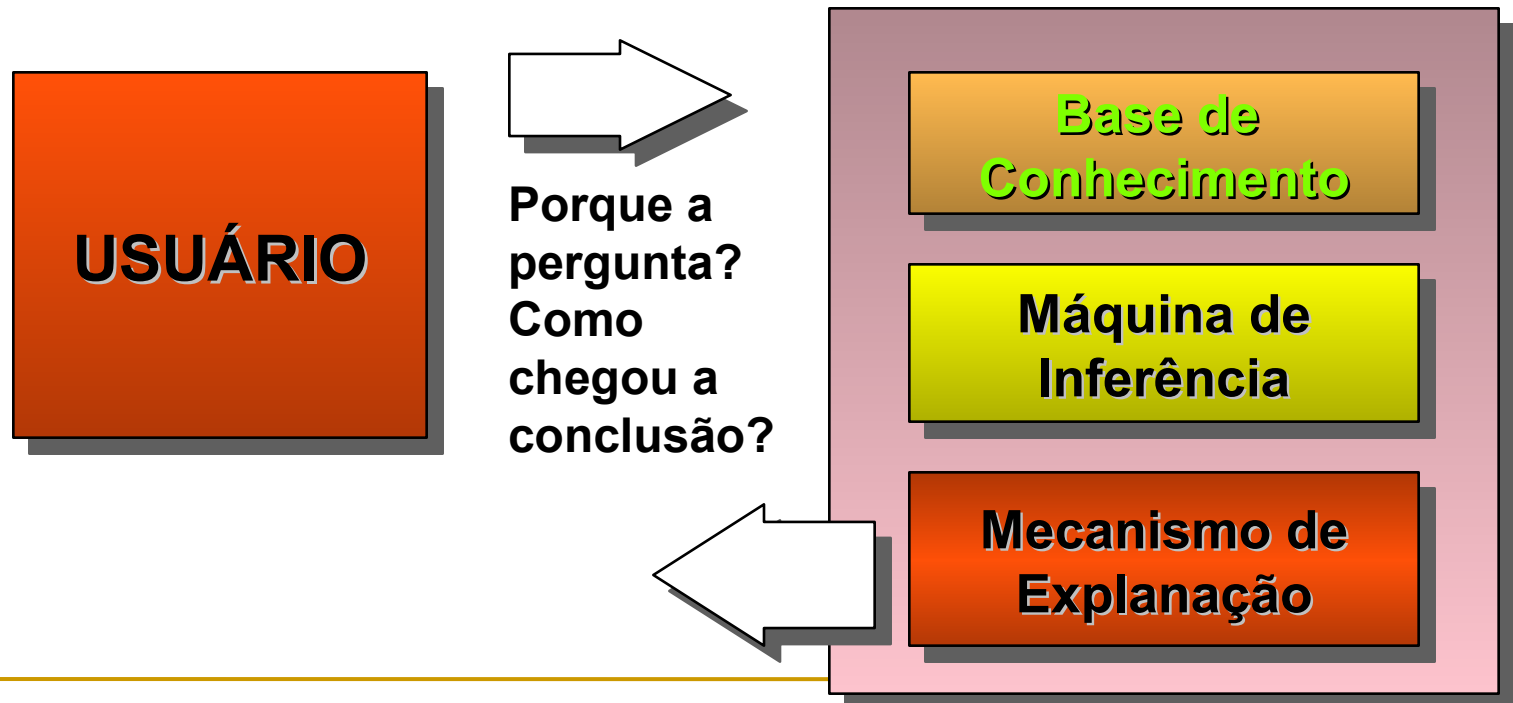
- Começa o processo de inferência:
  - as variáveis X, Y e Z são instanciadas
    - **X = josé** e **Y = adão**
    - **Y = adão** e **Z = lucas**
  
- Depois da instanciação se tem um caso especial da regra avo
  - **avo(jose,lucas) :- pai(josé,adão) , pai(adão,lucas)**

# Exemplo de inferência

- Agora a máquina processa cada cláusula separadamente
  - **pai(josé,adão)**
  - **pai(adão,lucas)**
- As cláusulas são fatos da base de conhecimento
  - se infere então
    - **X = jose**
    - **“José é avó de Lucas”**
- Se as cláusulas fossem falsas, as variáveis seriam instanciadas novamente

# Mecanismo de Explanação

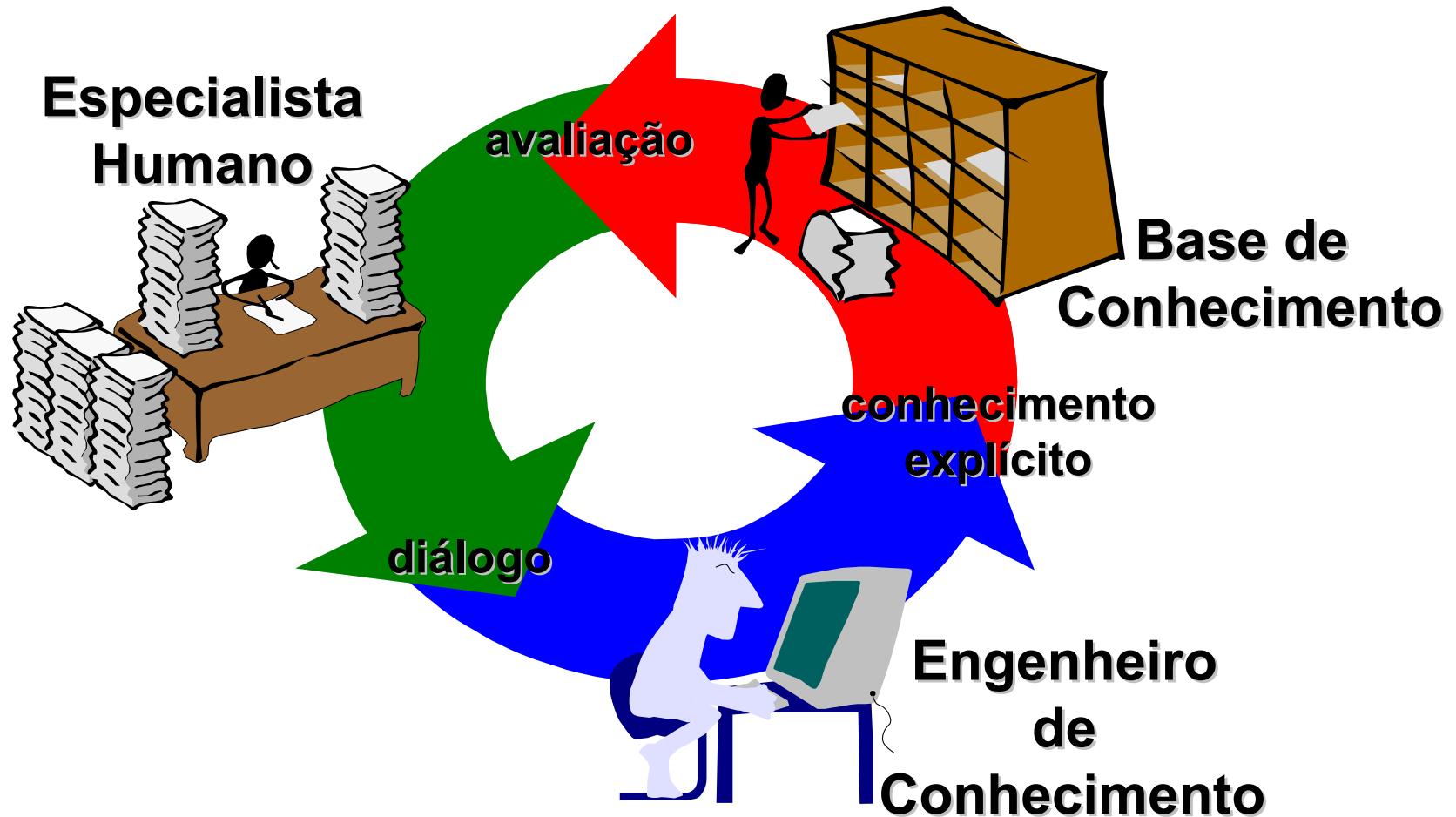
- É o mecanismo que permite responder ao usuário às perguntas do tipo *porque* e *como*



# Mecanismo de Explicação

- Um sistema especialista emite resposta utilizando três modos de técnicas diferentes:
  - **Primeiro modo**
    - o sistema determina um universo onde a resposta poderá ser encontrada
      - Por exemplo: pode determinar, de maneira geral, onde o petróleo poderá ser encontrado, sem no entanto afirmar de maneira precisa em que regiões se encontrará o petróleo
  - **Segundo modo**
    - o sistema é mais preciso e determina um resultado final
  - **Terceiro modo**
    - o sistema não emite resultado nenhum, apenas interage com o profissional que o está usando

# Desenvolvimento de um Sistema Especialista



---

## Desenvolvimento de um Sistema Especialista

# Conhecimento do Especialista

- Domínio do problema:
  - área particular onde um especialista consegue resolver problemas muito bem
    - Medicina
    - Finanças
    - Ciências
    - Engenharias



---

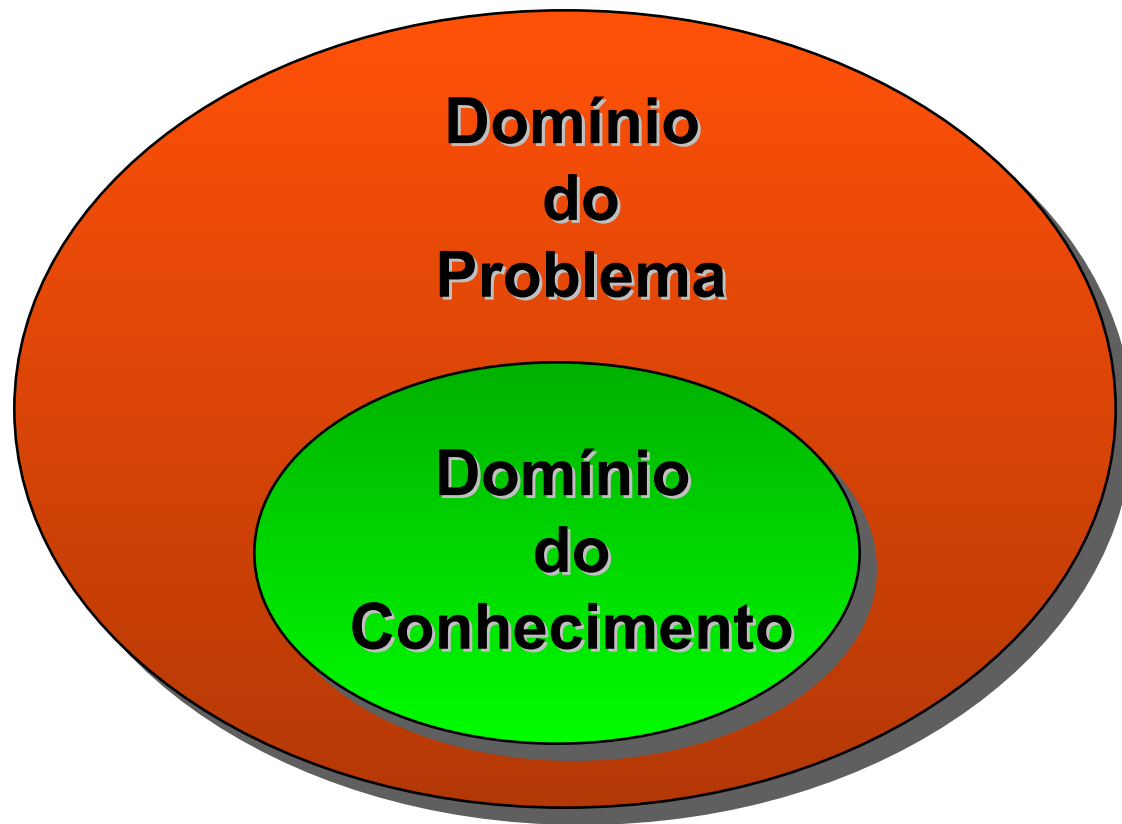
## Desenvolvimento de um Sistema Especialista

# Conhecimento do Especialista

- Domínio do conhecimento
  - representa o conhecimento do especialista sobre a resolução de problemas específicos
  - por exemplo: diagnóstico de enfermidades infecciosas
    - Domínio do problema: medicina
    - Domínio do conhecimento: sintomas, doenças e tratamentos

# Desenvolvimento de um Sistema Especialista

## Domínio do Problema X Domínio do Conhecimento



# Desenvolvimento de um Sistema Especialista

## Domínio: Fatores

- Problema

- ☐ pode ser resolvido por programação convencional?

- Domínio

- ☐ bem limitado?

- Necessidade

- ☐ há necessidade ou desejo de um S.E.?

# Desenvolvimento de um Sistema Especialista

## Domínio: Fatores

### ■ Especialista

- ❑ há pelo menos um especialista disposto a cooperar?
- ❑ o especialista consegue explicar o seu conhecimento?

### ■ Solução do problema

- ❑ usa heurísticas?
- ❑ envolve tratamento de incerteza?

# Quem está envolvido na construção de um S.E.?



**Dono:**  
Porque ou para  
que criar?

**Especialista**



obtem conhecimento do

obtem requisitos do

valida

**Base de  
Conhecimento**

usa

projeta e  
implementa

fornece modelo de  
análise para o

**Engenheiro:**  
Como  
implementar?



**Implementador**

**Utilizador:**  
É útil?  
Confiável?  
Caro?

# Quem está envolvido na construção de um S.E.?

## ■ Especialista

- especialista ou fornecedor de conhecimento

## ■ Engenheiro de Conhecimento

- responsável pelo desenho e arquitetura do sistema especialista

## ■ Implementador do Sistema

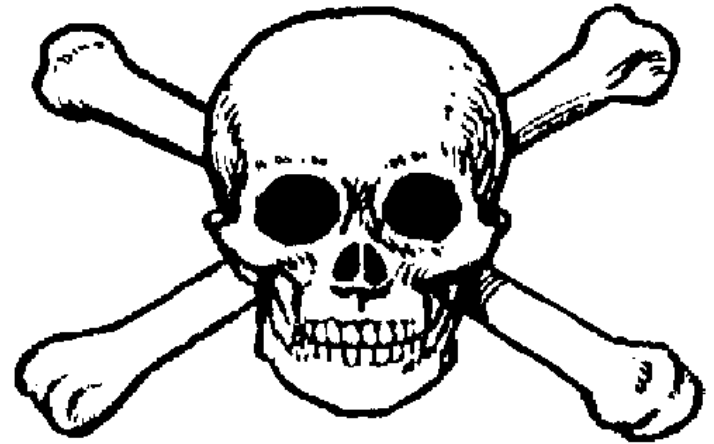
- domina as ferramentas usuais no desenvolvimento de um sistema especialista
- traduz as especificações do engenheiro do conhecimento para o sistema especialista

# O Especialista

- Elemento central no desenvolvimento de um Sistema Especialista
- Detém competência e conhecimento (mais ou menos profundo) acerca de um dado domínio
- Sabe quando, como, aonde e porquê deve usar esse conhecimento
  - é experiente sobre um dado domínio

# O Especialista

- É um especialista, e não um generalista
- Sistema Especialista baseado no conhecimento de “**não-especialistas**”:
  - só conseguirá resolver casos triviais
  - acabando por se traduzir num **fracasso**





# Um SE terá sucesso pelo fato de incluir um Especialista?

- Apesar do especialista deter competência, nada garante que ele seja capaz de fornecer o conhecimento que de fato se pretende
- Quais são os problemas do especialista:
  - dificuldade em explicitar o conhecimento que utiliza
  - o engenheiro do conhecimento não percebe o especialista



# Um SE terá sucesso pelo fato de incluir um Especialista?

- Quais são os problemas do especialista:
  - é alguém muito ocupado
  - não acredita no projeto do Sistema Especialista
  - o especialista desconfia do projeto
    - tem receio dos objetivos reais do projeto
  - tem dificuldade em explicitar o seu conhecimento

# Desempenho do SE poderá ser superior ao do Especialista?

- Projetos de SEs que envolvam vários especialistas, a cobertura do conhecimento que se obtém pode ser superior ao conhecimento que um determinado especialista detenha
  - exemplo MYCIN
- Um especialista é um ser humano pode estar cansado, sujeito a “stress” ou bloquear o seu raciocínio em situações críticas

# Desempenho do SE poderá ser superior ao do Especialista?

- SE, imune a este tipo de problemas, pode ser um auxiliar valioso para o próprio especialista, como confirmador do seu raciocínio
- O especialista é alguém muito ocupado, a disponibilidade plena do SE apresenta vantagens

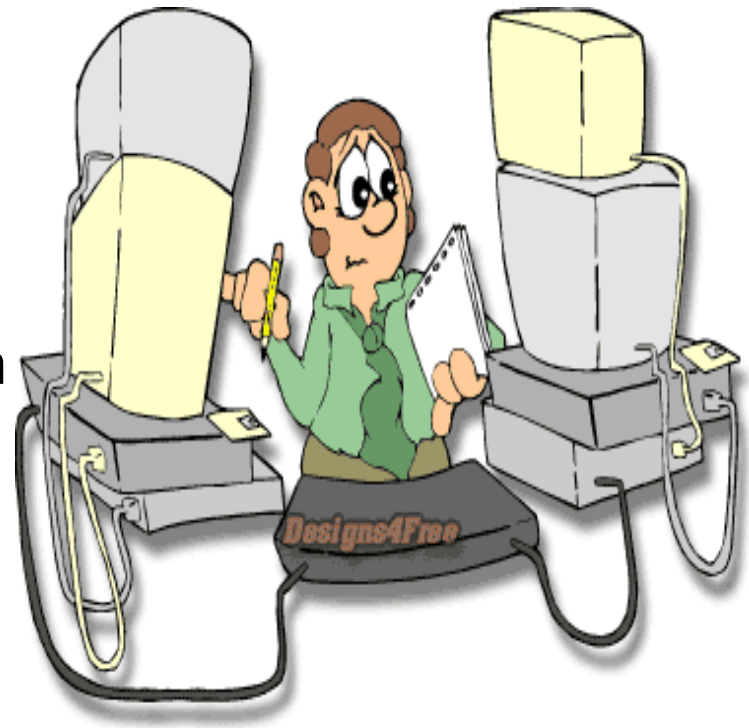


# Comparação entre um Especialista e um Sistema Especialista

Fator	Especialista	Sistema Especialista
Tempo Disponível	Horário de Trabalho	Sempre
Localização Geográfica	Local	Global
Segurança	Insubstituível	Substituível
Perecível	Sim	Não
Desempenho	Variável	Consistente
Velocidade	Variável	Constante
Custos	Altos	Suportáveis
Aspetos Emotivos	Sim	Não
Sujeito a Cansaço/ <i>Stress</i>	Sim	Não

# O Engenheiro do Conhecimento

- Responsável pelo processo de aquisição do conhecimento
- Poderá ser o implementador do Sistema
- Deve ser capaz de lidar com incertezas sobre o conhecimento em causa
- Deve conhecer os métodos de Representação do Conhecimento



# O Engenheiro do Conhecimento

- Deve conhecer as metodologias de estruturação do conhecimento
- Deve ser alguém com capacidades humanas e sociais adequadas à motivação do especialista
  - estabelecendo um diálogo profundo com o especialista
- Deve saber quais as necessidades dos utilizadores do sistema

# O Implementador do Sistema

- Responsável pela a construção do sistema especialista
- Deverá ter bons conhecimentos de métodos de representação do conhecimento
- Deverá saber utilizar ferramentas de construção de sistemas especialistas
  - construir um SE com base numa linguagem adequada
    - Prolog, Lisp, em alguns casos C++ ou outra linguagem mais
  - exige muito conhecimento de Inteligência Artificial



# O Utilizador do sistema especialista

- Tipos de utilizadores de um sistema especialista
  - um usuário qualquer
  - o próprio especialista
  - alguém que substitui o especialista na sua ausência
  - alguém que está a treinar para ser especialista
    - sistema especialista evolui para um sistema tutorial inteligente



# O Utilizador do sistema especialista

- Os sistemas especialistas podem dedicar-se:
  - a apenas um utilizador
  - a um tipo **homogêneo** de utilizadores
    - a tarefa de modelação fica mais **simplificada**
  - a um tipo **heterogêneo** de utilizadores
    - devem ser definidos **perfis de utilizadores**:
      - as interfaces
      - os diálogos, questões colocadas pelo sistema
      - as explicações, os conceitos dados pelo sistema
        - devem ser adaptados aos perfis de utilizadores

# Métodos de Aquisição do Conhecimento

- Processos de aquisição de conhecimento conduzidos pelo engenheiro do conhecimento
  - entrevistas com o especialista
  - observação do especialista em atuação
- Processos de aquisição de conhecimento conduzidos pelo especialista
  - método de aquisição conhecimento guiado pelo especialista
  - ferramenta para aquisição do conhecimento

# Entrevistas com o Especialista

- Método de aquisição de conhecimento mais usado
- Envolve diálogo explícito entre os participantes
- Informação e o conhecimento são recolhidos através dos mais diversos meios
  - ❑ questionários
  - ❑ anotações
  - ❑ gravações



# Entrevistas com o Especialista

- São posteriormente transcritos, analisados e codificados
- A marcação das entrevistas fica sujeita à disponibilidade do especialista
- Em norma são necessárias várias entrevistas ou sessões de trabalho
- O espaçamento entre as entrevistas deverá permitir:
  - que o Engenheiro do Conhecimento possa processar todo o conhecimento adquirido na entrevista anterior
  - que o conhecimento adquirido seja representado, codificado e testado por um protótipo do sistema

# Entrevistas Não-estruturadas

- São conduzidas informalmente (embora possam assentar em métodos formais)
- Não são simples e podem ser problemáticas de analisar após a interação com o especialista
- Frequentemente as descrições dos processos cognitivos do perito aparecem incompletas ou mal organizadas
  - complexidade do domínio
  - não relacionamento da informação e conhecimento adquiridos através das entrevistas
  - falta de treino dos Engenheiros do Conhecimento na condução das entrevistas

# Entrevistas com o Especialista

## Entrevistas Não-estruturadas

- Pode-se estabelecer uma relação professor/aluno entre o Especialista/Engenheiro do Conhecimento, onde o especialista:
  - ❑ faz o acompanhamento de casos
  - ❑ explica o que faz e porque o faz
  - ❑ explicita conceitos, habilidades e estratégias que usa
  - ❑ aconselha a leitura de documentos, bibliografia



---

## Entrevistas com o Especialista

# Entrevistas Estruturadas

- Processo sistemático orientado a objetivos
- A comunicação entre o engenheiro do conhecimento e o especialista é organizada
- O engenheiro do conhecimento prepara previamente as sessões de aquisição do conhecimento identificando as questões mais relevantes



# Entrevistas com o Especialista

## Entrevistas Estruturadas

- O engenheiro do conhecimento deve motivar o especialista e sugerir que este se prepare para as sessões
- O engenheiro do conhecimento deve tentar manter o controle da entrevista de modo a manter a estrutura que tinha sido planejada



# Aquisição de Conhecimento usando Acompanhamento do Raciocínio

- Técnica popular na qual se tenta efetuar o seguimento do raciocínio do especialista (concluir o modo como ele raciocina)
- Os métodos podem ser mais ou menos formais
  - análise do protocolo
    - o especialista é solicitado a resolver problemas concretos e a verbalizar o raciocínio que utiliza na resolução desse problema
    - fica registrado o o processo de tomada de decisão efetuado pelo especialista passo-a-passo

# Aquisição de Conhecimento usando Acompanhamento do Raciocínio

- Pode ser efetuada a gravação daquilo que o especialista diz
- Processo essencialmente unidirecional, ao contrário das entrevistas que são bidirecionais



# Aquisição de Conhecimento com observação do Especialista

- Modo mais natural de efetuar aquisição do conhecimento
- Pode ser complexo
  - especialista pode dirigir uma equipe de várias pessoas
  - especialista pode resolver vários problemas simultaneamente
  - comportamento do especialista pode ser diferente pelo fato de saber que está a ser observado
    - o conhecimento que se adquire não corresponde exatamente ao que era pretendido

# Aquisição de Conhecimento guiada pelo Especialista

- Os engenheiros do conhecimento costumam não cobrir bem o conhecimento do domínio
- Os seus serviços podem ser onerosos
- Podem surgir problemas na comunicação com o especialista
- Aquisição de conhecimento pode ser um processo demorado, com várias iterações

# Aquisição de Conhecimento guiada pelo Especialista

- Os especialistas podem agir também como engenheiros do conhecimento
  - codificando diretamente o seu conhecimento
    - **manualmente**: através de relatórios e questionários
    - **automaticamente**: através de uma ferramenta computacional que ajuda o especialista a introduzir o conhecimento e procurar detectar falhas nesse mesmo conhecimento
      - incoerências, ambigüidades, redundâncias etc.

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- MYCIN - Sistema Especialista mais conhecido
  - detém conhecimento sobre parâmetros de análises sanguíneas para diagnosticar automaticamente problemas relacionados com infecções bacterianas
  - base de conhecimento do MYCIN desenvolvida ao longo de vários anos com conhecimento oriundo de vários especialistas
    - muito completa com cerca de **450 regras**
    - o desempenho do MYCIN chegou a superar o desempenho de especialistas

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- **DENDRAL - Primeiro Sistema Especialista**
  - trata espectros de massa e respostas magnéticas ao nível nuclear de modo a fornecer informação sobre a estrutura molecular de compostos desconhecidos
  - desenvolvido em meados dos anos 60 e foi de seguida melhorado por vários investigadores



# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- **INTERNIST** - Sistema Especialista aplicado à Medicina Interna
  - ❑ além de diagnosticar problemas individuais o INTERNIST é capaz de combinar problemas separados que ocorram simultaneamente num mesmo paciente
  - ❑ é um dos sistemas especialistas mais completos no âmbito da medicina
- **PROSPECTOR** - Sistema Especialista no domínio da Geologia
  - ❑ desenvolvido para auxiliar os geólogos na procura de depósitos minerais
  - ❑ nove especialistas contribuíram para o desenvolvimento deste projeto que totalizava uma base de conhecimento com cerca de 1000 regras

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ PUFF

- ❑ sistema especialista dedicado ao diagnóstico de problemas pulmonares

## ■ XCON

- ❑ primeiro sistema especialista com utilização comercial

## ■ IDEA

- ❑ sistema especialista diagnóstico de avarias em subsistemas eletrônicos de carros
- ❑ usado em cerca de 1500 centros de reparação da Fiat/Lancia/Alfa Romeo

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ DELTA/CATS-1

- sistema especialista para identificação de problemas e apoio à manutenção de locomotivas Diesel-Eléctricas

## ■ AUTHORIZER's ASSISTANT

- sistema especialista para auxiliar na tarefa de aprovação de despesas individuais
- usado pela American Express
- acessa e processa informação dispersa em cerca de 12 Bases de Dados

## ■ DRILLING ADVISOR

- sistema especialista usado na análise dos solos de exploração petrolífera

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ LENDING ADVISOR

- ❑ sistema especialista para apoiar na decisão de concessão de crédito por parte de instituições bancárias

## ■ EXPERTAX

- ❑ sistema especialista para auxílio à tarifação em seguros

## ■ GATES

- ❑ sistema especialista para auxílio dos controladores de terra na atribuição das portas de chegada e partida dos vôos

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ MARVEL

- ❑ sistema especialista que monitora um vasto conjunto de dados enviados pela nave *Voyager* para o Centro do *Jet Propulsion Laboratory*
- ❑ efetua tarefas de rotina alertando os analistas do centro para problemas mais sérios que ocorram com a nave

## ■ TIGER

- ❑ sistema especialista usado na monitorização da condição de turbinas de gás

## ■ ARCA

- ❑ sistema especialista para diagnóstico de arritmias cardíacas
- ❑ toma como entrada o resultado oriundo de um sistema de processamento de sinal ligado a um eletrocardiógrafo

## ■ TARCA

- ❑ sistema especialista de planeamento de terapias para arritmias cardíacas

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- PATHFINDER

- sistema especialista dedicado ao diagnóstico de doenças do foro linfático

- Desenvolveram-se 4 versões:

- PATHFINDER I

- sistema especialista convencional baseado em regras

- PATHFINDER II

- inclui métodos de raciocínio incerto
- este sistema com o modelo Bayesiano simplificado teve melhor desempenho que o anterior

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- Desenvolveram-se 4 versões:
  - PATHFINDER III
    - melhorado para trabalhar com acontecimentos cujas probabilidades são reduzidas
  - PATHFINDER IV
    - usa uma rede de crenças
- O PATHFINDER tem um desempenho superior ao de alguns peritos usados durante o desenvolvimento do projeto



# Considerações Finais



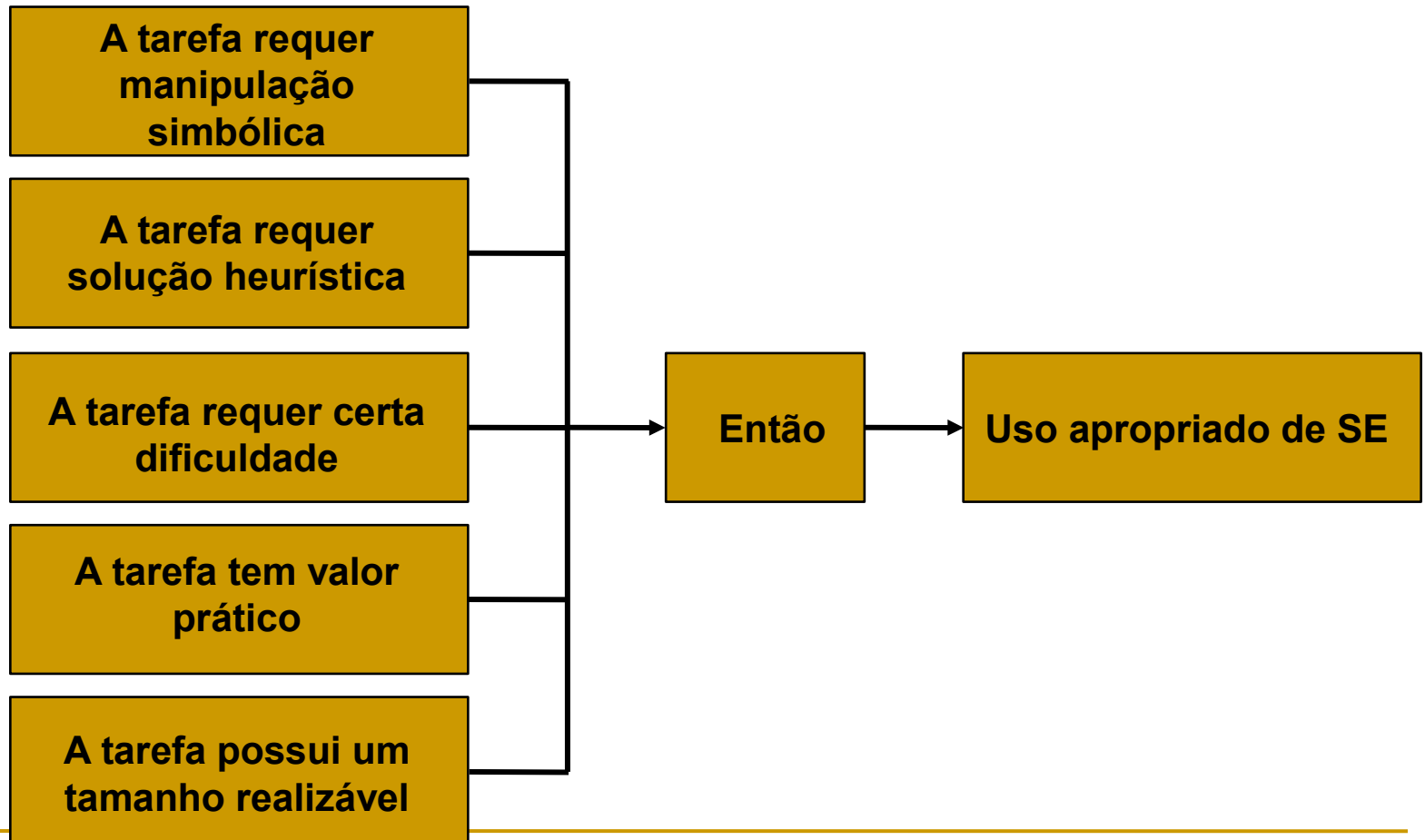


# Usos de sistema especialista

## Usuários

- Em lugar de um especialista
  - SE = Consultor
- Estagiário
  - SE = Instrutor
- Organizador do conhecimento?
  - SE = Mentor
- Outro especialista
  - SE = Colega

# Uso Adequado de Sistemas Especialistas



# Uso Adequado de Sistemas Especialistas

- Quando existe escassez de especialistas
- Quando a informação disponível é pobre, parcial ou incompleta, ou quando o problema é incompletamente definido
- Quando o conhecimento é baseado em regras que somente podem ser aprendidas através da experiência
- Quando o problema está sujeito a rápidas mudanças de regras e códigos



# O que se espera de um Sistemas Especialistas

- Resolução de problemas para o domínio para o qual foi concebido
- Facilidade de manutenção incremental da sua base de conhecimento
- Conhecimento apresentado de forma atraente e legível
  - alguns geradores de sistemas especialistas permitem a inclusão do conhecimento numa língua quase natural
- Desempenho semelhante a um especialista
  - capacidade de explicar como chegou a uma dada conclusão
  - porque razão não foi possível chegar a uma dada conclusão ou
  - porquê está a pôr uma dada questão ao utilizador

# O que se espera de um Sistemas Especialistas

- Mecanismo de raciocínio eficiente em domínios nos quais a quantidade de conhecimento seja elevada
- Interface que se adapte ao tipo de utilizador (especialista ou novato) e à situação em causa (normal ou crítica)
- Capacidade de efetuar raciocínios considerando o raciocínio com incertezas:
  - Raciocínio Bayesiano
  - Fatores de Certeza
- Assistência nas fases de aquisição, estruturação e transferência de conhecimento, ou nas fases de verificação e validação do conhecimento.

# Vantagens dos Sistemas Especialistas

- Explicação
- Rapidez de resposta
- Respostas
  - estáveis
  - completas
  - não emocionais
- Tutor inteligente
- Base de dados inteligente
- Boa confiabilidade
- Flexibilidade
- Capacidade de treinamento
  - Estagiários em uma atividade
  - Pessoas sobre uma organização



# Problemas e Limitações

- O conhecimento pode não estar prontamente disponível (ou um especialista hesitante)
- Dificuldade para representar o conhecimento
- Múltiplos especialistas
  - abordagens diferentes
- Trabalha bem em apenas um domínio restrito

# Problemas e Limitações

- Engenharia de conhecimento cara
- Falta de confiança do usuário
- Sistemas especialistas podem cometer erros
- Podem não chegar a conclusões
- Fragilidade
  - somente têm acesso a conhecimento altamente específicos do seu domínio, não possuem conhecimentos mais genéricos quando a necessidade surge



# Referências

- Aronson, J. Knowledge-Based Systems in Business Workshop PAIW. April 2003.
- Cunha, H & Ribeiro, S. Introdução aos Sistemas Especialistas.
- Genaro, S. Sistemas Especialistas – O conhecimento artificial.
- Weiss, S & Kulikowski, C. Guia Prático para projetar Sistemas Especialistas.