

# Tutores Inteligentes

**Sistemas Periciais 2003/04**

***DEI-ISEP***

# Organização

---

- I. Sistemas de Ensino Baseados em Computador
- II. Tutores Inteligentes *versus* outras Abordagens de Ensino
- III. Representação do Conhecimento nos Tutores Inteligentes
- IV. Tutores Inteligentes e Sistemas Periciais
- V. Aspectos Práticos Relativos à Utilização de Tutores Inteligentes
- VI. Alguns Exemplos de Aplicação de ITS
- VII. Sistema de Treino de Operadores de C.C. de Redes Eléctricas

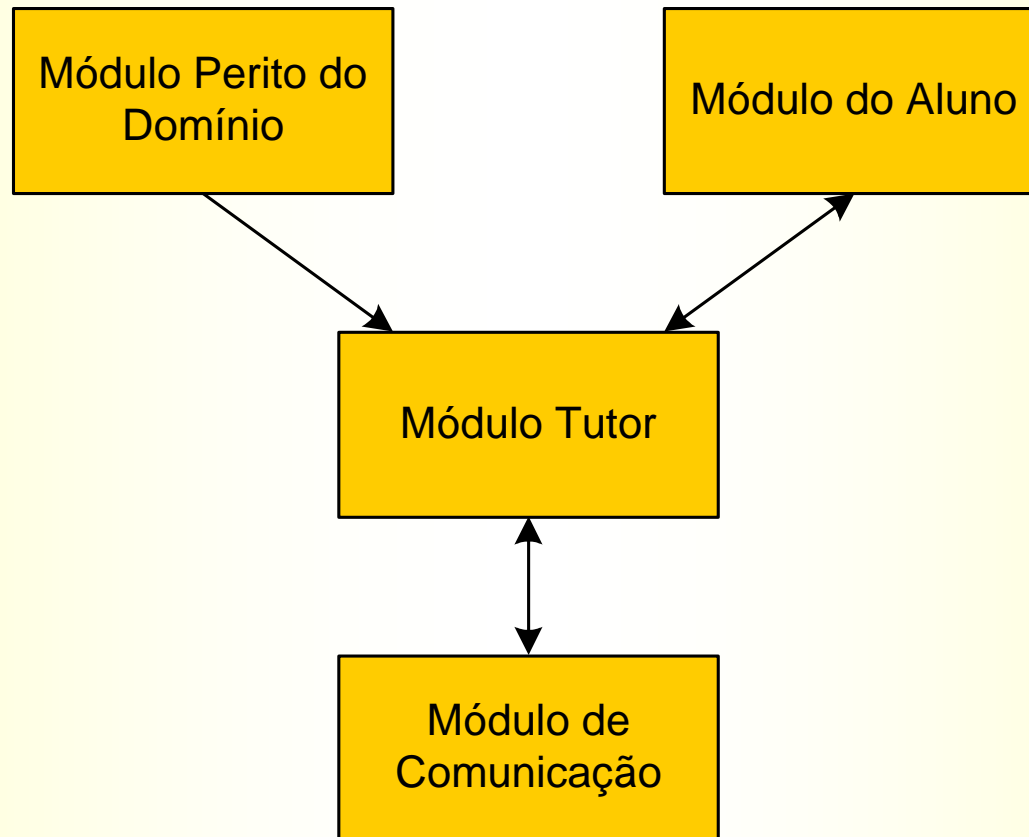
# Sistemas de Ensino Baseados em Computador

## Classificação

- ⌘ Sistemas de ensino baseados em computador (*CAI – Computer-Aided Instruction*)
  - ⊠ Dificuldade na análise e compreensão das intenções e das dificuldades do aluno
  - ⊠ Incapacidade de raciocinar sobre o domínio de ensino, o qual era ainda um domínio muito restrito
  - ⊠ O conhecimento pedagógico – o que ensinar e em que situação – não é representado numa forma que permita raciocinar sobre ele
  - ⊠ O conhecimento do domínio está combinado com o conhecimento pedagógico, dificultando a sua manutenção
  
- ⌘ Sistemas inteligentes de ensino baseados em computador (*ICAI – Intelligent Computer-Aided Instruction*)

# Sistemas de Ensino Baseados em Computador

## Estrutura de um ITS



# Sistemas de Ensino Baseados em Computador



- Iniciativa: Aluno
- Objectivos: Aptidões cognitivas para a resolução de problemas

ITS: Aplicações Baseadas em Conhecimento

Conhecimento do Domínio

Conhecimento Pedagógico

Conhecimento do Aluno

# Tutores Inteligentes *versus* outras Abordagens de Ensino

## Tutores: Um Paradigma de Ensino

- ⌘ Ensino orientado por tutores (1 para 1) proporciona:
  - ⌘ Aprendizagem activa
  - ⌘ Instrução individualizada – aprendizagem mais eficaz e eficiente do que a instrução em grupo
- ⌘ Limitação: disponibilidade de tutores humanos → utilização de ITS
- ⌘ A utilização de técnicas de IA permite obter ITS cuja eficácia é sensivelmente metade daquela que é obtida por tutores humanos
- ⌘ ITS: fornecem um ensino mais eficaz e eficiente do que aquele que é obtido através de técnicas de instrução em grupo (SHERLOCK II e LISP Tutor)

# Tutores Inteligentes *versus* outras Abordagens de Ensino

## Tutores: Um Paradigma de Ensino

- ⌘ Vantagens do treino/ensino baseado em ITS:
  - ☒ Adaptação do treino ao utilizador através da utilização de modelos do utilizador
  - ☒ Possibilidade de recriar situações anteriores
  - ☒ Possibilidade de oferecer uma interface inteligente e adaptativa com o utilizador
  - ☒ Sistemas cooperativos – utilização de agentes para simular diferentes parcerias envolvidas no processo de ensino (*troublemaker, learning companion, learning by teaching*)

# Representação do Conhecimento nos ITS

## Conhecimento do Domínio

- ⌘ No que respeita ao conhecimento do domínio, o conteúdo assim como as técnicas de representação dependem do:
  - ⊞ Tipo de conhecimento a ensinar
  - ⊞ Objectivos do ensino e características das tarefas que são objecto de treino:
    - ⊞ Ensino de tarefas exigentes do ponto de vista cognitivo
    - ⊞ Ensino de tarefas em que se privilegiam as aptidões físicas





# Representação do Conhecimento nos ITS

---

## Conhecimento do Domínio

### ⌘ Técnicas de representação:

- ☒ Regras de produção
- ☒ Redes (redes semânticas, grafos conceptuais, redes de frames)
- ☒ Guiões (*scripts*)

# Representação do Conhecimento nos ITS

## Conhecimento Pedagógico

- ⌘ O conhecimento pedagógico inclui o conhecimento necessário para a condução das decisões pedagógicas:
  - ☒ Selecção (o que ensinar)
  - ☒ Sequenciamento (quando ensinar)
  - ☒ Apresentação do material de instrução (como ensinar)

# Representação do Conhecimento nos ITS

## Conhecimento Pedagógico

- ⌘ Instrução: decisões de ensino realizadas localmente e que dizem respeito à forma como os conceitos seleccionados são apresentados ao aluno
- ⌘ Currículo: envolve as decisões globais relacionadas com a forma como o material didáctico é organizado
- ⌘ Planeamento da instrução: mecanismo responsável pela tomada das decisões pedagógicas
  - ⊠ Planeamento hierárquico: níveis global e local
  - ⊠ Planeamento dinâmico: é particularmente indicado tendo em conta a natureza dinâmica e imprevisível do conhecimento do aluno

## Conhecimento do Aluno

- ⌘ Modelo do aluno – representação das crenças do sistema acerca do aluno
  - ⊞ Função: fornecer informação relevante para a condução do processo de instrução individualizada
- ⌘ Modelação do aluno – processo de criação de um modelo do aluno
  - ⊞ Baseia-se nas evidências fornecidas pelas acções do aluno durante a sua interacção com o sistema
  - ⊞ O processo é complexo uma vez que as evidências são escassas e o ambiente de ensino pode apresentar uma grande quantidade de incerteza

## Conhecimento do Aluno

- ⌘ Representação do modelo do aluno
  - ☒ Modelo *overlay*
  - ☒ Modelo diferencial
  - ☒ Modelo de perturbação
- ⌘ Utilização do modelo do aluno
  - ☒ Progressão
  - ☒ Oferta de ajuda não solicitada
  - ☒ Geração de problemas
  - ☒ Adaptação das explicações/dicas
- ⌘ Manutenção do modelo do aluno: natureza evolutiva do processo de aprendizagem – TMS (*Truth Maintenance Systems*)

- ⌘ Abordagem tradicional na área dos ITS: utilização de um Sistema Pericial como módulo perito de um ITS
  - ⊞ Um sistema pericial desenvolvido sem o propósito de ensinar muito provavelmente não incluirá o conhecimento a ensinar num formato apropriado para o ensino
    - ⊞ A base de regras descreve as várias cadeias de inferência com um nível de granularidade que pode não ser adequado ao aluno
    - ⊞ O conhecimento usado por um Sistema Pericial não distingue diferentes tipos de conhecimento do domínio, uma vez que diferentes tipos de conhecimento estão implícitos nas regras e no motor de inferência
  - ⊞ As técnicas de representação do conhecimento usadas nos Sistemas Periciais nem sempre são adequadas para representar o conhecimento necessário para o treino de certos tipos de tarefas (exemplo: *precisão versus rapidez*)

# V Aspectos Práticos Relativos à Utilização de Tutores Inteligentes

---

## Realidade:

- ⌘ Disparidade entre o número de ITS utilizados a nível da indústria e dos serviços em relação aqueles que são objecto de I&D
- ⌘ Aplicados em domínios restritos
- ⌘ Existência de dificuldades inerentes à transferência de tecnologia:
  - ⊞ Resistência à mudança
  - ⊞ Falta de conhecimento acerca da aplicabilidade de novas tecnologias como a IA

## Solução:

- ⌘ Identificação das entidades afectadas pela introdução dos ITS
  - ⊞ Equipa de desenvolvimento, utilizadores, equipa de manutenção, instrutores, responsáveis pelo financiamento, etc.
- ⌘ Identificação das necessidades e expectativas de cada uma destas entidades

## ⌘ Domínio escolar

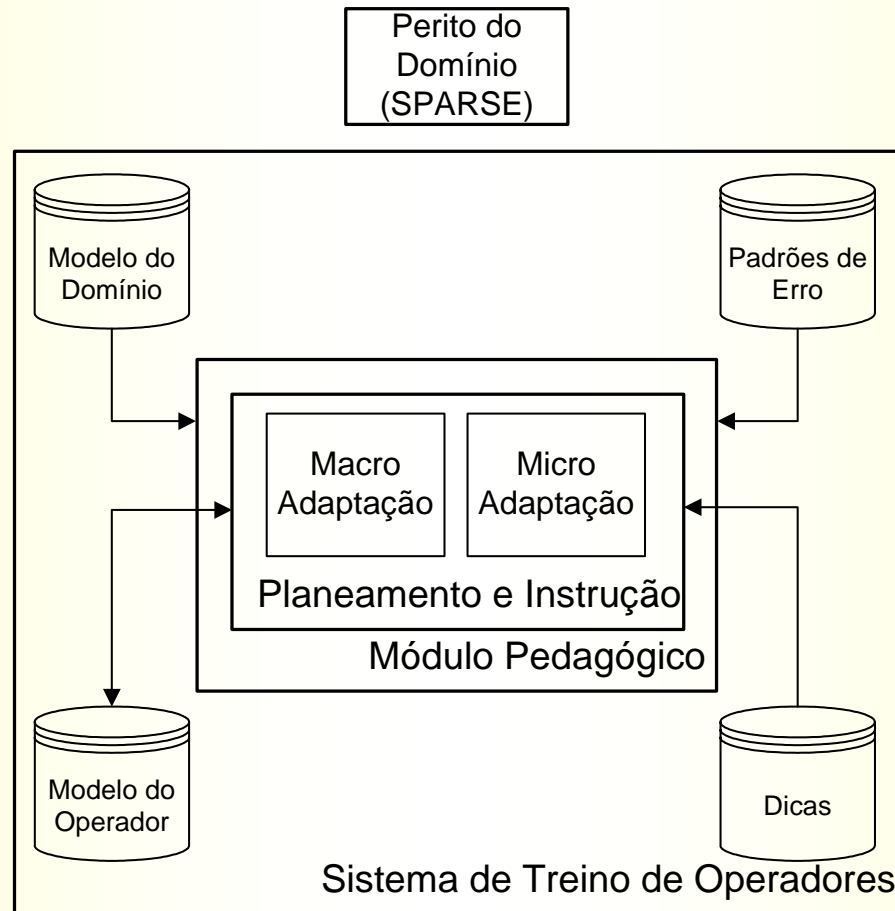
- ☒ LISP Tutor
- ☒ Geometry Tutor
- ☒ Algebra Tutor
- ☒ ANDES – física, Academia Naval dos EUA
- ☒ STATIC-Tutor – mecânica
- ☒ CIRCSIM – sistema cardiovascular

## ⌘ Domínio industrial

- ☒ STEAMER – propulsão de navios
- ☒ SHERLOCK II – diagnóstico de avarias em circuitos electrónicos, FA EUA
- ☒ SAFARI – plataforma de desenvolvimento de ITS para a indústria



### Arquitectura do Sistema de Treino



### Modelo do Domínio: Tarefa de Diagnóstico de Incidentes



#### ⌘ Capacidades envolvidas:

- ☒ Identificação dos eventos relevantes (mensagens SCADA)
- ☒ Forma de actuação dos dispositivos da rede
- ☒ Relacionar eventos relevantes, incluindo condições temporais entre eventos
- ☒ Aptidão para lidar com datação incorrecta das mensagens
- ☒ Utilização de um mecanismo de raciocínio estruturado

### Modelo do Domínio: Limitações do Modelo do Domínio do SPARSE

- ⌘ Não permite distinguir os diferentes graus de automatização da tarefa
- ⌘ Ausência de diferentes níveis de granularidade – natureza evolutiva do processo de aprendizagem
- ⌘ Existência de regras artificiais
- ⌘ O conhecimento de natureza procedimental encontra-se embutido no conjunto de meta-regras e no mecanismo de inferência
- ⌘ Ausência de uma estrutura que permita orientar a interacção entre tutor e aluno



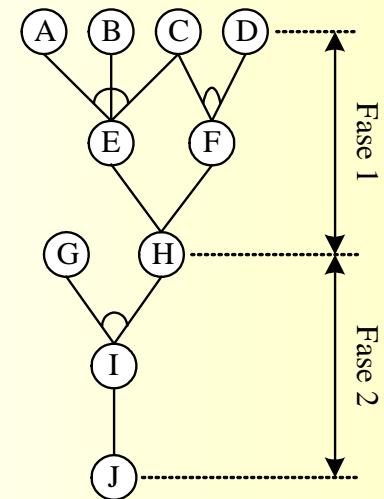
# Sistema de Treino de Operadores

## Modelo do Domínio: Funções

- ⌘ Orientar as decisões pedagógicas do tutor – decidir acerca das ajudas a apresentar
- ⌘ Definir a estrutura do modelo do aluno – definir o conteúdo e organização do modelo do aluno
- ⌘ Orientar a interacção entre o tutor e o aluno – orientar a decomposição da tarefa em sub-tarefas mais simples
- ⌘ Interpretar o comportamento do aluno – interpretar as acções do aluno de acordo com a teoria de seguimento do modelo (*model tracing*)

## Modelo do Domínio: Estrutura

- ⌘ Conjunto de guiões (*scripts*): representação de seqüências estereotipadas dos conceitos envolvidos no modelo mental dos operadores
- ⌘ Estrutura dos guiões: grafos AND/OR faseados
- ⌘ Utilização de *frames*: complementa a natureza essencialmente procedimental dos guiões
- ⌘ Componentes dos guiões:
  - ⊞ tipos de conceitos: ce, cs, ct, cr, cc
  - ⊞ Instantes simbólicos: T1 (disparo de disjuntor), ..., T7 (abertura definitiva de disjuntor)





# Sistema de Treino de Operadores

## Modelo do Domínio: Decomposição

### ⌘ Objectivos:

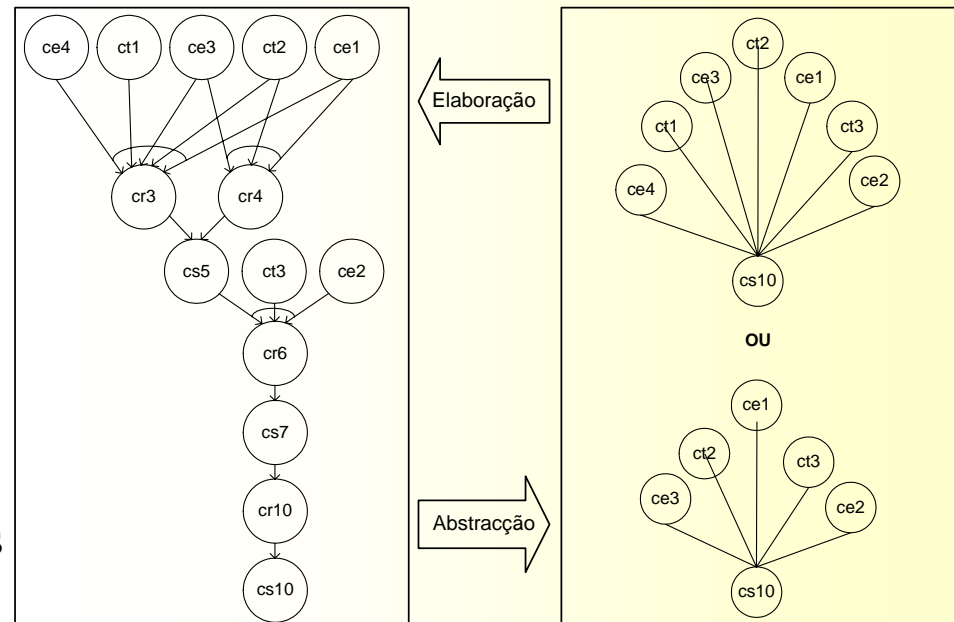
- ☒ Tornar o processo de aprendizagem mais simples
- ☒ Servir como estrutura de apoio ao tutor para a tomada de decisões
- ☒ Conduzir a interacção entre tutor e aluno

### ⌘ Fases:

- 1) Disparo
- 2) Religação
- 3) Disparo após religação
- 4) Conclusão quanto ao tipo de disparo
- 5) Conclusão quanto ao número de extremos de linha envolvidos

### Modelo do Domínio: Níveis de Representação

- ⌘ Conhecimento do domínio modelado através de duas dimensões:
  - ☒ Suficiência e granularidade.
- ⌘ Dois níveis de representação – constituem os limites de representação do raciocínio do aluno:
  - ☒ Elaboração máxima – inclui todas as relações entre eventos e conclusões intermédias obtidas a partir dessas relações
  - ☒ Elaboração mínima – nível objectivo



## Sistema de Treino de Operadores

### Modelação dos Operadores dos Centros de Controlo e Condução: Aspectos a Modelar

- ⌘ A estrutura adoptada para o modelo do operador foi definida tendo em conta as necessidades do tutor:
  - ⊠ Selecção do problema a propor ao operador (nível de dificuldade e tipos de incidentes)
  - ⊠ Prevenir repetições não desejadas (ajudas)
  - ⊠ Facilitar a remediação de erros (registo dos erros cometidos pelo operador)
  - ⊠ Parametrizar o comportamento do tutor (apoio às decisões do tutor)



## Modelação dos Operadores dos Centros de Controlo e Condução: Estrutura do Modelo

- ⌘ Variável do modelo: indicador acerca de uma característica da capacidade do operador (Ex.:  $ce1/T1$ ,  $ce1/T5$ )
- ⌘ Representação das variáveis do modelo
  - ⊠ Vector de crença (F) – ex.  $F=(0.2; 0.6; 0.2; 0.0; 0.0)$
  - ⊠ Distribuição sobre o conjunto de possíveis níveis de competência
- ⌘ Mecanismo de actualização das variáveis do modelo

$$\begin{cases} f_i \leftarrow f_i - f_i v_i c + f_{i+1} v_{i+1} c, \text{ em que } v_i = 0, i = 1, \dots, 4, \\ f_5 \leftarrow f_5 - f_5 v_5 c \end{cases}$$

- ⌘ Histórico

### Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Modelo de Interação (1)

Tabela de Predição

Instalação: SEI Painel: 622

			Instante
Premissa1	DISPARO 01	T1	06-SEP-2001 08:24:45.200
Premissa2	DISJUNTOR 00	T2	06-SEP-2001 08:24:45.240
Premissa3	DISJUNTOR 10	T3	06-SEP-2001 08:24:45.410
Premissa4	$ T1 - T2  \leq 30$		
Premissa5	$T1 - T3 \leq 30$		
Conclusão	Disparo trifásico tipo não identificado	T1	06-SEP-2001 08:24:45.200

- (limpa conclusão)
- Disparo trifásico tipo não identificado
  - Disparo monofásico tipo não identificado
  - Religação rápida trifásica
  - Religação rápida monofásica
  - Disparo do tipo ...
  - Disparo num só extremo do tipo ...
  - Disparo em ambos os extremos do tipo ...
  - Disparo nos dois extremos do tipo ... e do tipo ...

## Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Modelo de Interação (2)

### ⌘ Vantagens:

- ⊞ Obtenção da análise realizada pelo operador na resolução do problema
- ⊞ Minimiza a necessidade de inferir o raciocínio do operador
- ⊞ Constitui uma expansão da memória do operador através de meio visual
- ⊞ Alternativa às interfaces de linguagem natural

### ⌘ Limitação mais relevante

- ⊞ Limitação: pode fornecer ao operador uma ajuda adicional, uma vez que a informação apresentada pode recordar aspectos do conhecimento que estejam esquecidos, os quais não se encontrariam presentes numa situação real
- ⊞ Solução: adaptação da informação apresentada e do respectivo nível de detalhe de acordo com o nível de conhecimento do operador



# Sistema de Treino de Operadores

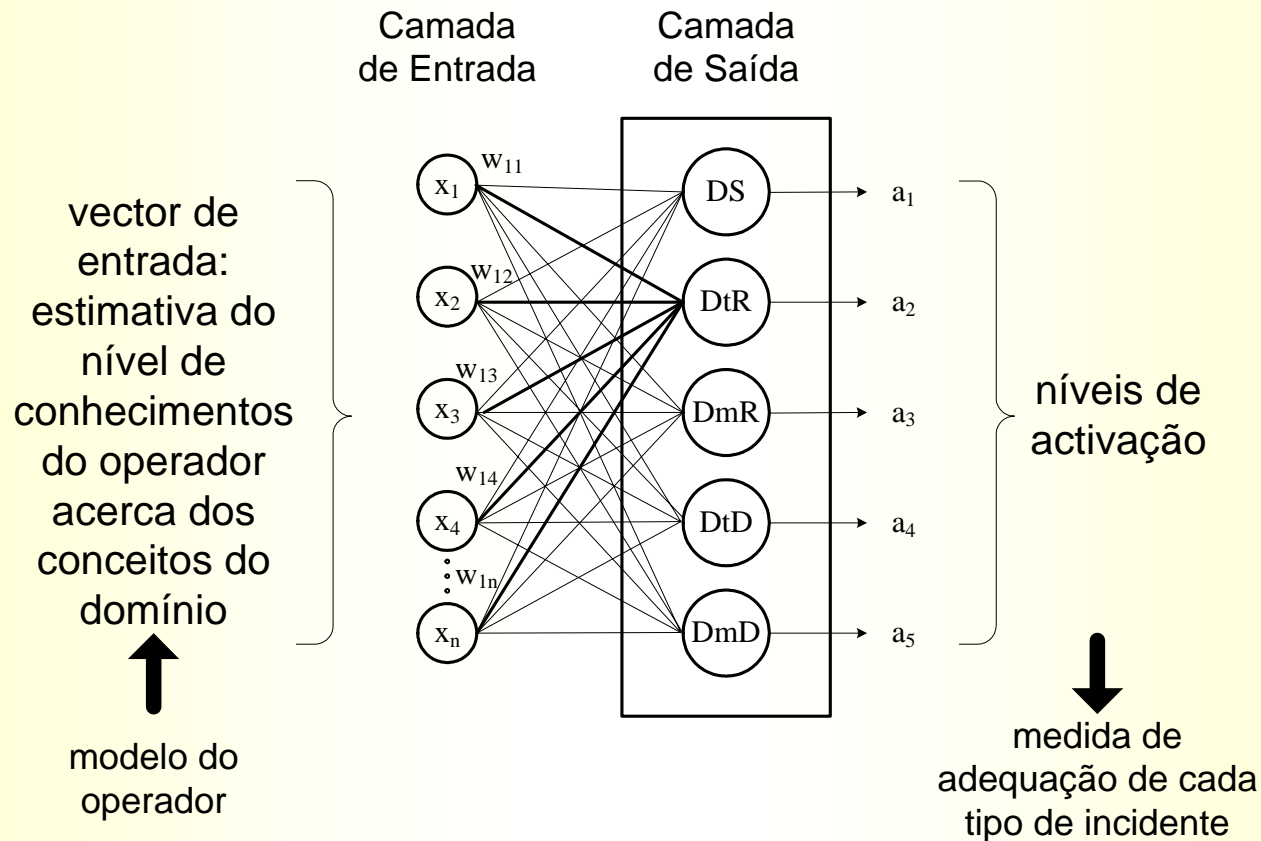
## Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Planeamento e Instrução (1)

### ⌘ Componente de macro adaptação

- ☒ Detalhe dos menus das tabelas de predição
- ☒ Regras usadas para alterar o modo de resolução do problema
- ☒ Selecção de um cenário de treino (2 fases)
  - ☒ Fase 1 – Nível de dificuldade
    - Parâmetros do problema (número de incidentes, número de tipos de incidentes e existência de inversão cronológica nas mensagens)
    - Organizados através de 6 níveis de dificuldade
    - Variação do nível de dificuldade (2 factores):
      - Nível de conhecimento global
      - Factor de aquisição global
  - ☒ Fase 2 – Classificação dos tipos de incidente em termos de adequação ao estado de conhecimento do operador

### Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Planeamento e Instrução (2)

#### ⌘ Classificação dos tipos de incidentes



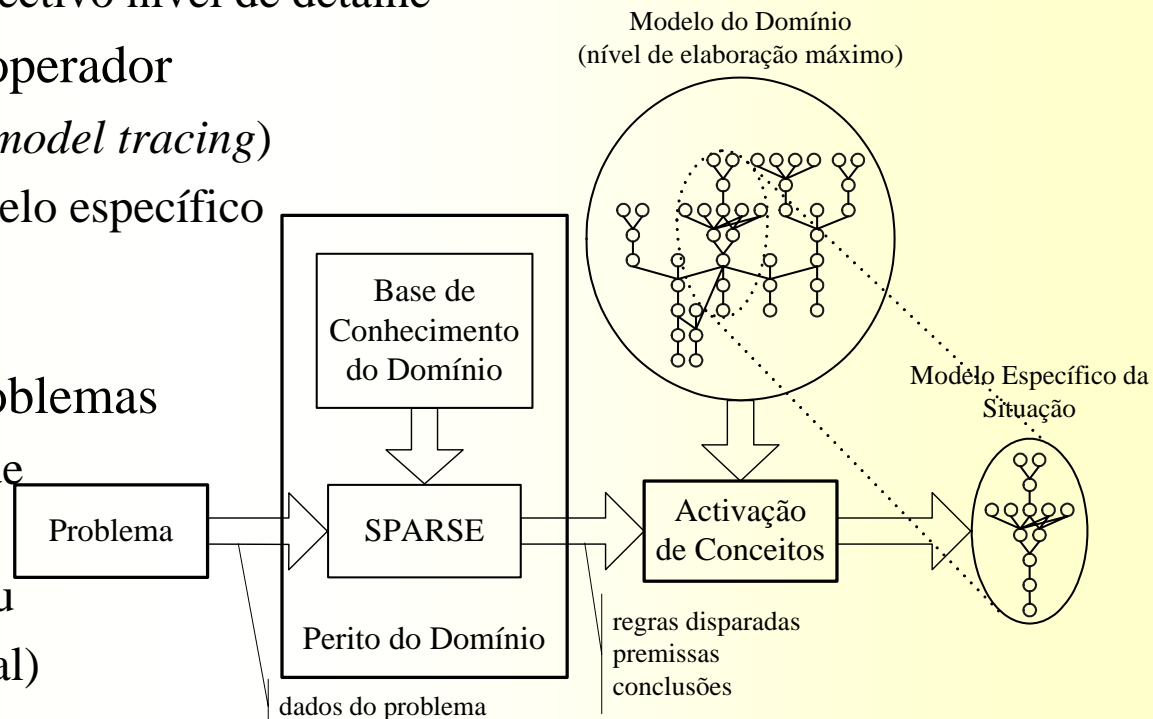
### Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Planeamento e Instrução (3)

- ⌘ Componente de micro adaptação
  - ⊞ Resposta imediata às acções do operador
  - ⊞ Mudança do modo livre para o modo restrito de resolução
  - ⊞ Selecção das dicas e respectivo nível de detalhe

- ⌘ Diagnóstico cognitivo do operador
  - ⊞ Seguimento do modelo (*model tracing*)
  - ⊞ Comparação entre o modelo específico da situação e o modelo mental do operador

- ⌘ Modos de resolução de problemas

- ⊞ Modo livre (maior grau de automatização da tarefa)
- ⊞ Modo restrito (maior grau de restrição procedimental)





# Sistema de Treino de Operadores

## Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Geração de Apoio ao Operador (1)

- ⌘ Dicas: tática que encoraja o pensamento activo e estruturado de acordo com as linhas de orientação do tutor
- ⌘ Tipos de dicas:
  - ⊠ “*O que está errado?*” – dicas geradas em função do erro
    - ⊠ Padrões de erro – Oportunidades para remediação de erros
  - ⊠ “*O que fazer a seguir?*” (exclusivo do modo restrito) – dicas associadas aos conceitos do domínio
    - ⊠ Dicas de natureza procedimental
- ⌘ Repetição de dicas: histórico de dicas e respectivos níveis de detalhe
  - ⊠ Âmbito do histórico: tabela de predição

## Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Geração de Apoio ao Operador (2)

- ⌘ Inferência da intenção do operador na definição de relações temporais
  - ⊠ Em caso de erro, o tutor apresenta dicas com o objectivo de conduzir o operador a ultrapassar o erro – selecção de uma relação temporal
  - ⊠ A selecção arbitrária de uma relação temporal pode tornar as respectivas dicas confusas
  - ⊠ Abordagem baseada no teorema de Bayes – a estimativa das probabilidades condicionadas baseia-se:
    - ⊠ No princípio de que existe maior probabilidade do operador usar o conceito sobre o qual detém maior domínio
    - ⊠ Na semelhança entre a entrada do operador e cada uma das hipóteses



# Tutores Inteligentes

**Sistemas Periciais 2003/04**

***DEI-ISEP***