

Tutores Inteligentes

Sistemas Baseados em Conhecimento
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

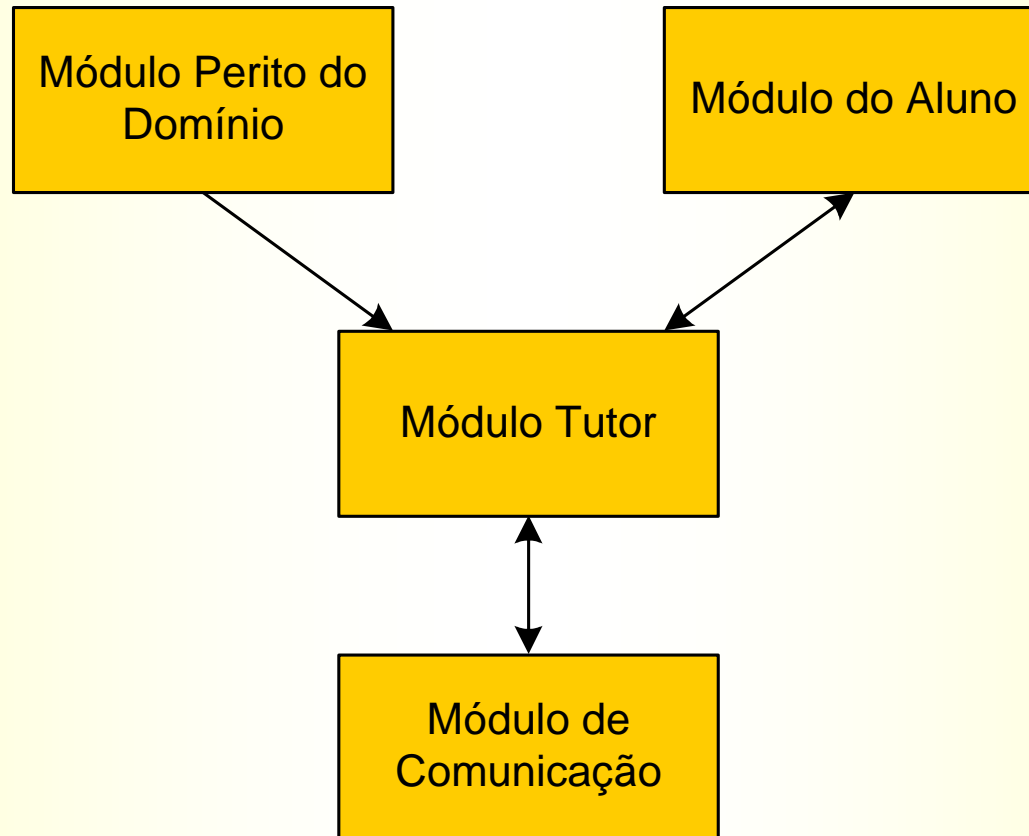
Sistemas de Ensino Baseados em Computador

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

Representação do Conhecimento nos ITS

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*)

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



Alguns Exemplos de Aplicação de ITS

⌘ Domínio escolar

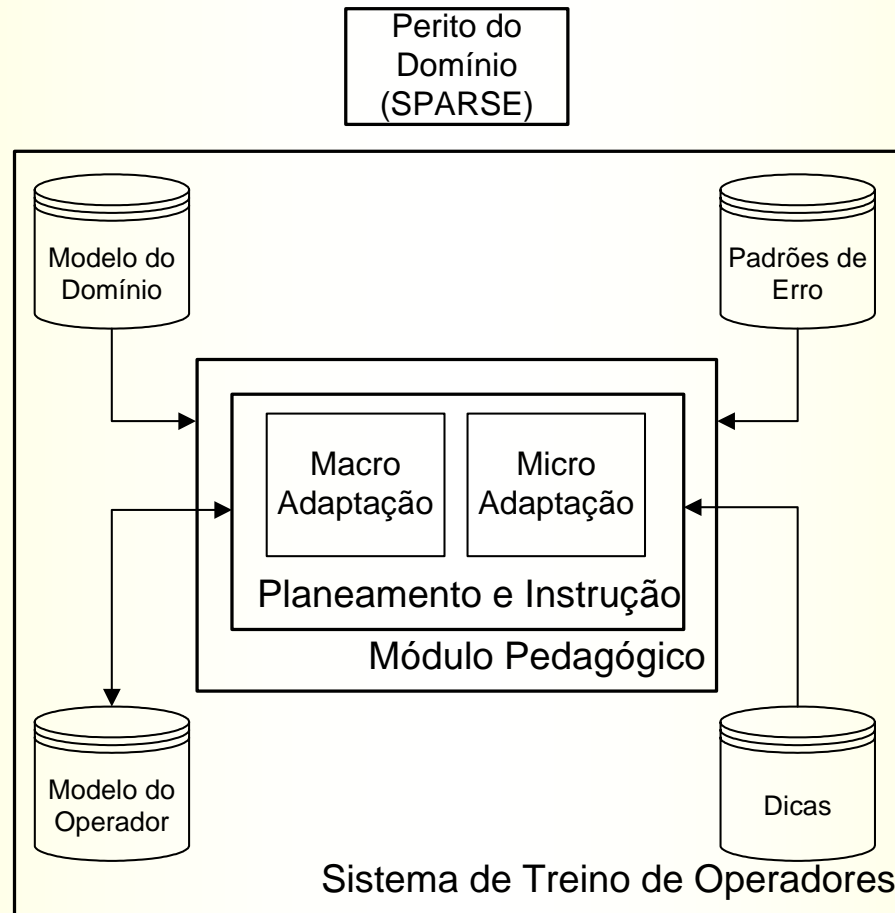
- ☒ LISP Tutor
- ☒ Geometry Tutor
- ☒ Algebra Tutor
- ☒ ANDES – física, Academia Naval dos EUA
- ☒ STATIC-Tutor – mecânica
- ☒ CIRCSIM – sistema cardiovascular

⌘ 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

Sistema de Treino de Operadores

Arquitectura do Sistema de Treino



Sistema de Treino de Operadores

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



Sistema de Treino de Operadores

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

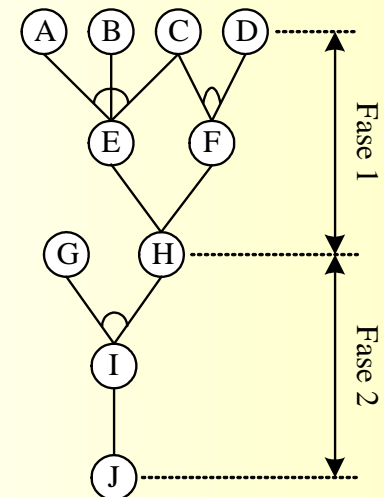
Modelo do Domínio: Funções

- ⌘ 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*)

Sistema de Treino de Operadores

Modelo do Domínio: Estrutura

- ⌘ Conjunto de guiões (*scripts*): representação de sequências 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

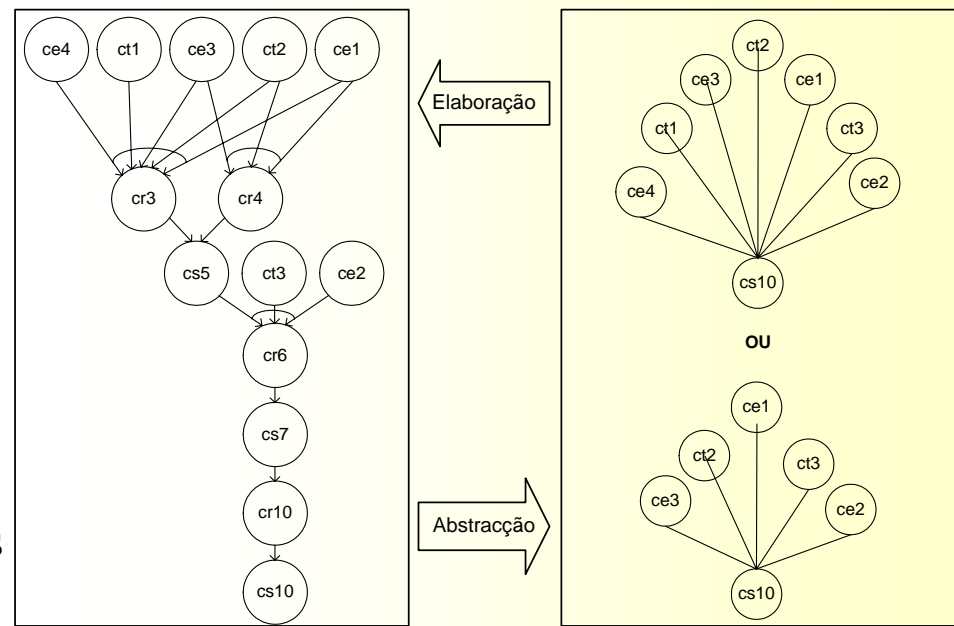
⌘ Fases:

- 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

Sistema de Treino de Operadores

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)

Sistema de Treino de Operadores

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

Sistema de Treino de Operadores

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 ...

Sistema de Treino de Operadores

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)

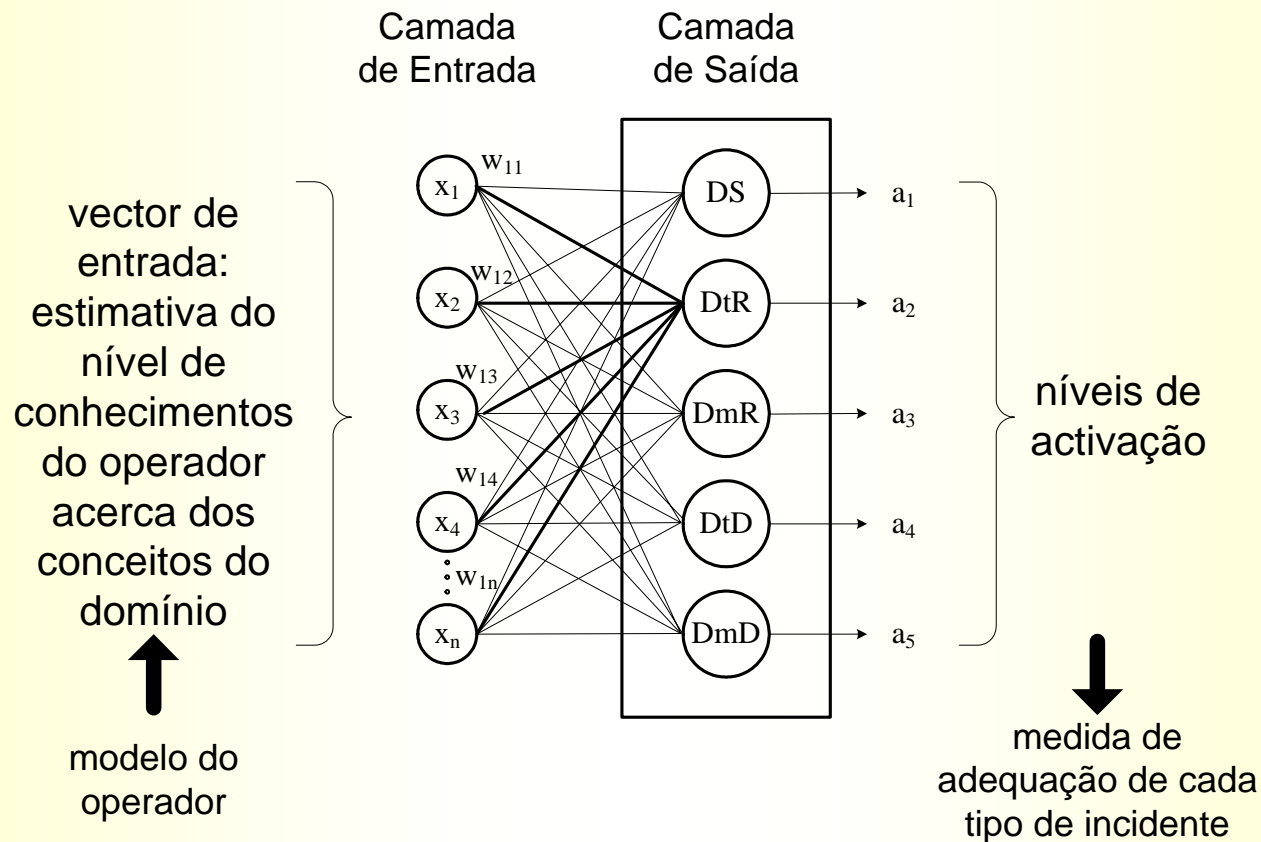
⌘ Componente de macro adaptação

- ☒ 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

Sistema de Treino de Operadores

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

⌘ Classificação dos tipos de incidentes





Sistema de Treino de Operadores

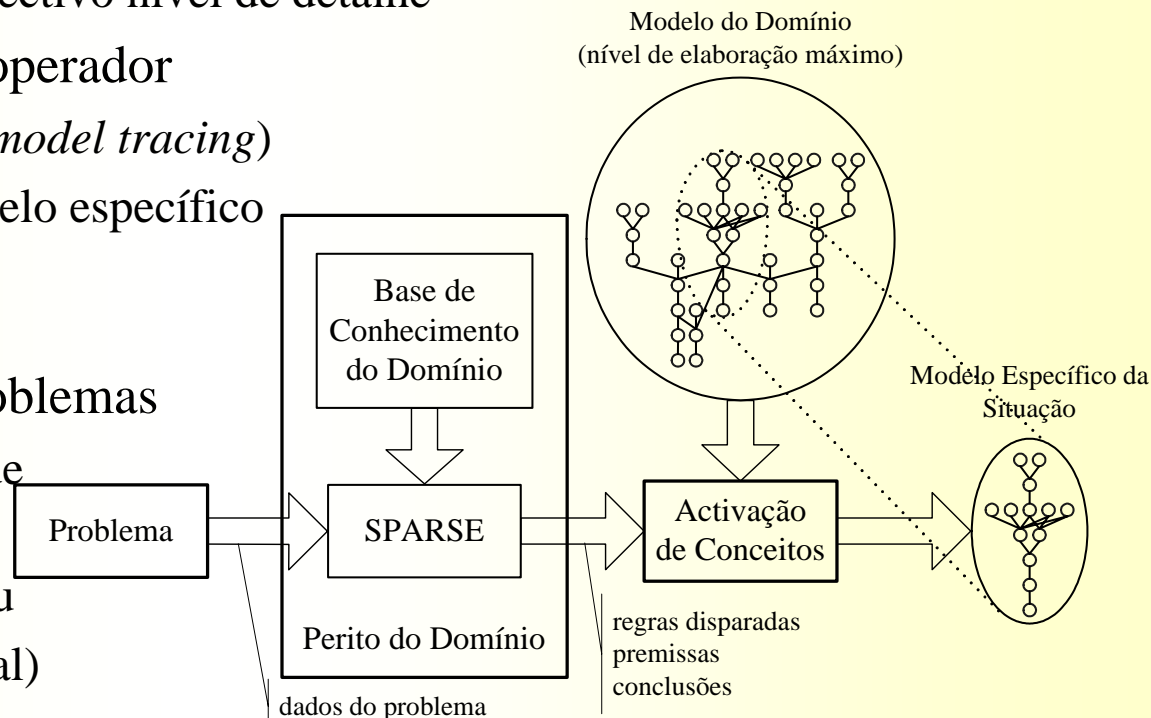
Ensino Adaptativo de Diagnóstico de Incidentes: Planeamento e Instrução (3)

- ⌘ 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



Sistema de Treino de Operadores

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