

# **Inteligência Artificial na Educação**

2005 / 2006

**980702 José Pedro Galvão Oliveira Monteiro**



**Departamento de Engenharia Informática**

Fevereiro de 2006

Orientadora ISEP: **Isabel Azevedo**



## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer aos meus pais por me terem apoiado ao longo da vida, incentivando-me a terminar a Licenciatura e a dedicar-me ao meu emprego como eles se dedicaram ao meu crescimento físico e intelectual.

Quero também agradecer à minha orientadora, Isabel Azevedo, pelo seu incansável apoio e disponibilidade durante a elaboração deste projecto.

Aproveito também para agradecer ao doutor Constantino Martins, pela disponibilidade demonstrada para fazer uma revisão do projecto, e pela contribuição dada para a sua conclusão.

## RESUMO

A utilização de abordagens da área da Inteligência Artificial (IA) no desenvolvimento de sistemas de educação pode ser uma forma de diversificar as ferramentas de auxílio ao ensino

Este trabalho apresenta uma breve revisão histórica acerca da Inteligência Artificial (IA), e da aplicação de técnicas da IA a problemas educacionais, fazendo-se uma introdução acerca dos Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) e dos Sistemas Educativos Adaptativos baseados na Web, descrevendo-se as suas diferenças e semelhanças.

Dentro das linhas de opinião mais recentes aborda-se o conceito de agentes inteligentes que realizam tarefas no ambiente de ensino como: acompanhar a interacção do aluno, extrair as informações necessárias sobre o aluno, auxiliar e orientar o aluno. Faz-se também uma abordagem sobre novos métodos e técnicas de engenharia que foram usadas para fornecer aos sistemas operativos, as linguagens de programação, e as ferramentas necessárias para fazer programas.

Palavras- chave: Inteligência Artificial, Sistemas Tutores Inteligentes, Web-based educational systems, Sistemas Educativos Adaptativos baseados na Web e Agentes Inteligentes, Ontologias, Rede bayesianas, machine learning...

## **ABSTRACT**

Learning by using computers boarding Artificial Intelligence (AI) in the development of education systems can be a form to diversify assistance to education tools

This work presents one brief historical revision about Artificial Intelligence (AI), and the application of techniques in AI related to educational problems, making an introduction about Intelligent Tutoring systems (ITS) , its characteristics and architecture, and of some of the applications of educational Web-based systems.

Inside the recent lines of opinion we board the concept of agents who realize tasks in the education environment, such as: to follow the students interaction, to extract the necessary information about the student, to assist and to guide the student, we also make a boarding on new methods and engineering techniques that had been used to supply to the operational systems, the programming languages, and the tools necessary to make programs and to construct systems.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Intelligent Tutoring Systems, Web-based educational systems, adaptive hypermedia systems and Intelligent Agents, Ontology, Bayesian network, machine learning

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Enquadramento .....	1
1.2. Objectivos para a realização do projecto .....	4
1.3. Estrutura do relatório .....	4
<b>2. Inteligência Artificial (IA)</b> .....	<b>6</b>
2.1 Inteligência Artificial .....	6
<b>3. Ensino Assistido por Computador</b> .....	<b>12</b>
3.1. Ensino Assistido por computador .....	12
3.2. Sistemas Tutores Inteligentes (ITS).....	15
3.2.1. O que é um Sistema Tutor Inteligente .....	15
3.2.2. Características de um Sistema Tutor Inteligente .....	16
3.2.3. Arquitectura dos Sistemas Tutores Inteligentes .....	17
3.2.4. Componentes de um Sistema Tutor Inteligente.....	23
3.2.4.1. Modelo do Aluno.....	23
3.2.4.2. Modelo do Domínio .....	24
3.2.4.3. Modelo Pedagógico .....	24
3.2.4.4. Modelo de Interface.....	24
3.2.5. Funcionamento de um ITS .....	25
3.2.6. Tipos de Sistemas Tutores Inteligentes .....	27
3.2.7. Personalização do sistema .....	29
3.2.7.1. Técnicas de IA aplicáveis a ITS: Redes Bayesianas, “Aprendizagem- Máquina” <sup>3</sup> e Estereótipos. ....	30
3.2.8. Hipertexto e Hipermedia .....	32
3.3. Sistemas Adaptativos baseados na Web.....	33
3.3.1. Sistemas Hipermedia Adaptativos.....	33
3.3.2. Sistemas Educativos Adaptativos (AES).....	37
3.3.2.1. Aplicação de Estereótipos do utilizador em AES.....	39
3.3.2.2. Aplicação de Redes Bayesianas em AES .....	40
3.3.3. Sistemas de Aprendizagem Adaptativos (ALS) <sup>5</sup> .....	41
3.3.4. Desenvolvimento e aplicações de Sistemas adaptativos Web.....	44
3.3.4.1. O Modelo proposto por Brusilovsky .....	44
3.3.4.2. Fase da “Modelação do Aluno” (UM).....	45
3.3.4.3. Fase de “decisão de adaptação” .....	47
3.3.5. A avaliação da estrutura: Avaliação em camadas .....	48

3.3.5.1. Avaliação da “modelação do aluno” UM.....	49
3.3.5.2. A avaliação da “decisão de adaptação “ .....	50
3.3.6.“Avaliação em camadas” ou “Avaliação da anotação adaptativa da ligação em InterBook” .....	51
3.3.6.1. O link adaptativo da anotação em interbook: a tecnologia.....	51
3.3.6.2. A anotação adaptável da ligação em InterBook decomposta .....	56
3.3.6.3. Estudo de avaliação de InterBook .....	58
3.4. Avaliação em camadas, do sistema adaptativo baseado na web - KOD .....	59
3.5. Diferenças entre Sistemas Educativos Inteligentes e Sistemas Educativos Adaptativos .....	62
<b>4. Contributos e Tendências actuais da IA no ensino.....</b>	<b>64</b>
4.1 Contributos da IA no ensino .....	64
4.2 Tendências actuais da IA no ensino.....	65
4.3. Agentes Inteligentes.....	68
4.3.1. Conceito de Agente .....	69
4.3.2. Tarefas que um Agente tem que realizar .....	70
4.3.3. Ambientes.....	71
4.4. Agentes inteligentes .....	71
4.4.1. Agentes pedagógicos .....	72
4.5. Aplicação de Agentes Inteligentes em ITS.....	73
4.6. Engenharia de software orientada para Agentes .....	74
4.7. Aplicação do Agentes Pedagógico num ITS .....	74
4.7.1. Arquitectura do ambiente de actuação do Agente Pedagógico .....	75
4.7.2. Características, comportamentos e a arquitectura do Agente Pedagógico .....	76
4.7.3. Características do Agente Pedagógico DÓRIS .....	77
4.7.4. Arquitectura do Agente Pedagógico DÓRIS.....	78
4.7.4.1. Módulo Perceptivo .....	79
4.7.4.2. Módulo Cognitivo .....	80
4.7.4.3. Módulo Reactivo .....	81
4.8. Base de Conhecimento.....	81
4.9. Comportamentos do Agente Pedagógico .....	82
4.10. Engenharia de software orientada para Agentes.....	84
<b>5. Desenvolvimento de conteúdos dos ITS.....</b>	<b>85</b>
5.1. Desenvolvimento de conteúdos .....	85
5.1.1 O Modelo do Domínio.....	86
5.1.2 Modelo do estudante.....	87
5.1.3 Modelação do Domínio .....	88
5.2. Modelação Baseada em Restrições.....	89

5.2.1. Restrições do Buggy .....	90
5.3. Tecnologias XML .....	90
5.4. Model – Driven Architecture (MDA).....	91
5.5. ITS Authoring tool.....	91
5.5.1. Engenharia Ontológica .....	93
5.6. Representação do conhecimento.....	95
5.6.1. Representação do conhecimento num ITS .....	95
5.6.2. - Ontologia do Domínio.....	96
5.6.2.1 Conceitos do Domínio .....	98
5.6.2.2. Abrir o Modelo do Estudante .....	100
5.7. A definição do domínio .....	101
5.7.1. Considerações de Design.....	102
5.7.2. Namespaces .....	104
5.7.3. XML Schema Definição.....	104
5.7.4. Domínio do Conhecimento.....	105
5.7.5. Restrição Modal.....	107
5.7.6. O Feedback .....	108
5.7.7. XSLT Definição .....	109
5.8. O courseware (problemas e soluções) .....	110
5.8.1. Formação de questões.....	111
5.8.2 Validação .....	112
5.8.3. Definição de XML.....	112
5.9 Construção de um MDA ITS – modelo proposto por Lindon.....	114
<b>6– Conclusão .....</b>	<b>117</b>
6.1. Conclusão do projecto desenvolvido .....	117
6.2. Objectivos atingidos .....	120
6.3. Dificuldades encontradas no desenvolvimento do projecto .....	120
<b>7 - Referências .....</b>	<b>122</b>
<b>8 - Endereços electrónicos .....</b>	<b>126</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Domínios de uma aplicação de Tutores Inteligentes .....	17
<b>Figura 2</b> – Arquitectura clássica de um Sistema Tutor Inteligente .....	18
<b>Figura 3</b> – Arquitectura de um ITS segundo Kaplan.....	19
<b>Figura 4</b> – Arquitectura de um ITS segundo McTaggart .....	20
<b>Figura 5</b> – Arquitectura de um ITS segundo McTaggart .....	21
<b>Figura 6</b> – Arquitectura de um ITS segundo Clancey .....	22
<b>Figura 7</b> – Evolução dos ITS. <i>Gerações</i> .....	28
<b>Figura 8</b> – Exemplo de Rede Bayesiana.....	31
<b>Figura 9</b> – Exemplo da estrutura de um <i>sistema adaptativo</i> .....	35
<b>Figura 10</b> – Adaptação decomposta .....	46
<b>Figura 11</b> – Janela do glossário de interbook mostrando uma entrada do conceito do glossário da base de dados.....	53
<b>Figura 12</b> – Um conceito está registado como pré requisito, se um estudante tiver que saber este conceito para entender o índice da secção .....	54
<b>Figura 13</b> – O tempo médio da visita da página (segundos). É importante anotar que os resultados representam 'o valor real' do estado pedagógico de uma página.....	59
<b>Figura 14</b> – Relacionamento entre sistemas educativos adaptáveis e inteligentes.....	63
<b>Figura 15</b> – Arquitectura de um Agente .....	70
<b>Figura 16</b> – Arquitectura do Ambiente de actuação do Agente Dóris .....	76
<b>Figura 17</b> – Arquitectura do agente pedagógico Dóris.....	79
<b>Figura 18</b> – Arquitectura do CAI .....	86
<b>Figura 19</b> – Decomposição do modelo do domínio .....	97
<b>Figura 20</b> – Um modelo do conceito do domínio para os adjectivos de um tutor.....	99
<b>Figura 21</b> – Drill down num nó do conceito do domínio para mostrar restrições (mais baixo) sintáctico (superior) e semântico. Seleccionar restrição dá opções adicionais .	101
<b>Figura 22</b> – Ilustra como a Restrição modal pode ter sucesso e ser selectiva.....	108
<b>Figura 23</b> – Demonstração de XSLT <i>pipeline</i> que tem uma solução para o estudante, concebe mensagens de feedback, e actualiza o modelo do estudante. ....	115

## ÍNDICE DE LISTAGENS

<b>Lista 1</b> - Definição de um Schema da entidade do domínio ER.....	105
<b>Lista 2</b> - Wetas restrição que verifica todas entidades que tem nomes únicos para o ER .....	110
<b>Lista 3</b> - Um xslt restrição dos moldes que verifica todas as entidades, que tem nomes únicos para os domínios ER .....	110
<b>Lista 4</b> – Estilo de questões Wetas com a solução ideal.....	113
<b>Lista 5</b> – Definição de questões XML .....	113
<b>Lista 6</b> – Definição de soluções ideais para questões colocadas na lista 4.....	114

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Estados emocionais do agente DÓRIS .....	84
--	----

## NOTAÇÃO E GLOSSÁRIO

AES	Web-Based Adaptive Educational Systems
ALS	Adaptive Learning Systems
CAI	Computer Assisted Instructional
CAIs	Computer-Aided Instruction System
CBM	Constraint-Based Modelling
CBT	Computer-Based Training
CP	Content Packaging
GPS	General Problem Solver
IA	Inteligência Artificial
IA-ED	Inteligência Artificial na Educação
ILE	Intelligent Learning Environments
ITS	Intelligent Tutoring Systems
KOD	Knowledge-On-Demand
KPF	Knowledge Packaging Format
MT	Model Tracing
SMA	Sistemas Multi Agente
UM	User Modelling
XML	Extensible Markup Language
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformation

## 1. Introdução

Este trabalho foi realizado no âmbito da disciplina de projecto do 5º ano do curso de Engenharia Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Neste primeiro capítulo é feito um enquadramento do tema e apresentam-se os objectivos deste trabalho, bem como a estrutura deste relatório.

“A IA é conhecimento – teoria, dados, avaliação – que descreve os meios para alcançar uma classe de fins desejados.”

Por: Allen Newell

### 1.1 Enquadramento

A Inteligência Artificial (IA) é uma das ciências mais recentes. Os trabalhos deste campo das ciências começaram na década de 50.

Actualmente, a IA abrange uma grande variedade de áreas de uso geral, como aprendizagem, percepção, tarefas como diagnóstico de doença, demonstração de teoremas e jogos de xadrez, entre outras. A IA é uma disciplina que tem por objectivo o estudo e compreensão do fenómeno da inteligência, e construção de entidades artificiais com capacidades cognitivas semelhantes às dos seres humanos. A IA é a procura do saber sobre o modo como os seres humanos pensam, com o objectivo de moldar esse pensamento em processos computacionais.

O computador tem sido utilizado no ensino nos últimos 20 anos. A utilização do ensino por computador com abordagens da IA no desenvolvimento de sistemas de educação, baseadas em avançadas tecnologias, toma vários aspectos do conhecimento em consideração.

A Inteligência Artificial na Educação (IA-ED) trata da aplicação de técnicas da IA a problemas educacionais, com o objectivo de construir modelos que possam tornar a aprendizagem mais eficaz. Um sistema de IA-ED é um sistema computacional para o ensino que tem algum grau de tomada de decisão autónomo, em relação às suas interacções com os estudantes. O objectivo da Inteligência artificial é alcançar o nível de uma ciência, e tornar-se num componente crítico da ciência dos computadores, (Russel e Norvig, 2004).

Para dar continuidade ao trabalho, bem como para desenvolver uma ciência de Sistemas de Ensino, Sistemas Inteligentes, a IA usa técnicas experimentais das ciências cognitivas. O campo das ciências cognitivas reúne modelos computacionais de IA e técnicas experimentais da psicologia para tentar construir teorias precisas e verificáveis dos processos de funcionamento da mente humana. Deste ponto de vista cada programa de IA propõe uma questão, e o resultado de executar este programa é a resposta à questão proposta.

Uma alternativa significativa para a hipótese de criação de sistemas inteligentes é a pesquisa em redes neurais. Como está distribuído através de estruturas o conhecimento numa rede neural, e como a rede é moldada para as suas interacções com Sistemas Inteligentes.

A visão centralizadora sobre o papel da própria informática determinou no início da IA a concepção do Agente. Um Agente interage com ambientes e realiza tarefas nesses ambientes. Em algumas situações os Agentes interagem com outros Agentes.

Para a inteligência artificial ter sucesso, técnicas de engenharia foram usadas para fornecer os sistemas operativos, as linguagens de programação, e as ferramentas necessárias para fazer programas e construir sistemas.

Com o aparecimento da Internet, um dos ambientes mais importantes para o Agente, os sistemas de IA tornam-se comuns, porque a Internet oferece a oportunidade para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem.

Os sistemas educativos adaptativos baseados na Web<sup>1</sup> são sistemas de ensino desenvolvidos especificamente para serem usados por grupos de alunos sem o auxílio de um Professor. Estes sistemas oferecem a oportunidade para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem que conectam estudantes de forma individual em comunidades.

Fazemos também uma abordagem sobre novos métodos que podem ser usados para simplificar os ITS, com particular interesse sobre o Modelo do Domínio,

Pretende-se, neste projecto, fazer uma sinopse que convide à reflexão sobre Inteligência Artificial ao serviço do ensino/aprendizagem e apresentar algumas contribuições da Inteligência Artificial, através de conceitos técnicas, métodos e Sistemas aplicados à Educação. Para tal, optou-se por uma metodologia assente na pesquisa bibliográfica dirigida, fundamentalmente, para o estudo das aplicações da Inteligência Artificial na Educação.

---

<sup>1</sup> Tradução do termo em inglês “Web-based adaptive educational systems” (AES)

## **1.2. Objectivos para a realização do projecto**

O principal motivo para a escolha deste tema para o desenvolvimento deste projecto, foi alargar os conhecimentos do autor adquiridos ao longo do curso, com aquisição de conhecimentos sobre a área de pesquisa da Inteligência Artificial, aplicações e contributos na área de ensino

## **1.3. Estrutura do relatório**

Este relatório é composto por 7 capítulos:

Capítulo 1 – Introdução: apresenta o projecto que foi desenvolvido, e os principais objectivos da realização deste trabalho.

Capítulo 2 – neste capítulo, apresenta-se, muito sinteticamente, um histórico sobre Inteligência Artificial na Educação. Sobre o aparecimento dos primeiros sistemas voltados para o ensino assistido por computador.

Capítulo 3 – abordam-se aspectos relacionados com os Sistemas Tutores Inteligentes, características e arquitectura destes sistemas, as particularidades de sistemas educativos adaptativos baseados na Web e apresenta-se um modelo de Sistemas ALS desenvolvido por Peter Brusilovsky. Fala-se também nas diferenças entre sistemas educativos inteligentes e sistemas educativos adaptativos.

Capítulo 4 – Reflexão sobre a importância e contributos da IA na Educação. Tendências actuais da Inteligência Artificial no Ensino, identificação do conceito de Agente, ambiente e tarefas. Referência aos Agentes Inteligentes, e à importância da utilização de Agentes inteligentes

(Bradshaw, 1997) em Sistemas Tutores Inteligentes, apresentação do Agente pedagógico Dóris.

Capítulo 5 – aplicação de técnicas relacionadas com de engenharia para construir sistemas Inteligentes baseados em computação, apresentação de modelo de Sistema Tutor Inteligente desenvolvido por Steven Lindon.

Capitulo 6 – resume brevemente tudo o que foi feito no projecto, os objectivos e dificuldades encontradas no desenvolvimento do projecto.

## 2. Inteligência Artificial (IA)

Neste capítulo, apresenta-se um breve resumo histórico sobre a Inteligência Artificial. Faz-se ainda referência ao aparecimento dos primeiros sistemas voltados para o ensino assistido por computador.

### 2.1 *Inteligência Artificial*

O termo Inteligência Artificial foi criado por John McCarthy em 1956 durante o primeiro encontro de cientistas oficialmente organizado para discutir aspectos de inteligência e sua implementação em máquinas (Costa e Simões, 2004, p. 24).

O campo da Inteligência Artificial, ou IA, tenta compreender como pensamos, mas também procura construir entidades inteligentes.

Um dos primeiros artigos a tratar das questões do computador digital moderno foi escrito por Alan Turing. No artigo, com o título “Maquinismo computacional e inteligência “ (Turing, 1950), aborda-se a possibilidade de criar ou não uma máquina computacional inteligente, uma máquina que pensa.

Turing ao notar que as ambiguidades fundamentais contidas na questão “o que pensar, o que é uma máquina?” impediam qualquer resposta racional, sugeriu que a questão sobre a inteligência fosse substituída por um teste empírico claramente definido. Assim, surgiu o teste de Turing, que mede o desempenho de uma máquina aparentemente inteligente, relativamente ao

desempenho de um ser humano. O teste coloca a máquina e o ser humano e um interrogador em salas separadas.

O interrogador não vê nenhum dos dois participantes nem fala com eles, só pode comunicar com eles através de um dispositivo textual. A tarefa do interrogador é distinguir o computador do ser humano utilizando apenas respostas às perguntas formuladas pelo dispositivo. Turing argumentou que se o interrogador não conseguir distinguir a máquina do ser humano, então a máquina pode ser considerada inteligente.

O interrogador pode colocar qualquer tipo de questões, como por exemplo, sobre aritmética. Para responder a estas perguntas o computador tem de saber como deve reagir em termos de resposta para parecer um ser humano, presumindo-se que seja mais provável ser o computador a realizar o cálculo correctamente. Se o interrogador pedir para os dois participantes reagirem a um poema ou obra de arte, o computador tem que ter conhecimento acerca da actividade emocional.

As características mais importantes deste teste são:

- O facto de nos dar uma noção objectiva de inteligência, isto é, o comportamento de um ser inteligente em resposta a um conjunto de respostas que lhe são colocadas.

Esta característica dá-nos o padrão para determinar a inteligência.

- Evita que sejam colocadas questões sobre se o computador usa ou não processos internos, ou se tem consciência das suas acções.
- Força o interrogador a concentrar-se apenas no conteúdo das respostas às questões.

Como consequência destas vantagens o teste de Turing tem servido de base para esquemas utilizados para avaliar programas de IA modernos (Luger, 2002).

A década de 50 foi ainda marcada por um trabalho de John McCarthy, que em 1958 publicou um texto intitulado “*Programs With Common Sense*”. Neste texto defendia que a resolução de problemas se deve basear em representações explícitas dos problemas, e a sua representação deve ser feita por meio de regras. Muita da investigação que se faz actualmente no campo da Inteligência Artificial tem por base estes pressupostos (Costa e Simões, 2004).

Segundo (Russel, 1995), um dos desenvolvimentos mais significativos dos anos que se seguiram foi o *General Problem Solver* (GPS), criado por Allen Newell, Cliff Shaw e Herbert Simon, em 1959. Este programa foi desenvolvido para simular os métodos humanos de resolução de problemas independente da área, e evidenciava uma relação forte entre a Inteligência Artificial e a Psicologia.

O GPS comparava as abordagens das etapas do seu raciocínio às abordagens de raciocínio de seres humanos na resolução dos mesmos problemas.

Nos anos 60 difundiu-se o interesse pelos programas capazes de compreender a linguagem humana, mas os programas desenvolvidos não respondiam às expectativas dos investigadores, porque eram ainda muito limitados (Russel, 2004).

A alternativa para estes métodos fracos é usar um conhecimento mais vasto e específico de domínio que permita situações de raciocínio superiores e

que tratem com mais facilidade casos que ocorrem em especialidades mais restritas.

Segundo Costa e Simões (2004), a impossibilidade causada pelas limitações dos programas da altura em fornecer representações gerais do mundo sensível, deslocou o interesse da pesquisa para temas menos ambiciosos e mais ligados a conhecimentos, relativos a domínios específicos – por exemplo: desenvolvimento de sistemas periciais.

Os Sistemas Periciais são programas que possuem um vasto e específico conhecimento sobre um determinado assunto. Este conhecimento provinha de duas fontes: por um lado era conhecimento estabelecido pela ciência e, por outro lado era conhecimento acumulado em experiências durante anos.

Os sistemas periciais pretendem simular o pensamento de um perito humano. O primeiro sistema pericial, o DENDRAL foi criado em 1985 por Edward Feigenbaun e, permite inferir a estrutura molecular a partir dos dados de um espectrómetro de dados.

O desenvolvimento do DRENDAL foi bastante importante porque representou o primeiro sistema bem sucedido, que representou o conhecimento específico do domínio para a solução de problemas (Luger, 2002).

Os sistemas periciais levaram ainda ao desenvolvimento de novas técnicas de representação do conhecimento, do raciocínio, e ao tratamento de questões relacionadas com a falta ou a incerteza no conhecimento (Costa e Simões, 2004).

A aprendizagem computacional constitui um dos temas principais da pesquisa dos anos 80. A investigação dividia-se então em duas áreas, por

um lado, a pesquisa sobre a simulação dos processos cognitivos do ser humano e, por outro, a pesquisa sobre o rendimento, tão eficiente quanto possível, dos programas através de processos ‘não humanos’.

As ciências cognitivas baseiam – se na investigação experimental em seres humanos ou animais. O campo interdisciplinar das ciências cognitivas congrega: as técnicas experimentais da psicologia, com o objectivo de construir teorias precisas sobre os processos de funcionamento da mente humana e modelos computacionais da IA.

Os primeiros anos da IA caracterizam-se pelo debate entre aqueles que achavam oportuno simular a estrutura do cérebro humano, e aqueles que pelo contrário, concentravam o interesse da ciência sobre as suas funções, e não sobre o seu procedimento, mas com a compreensão dos mecanismos da cognição humana.

No final da década de 80, inícios de 90 as pesquisas mudaram de foco para actividades mais práticas, o que deu origem aos " Expert Systems ".

Nos anos 80 é também desenvolvida a maior parte do trabalho sobre redes neurais na tentativa de definir o que podia ser feito com estas redes, e de aprender como as redes neurais diferem das técnicas tradicionais do conhecimento.

Com a realização destes estudos concluíram que, com a utilização de uma metodologia aperfeiçoada a estruturas teóricas, as redes neurais são comparadas a técnicas correlativas da estatística, do reconhecimento de padrões e da aprendizagem de máquinas.

Os anos 90 caracterizam-se pelo aumento de abordagens ao problema do estudo e da construção de entidades inteligentes.

Actualmente, a IA abrange uma enorme variedade de áreas, tais como ensino/aprendizagem, jogos de xadrez, demonstração de teoremas matemáticos, diagnósticos de doenças, entre outros.

A IA é potencialmente relevante para a esfera de actividades ligadas às actividades de aprendizagem porque sistematiza e automatiza tarefas intelectuais.

### **3. Ensino Assistido por Computador**

Neste capítulo apresenta-se uma introdução sobre Ensino Assistido por Computador e sobre os sistemas adaptativos e ITS como formas de ensino assistido por computador que ganharam grande dimensão, faz-se ainda referencia às técnicas e engenharias usadas nos ITS, agentes e ambientes, e às particularidades dos sistemas educativos adaptativos baseados na Web. Apresenta-se ainda um modelo de Sistemas AES proposto por Peter Brusilovsky.

#### **3.1. Ensino Assistido por computador**

Segundo alguns autores (Mcarthur 1993), (Beck, 1998), (Urbain-Lurain, 1998), foi na década de 50 que foram desenvolvidos os primeiros sistemas voltados para o ensino assistido por computador, que foram o *Computer-Based Training* (CBT), e *Computer Assisted Instructional* (CAI).

Foi nesta década de 50, que apareceram os programas lineares, os primeiros sistemas de ensino assistidos por computador. Estes programas mostravam o conhecimento de uma forma linear, isto é, nada podia alterar a ordem estabelecida pelo programador. Na actuação destes sistemas defendia-se que as pessoas funcionam por estímulos, e que a igual estímulo corresponde igual resposta, por esta razão não se devia permitir erros aos alunos, porque estes erros lhes dariam um reforço negativo.

No desenvolvimento de uma sessão de ensino não se considerava a avaliação do aluno. Pensava-se que quando uma operação era seguida por um estímulo de reforço a força da acção era aumentada.

A saída de informação sobre o aluno nos programas dos primeiros CAI verificava se o conteúdo tinha sido apreendido até aquele ponto. O aluno dava uma resposta baseada no seu conhecimento, por tentativa ou erro. O programa informava se o aluno estava certo. A esta ordem predefinida dos passos chamou-se programa linear.

Nesta abordagem os CAI só apresentavam o conteúdo e o aluno só seguia a sequência pré definida dos passos. A partir dos anos 60 começou a utilizar-se as respostas dos alunos para controlar o material de estudo, e desta forma, os alunos poderiam resolver os problemas utilizando formatos de resolução sistemática.

Os sucessores dos programas lineares foram os programas ramificados ou programação ramificada, ou em árvore. Estes programas tinham um número fixo de temas semelhantes ao dos programas lineares, mas tinham capacidade de actuar conforme a resposta do aluno.

Nesta década a maioria das aplicações na educação adoptava o ensino programado centrado no professor.

No final dos anos 60 e princípio dos anos 70 surgiram os sistemas gerativos ou adaptativos. Estes sistemas apresentavam uma nova filosofia de educação baseada na ideia de que os alunos aprendiam melhor enfrentando e resolvendo os problemas, do que ouvindo explicações sistematizadas.

Nesta época descobriu-se um maior nível de sofisticação no design dos sistemas CAI, e em alguns domínios foi possível que o sistema gerasse o

seu material de ensino usando o computador. Estes sistemas concebiam conjuntos de problemas projectados para aumentar o desempenho do aluno, em domínios apoiados em capacidades tais como a aritmética. Nestes sistemas o ensino não era individualizado. A informação nestes programas não era específica para as necessidades do aluno. Os CAI apenas apresentavam o conteúdo, colocavam um problema ao aluno, registavam a resposta e avaliavam o seu desempenho. Estes programas não estimulavam a aprendizagem evolutiva do aluno. O aluno seguia uma sequência preestabelecida de situações que não estimulavam o raciocínio.

Segundo Beck (1998), nestes sistemas, as decisões sobre a maneira como o estudante devia navegar através do material era baseada em programas em árvore, em que as perguntas eram colocadas aos alunos mas diferenciavam-se pela capacidade de actuar segundo a resposta do aluno.

Segundo Clark (1997), a partir desta década, a área da educação tenta aliar os recursos dos computadores para produzir um meio de ensino onde o aluno aprenda por si próprio utilizando os recursos disponíveis nos computadores.

Apesar dos sistemas CAI terem evoluído em termos gráficos, ainda forneciam o mesmo tipo de atenção individualizada que podia ser oferecida pelo professor, e adaptável a cada tipo de aluno que estiver a utilizar o sistema.

Na década de 80 com a intenção de tratar as falhas dos sistemas CAI, Sleeman e Brown criam os Sistemas Tutores Inteligentes<sup>2</sup> (ITS), que são ferramentas auxiliares no ensino aprendizagem.

---

<sup>2</sup> Tradução do termo em inglês “Intelligent Tutoring Systems”

## **3.2. Sistemas Tutores Inteligentes (ITS)**

### **3.2.1. O que é um Sistema Tutor Inteligente**

Os ITS são uns campos de pesquisa e desenvolvimento interdisciplinar. Os ITS são sistemas que se caracterizam, por construir um Modelo Cognitivo do Aluno, através da interacção, da formulação e da comprovação de hipóteses sobre o conhecimento do aluno (Hall, 1990).

Para Hall (1990), os Sistemas Tutores Inteligentes, são uma composição de diversas disciplinas como psicologia, ciência cognitiva e inteligência artificial, que interagindo com o aluno possuem a capacidade de aprender, e adaptar as estratégias de ensino de acordo com o desempenho do aluno.

Segundo Giraffa (1997), os ITS são programas de computador que incorporam técnicas de IA, e que actuam como auxiliares no processo de ensino – aprendizagem.

Um dos objectivos fundamentais dos ITS é apresentar uma instrução adaptada ao aluno em conteúdo e em forma. Outro dos objectivos dos ITS é representar no computador um comportamento semelhante ao do professor na sala de aula. Na interacção do ITS com o aluno, e tendo em consideração que um ITS tradicional é baseado num estilo rígido de interacção, o sistema detém sempre o controle.

Uma das formas encontradas para resolver este problema é a utilização de soluções de inteligência artificial distribuída baseada em Agentes Inteligentes

O Agente Inteligente está inserido num ambiente, recebe entradas no ambiente em que está activo e pode também efectuar alterações dentro daquele ambiente (Luger, 2004).

### **3.2.2. Características de um Sistema Tutor Inteligente**

Segundo Jonassen (1993), um ITS caracteriza-se por representar separadamente a matéria que se ensina (modelo do domínio), as estratégias para a ensinar (modelo pedagógico). Por outro lado, estes sistemas caracterizam o aluno (através do modelo do aluno) com o objectivo de obter um ensino individualizado.

Técnicas como raciocínio qualitativo e redes Bayesianas, ou redes processuais permitiram modelar o conceito de modelo do domínio e do modelo do estudante principalmente nos ITS. As redes Bayesianas fornecem uma descrição completa do domínio.

Outra característica destes sistemas é a necessidade da interface de comunicação ser um módulo bem planeado, de manipulação acessível, e que beneficie o processo de comunicação entre o Tutor e o aluno.

Urreta (2001), defende que a característica mais importante de um ITS é possuir conhecimento do aluno, que permite aos sistema dirigir e adaptar o ensino e realizar processos de diagnóstico mais adaptados ao aluno, e mais pormenorizados. Esta característica dos ITS permite melhorar a comunicação entre o Tutor e o aluno, e que o aluno coloque perguntas ao tutor.

### 3.2.3. Arquitectura dos Sistemas Tutores Inteligentes

Os Tutores Inteligentes são um campo de pesquisa e desenvolvimento interdisciplinar. Na figura 1 estão ilustrados os domínios envolvidos (Kearsley, 1987).

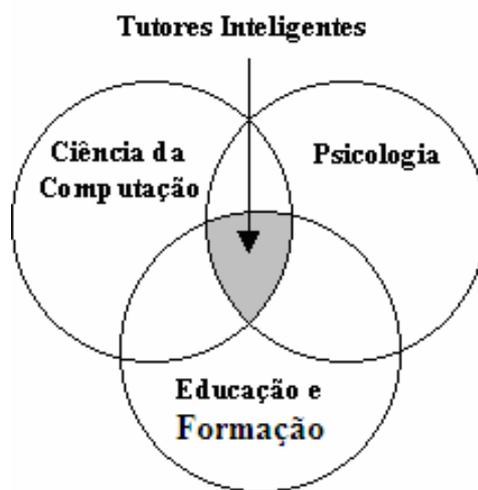


Figura 1 – Domínios de uma aplicação de Tutores Inteligentes

As arquitecturas destes sistemas foram desenvolvidas a partir destes três componentes.

Apesar de algumas arquitecturas propostas para os ITS terem mais de quatro componentes, para alguns autores, (Woolf, 1992), (Kaplan, 1995), (Mc Taggart, 2001), os ITS baseiam – se numa arquitectura composta por quatro componentes. Os quatro componentes principais representados na figura 2, que são: Modelo do Estudante, Modelo do Domínio, Modelo do Tutor e Interface.

A seguir estão representadas algumas arquitecturas propostas, o modelo clássico, alguns modelos de arquitectura compostos por quatro componentes, um exemplo de um modelo de arquitectura composto por cinco componentes e um exemplo de um modelo de arquitectura composto por sete componentes.

### Modelo Arquitectura Clássico:

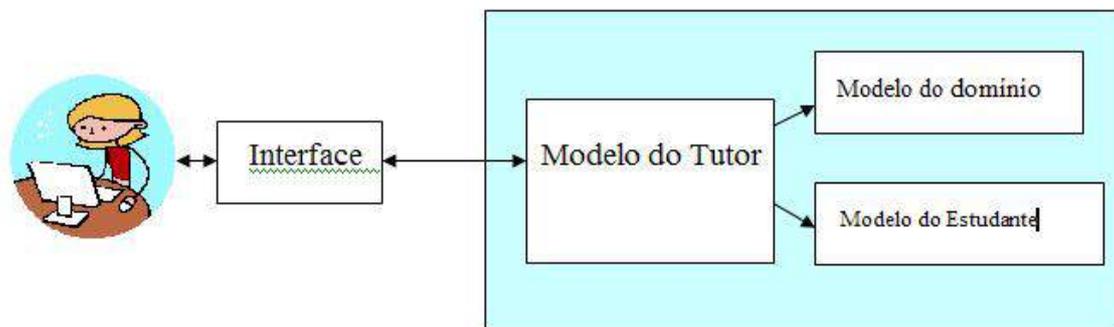


Figura 2 – Arquitectura clássica de um Sistema Tutor Inteligente

Nesta arquitectura de ITS, denominada clássica distinguem-se quatro componentes:

1. O Modelo Pedagógico também chamado de Regras de Ensino define a estratégia para transmitir o conhecimento ao aluno, e executa o diagnóstico do conhecimento do aluno.
2. O Modelo Especialista contém o material do curso que se administrará, descreve o conhecimento de um especialista na área de domínio do sistema, servindo como base para a construção do Modelo do aluno.

3. O Modelo do Aluno pode dar-nos um diagnóstico, porque reproduz os padrões de conhecimento do aluno sobre os assuntos tratados durante a sua interacção com o sistema, as experiências cognitivas e de aprendizagem.

Fornece informação relevante para a condução do processo de instrução individualizada.

4. A Interface permite aos alunos interagir com o sistema.

Nesta Arquitectura distinguem-se três tipos de utilizadores: o Aluno, o Professor, e o Programador do sistema.

### Arquitectura de ITS proposta por Kaplan (1995)

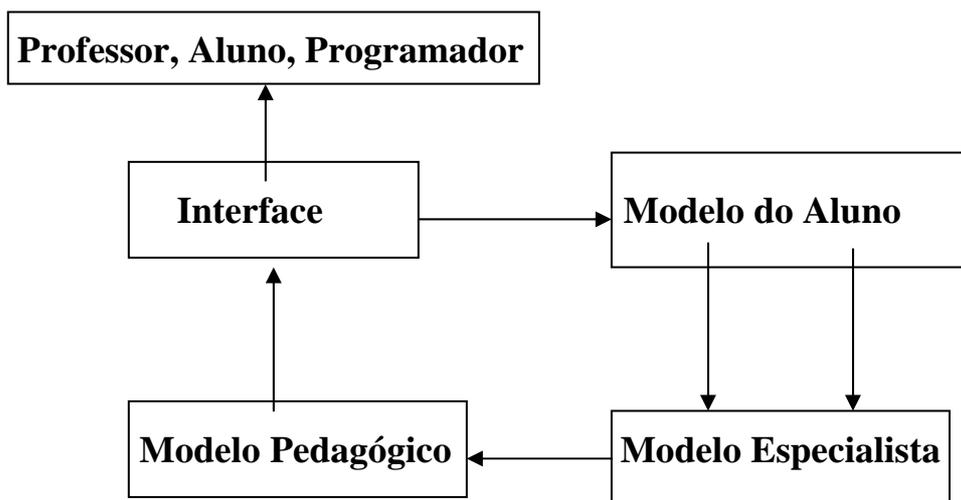


Figura 3 – Arquitectura de um ITS segundo Kaplan

Na arquitectura de ITS, apresentada na figura 3, proposta por Kaplan, distinguem-se quatro componentes:

1. O Modelo Pedagógico também chamado de Regras de Ensino define a estratégia para transmitir o conhecimento aos alunos, executa o diagnóstico do conhecimento do aluno.

2. O Modelo Especialista contém o material do curso que se administrará descreve o conhecimento de um especialista na área de domínio do sistema. Este Modelo serve como base para a construção do Modelo do Estudante.

3. O Modelo do Aluno pode dar-nos um diagnóstico sobre o aluno, porque reproduz os padrões de conhecimento do aluno, sobre os assuntos tratados durante a sua interação com o sistema, as experiências cognitivas e de aprendizagem.

Fornecer informação relevante para a condução do processo de instrução individualizada.

4. A Interface permite aos alunos interagir com o sistema. Nesta arquitectura distinguem-se três tipos de utilizadores, o Aluno, o Professor, e o Programador do sistema.

### Arquitectura de ITS proposta por McTaggart (2001)

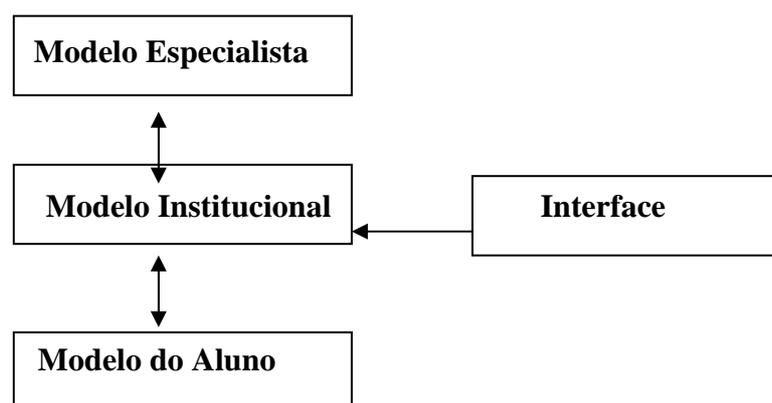


Figura 4 – Arquitectura de um ITS segundo McTaggart

Na arquitectura de ITS, proposta por McTaggart, apresentada na figura 4, os vários componentes trabalham em conjunto para produzir um sistema que pode reconhecer os padrões de comportamento do aluno, e responder com instruções adequadas a esses padrões.

Todos os componentes deste sistema estão projectados para novos processos de aprendizagem, mas o processo é orientado pela representação do conhecimento num modelo especialista.

**Exemplos de arquitecturas de ITS com mais de quatro componentes:**

**Arquitectura de ITS proposta por Wenger (1987), com cinco componentes**

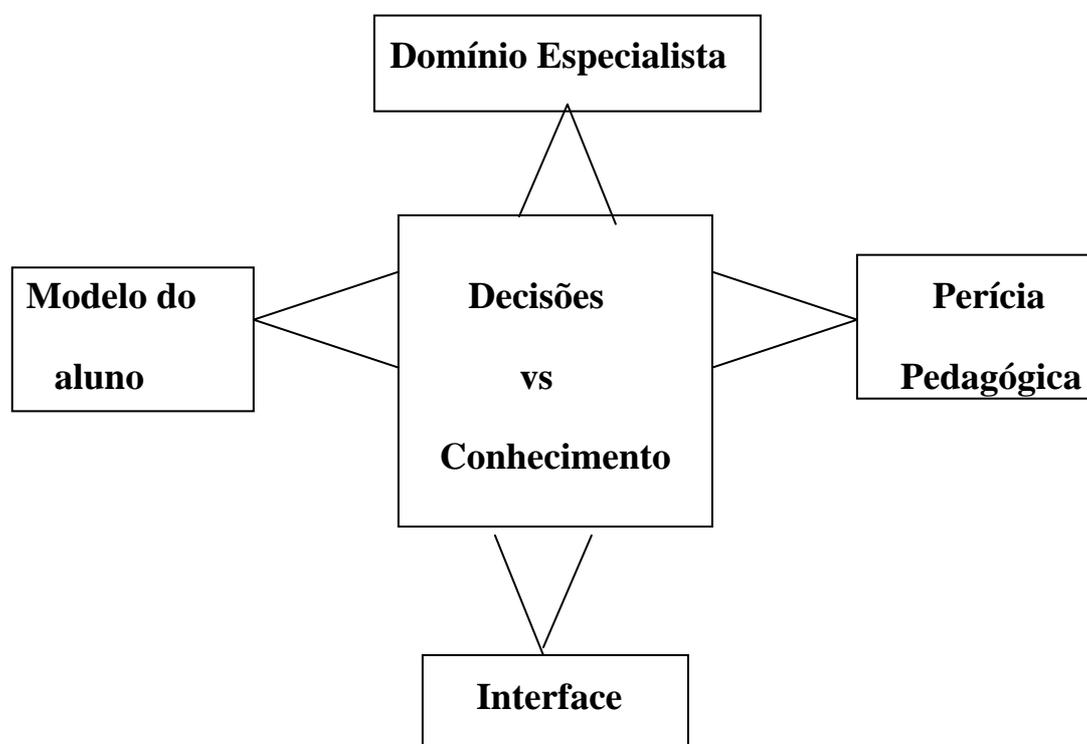
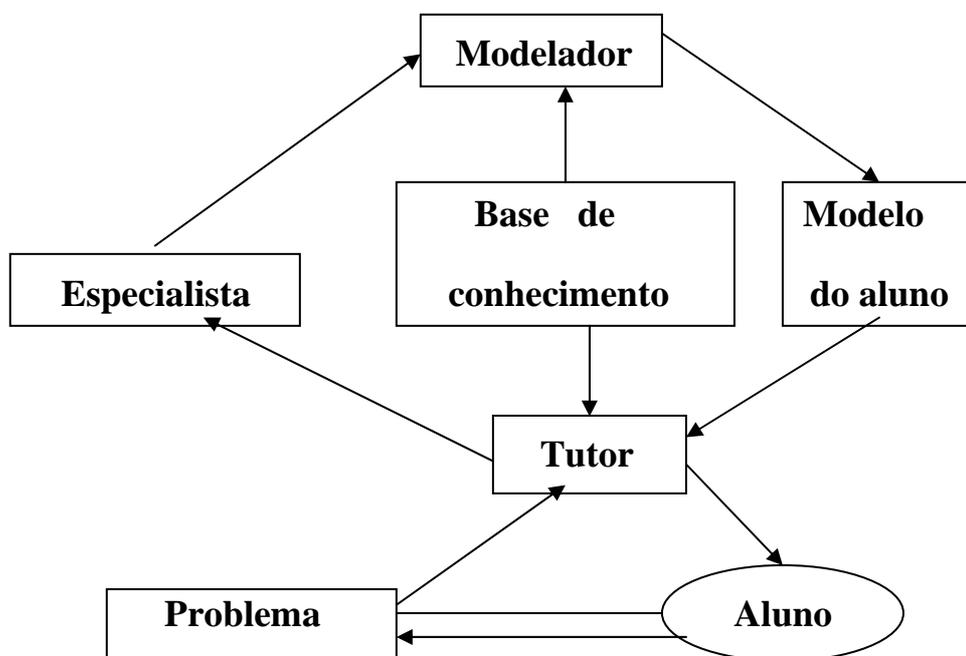


Figura 5 – Arquitectura de um ITS segundo McTaggart

Enquanto as arquitecturas tradicionais de um ITS coincidem, nesta arquitectura apresentada na figura 5, Wenger visualiza o ITS como uma ferramenta de comunicação, e propõe um estudo em conjunto das disciplinas.

**Arquitectura de ITS proposta por Clancey (1987), com sete componentes**



**Figura 6 – Arquitectura de um ITS segundo Clancey**

Na arquitectura de ITS proposta por Clancey, apresentada na figura 6, as funções dos módulos aparecem separadas. O Modelo Modelador realiza um diagnóstico que constrói e actualiza o modelo do aluno. O Tutor guarda as informações sobre o aluno.

### **3.2.4. Componentes de um Sistema Tutor Inteligente**

Os quatro componentes básicos de um Sistema Tutor Inteligente são os seguintes: Modelo do Aluno, Modelo do Domínio, Modelo Pedagógico e o Modelo de Interface, que são descritos nas secções seguintes:

#### **3.2.4.1. Modelo do Aluno**

O que distingue os CAI dos ITS é o facto de os ITS serem capazes de responder ao estilo individual de aprendizagem do aluno de acordo com as suas características.

O Modelo do Aluno segundo McTaggart, abrange o comportamento e o conhecimento do aluno e as capacidades cognitivas do aluno em dado momento, baseia-se nas evidências fornecidas pelas acções do aluno.

Este Modelo armazena informações específicas para cada estudante de forma individual, fornece informação relevante para a condução do processo de ensino individualizado e contém uma representação do estado do conhecimento do aluno no momento em que este interage com o sistema.

O Modelo do Aluno é a representação dos processos mentais de aprendizagem do aluno. Este modelo actua como um sistema de conselhos que ajuda o aluno através da base do conhecimento do domínio. Deve também fazer o registo dos erros do estudante, porque o diagnóstico feito pelo modelo pedagógico usa o modelo do aluno para reconhecer erros, criar e adaptar explicações, ordenar o material de aprendizagem, e controlar o progresso do aluno.

### **3.2.4.2. Modelo do Domínio**

O Modelo do Domínio segundo McTaggart é a componente especialista do Tutor, constituído pelo material de ensino. Contém o conhecimento sobre o que se deseja ensinar ao aluno, armazena informação sobre o que o Tutor está a ensinar. Desta forma, os modelos de representação do conhecimento a ser disponibilizado são de grande importância para que o sistema tenha sucesso.

O Modelo do Domínio está muito ligado ao Modelo do Aluno, o que permite que o sistema vá buscar informação ao domínio do conhecimento, podendo assim comparar o modelo de aprendizagem do aluno com o domínio do conhecimento.

### **3.2.4.3. Modelo Pedagógico**

O Modelo Pedagógico contém a metodologia de ensino, ou seja, o conhecimento necessário para a condução das decisões pedagógicas. Este modelo cria a partir das informações de diagnóstico, formas de ensino capazes de ensinar com sucesso um determinado assunto a um determinado aluno, quando ensinar, e como ensinar.

### **3.2.4.4. Modelo de Interface**

O Modelo de Interface realiza o intercâmbio de informações entre o sistema, o tutor e o aluno.

È através desta interacção que o Tutor exerce duas das suas principais funções, que são:

- A apresentação de matéria de ensino ao aluno;
- E avaliação da progressão do aluno através das suas respostas.

### **3.2.5. Funcionamento de um ITS**

Os ITS baseiam o seu funcionamento num plano de instrução que dirige a sessão de ensino.

Este plano de instrução está organizado em cinco níveis diferentes:

O primeiro nível é constituído por uma sequência de unidades básicas de ensino, que apresentam os elementos em que se organiza o conhecimento do domínio;

O segundo nível está constituído por uma sequência de objectivos e conceitos, associados às unidades de ensino, que o sistema planeia para apresentar ao aluno durante a sessão;

O terceiro nível é constituído por processos cognitivos que se relacionam com as actividades mentais, que devem ocorrer ao aluno durante a sessão;

O quarto nível inclui os factores de instrução, que são as condições externas indicadas para que produza a aprendizagem;

O quinto nível inclui as acções de instrução, que correspondem às acções que o aluno e o sistema realizam durante as sessões de aprendizagem.

O funcionamento geral dos ITS tem as seguintes características:

1. Quando o sistema identifica o aluno, o modelo do domínio activa o modelo do aluno correspondente para organizar uma sessão de ensino adaptada ao aluno.
2. O modelo do domínio constrói um plano de sessão para o aluno depois de consultar o modelo pedagógico e o modelo do aluno.
3. O plano de ensino é realizado com base nos objectivos conceptuais que o sistema pretende conseguir tendo em conta o conhecimento e o estilo de aprendizagem do aluno.
4. O sistema contém uma sequência de tarefas de ensino que levaram à realização dos objectivos propostos.
5. O modelo do domínio comunica com a Interface que põe em prática as tarefas planificadas, concretizando-as através de actividades que se colocam ao aluno.
6. À medida que se vai desenvolvendo o plano de ensino o próprio modelo do domínio recebe, controla, faz o diagnóstico e avalia as respostas do aluno usando o conhecimento sobre o domínio e o aluno.
7. Se o modelo do domínio depois da avaliação percebe que o rendimento do aluno é o esperado, continua com o plano de ensino preestabelecido para o aluno.
8. Se o modelo do domínio depois da avaliação percebe que o rendimento do aluno não é o esperado, são elaborados novos conteúdos para o plano de ensino e adapta-o às condições actuais.

### 3.2.6. Tipos de Sistemas Tutores Inteligentes

De acordo com os objectivos de ensino os sistemas Tutores dividem – se em duas categorias:

- Simuladores realistas de aprendizagem;
- Tutores, em que se pretende que o aluno adquira um tipo de conhecimento relacionado com o tema que está a ser estudado e que desenvolva aptidões e capacidades de procedimentos relacionadas com o tema.

De acordo com a perspectiva cognitiva, em que se pretende que o aluno adquira um tipo de conhecimento, e desenvolva as suas capacidades associadas a um objectivo de ensino. Podemos dividir os ITS em três gerações de sistemas diferentes:

1. Constraint Based Tutors (Tutores baseados em restrições) – primeira geração de sistemas. Temos como exemplo o SQL-Tutor.  
O ensino neste sistema centra-se no estado da Interface em relação à informação que se mostra oculta.
2. Model-Tracing Tutors/Cognitive Tutors (Tutores baseados em modelos cognitivos) – segunda geração de sistemas. Temos como exemplo o *Cognitive Tutor Algebra Course*.  
O ensino nestes sistemas centra-se nas acções do estudante e nas regras que concebem a solução correcta para uma solução, para

uma tarefa baseada num modelo mental do estado cognitivo e da memória de trabalho do aluno.

3. Dialogue Based Tutors (Tutores baseados em linguagem de diálogo natural) – terceira geração de sistemas. Temos como exemplo o Ms. Lindquist.

O ensino nestes sistemas centra-se na comunicação com o aluno através do diálogo entre o sistema e o aluno.

As discussões, explicações e exercícios sobre o tema em estudo realizam-se através do diálogo.

Evolução dos ITS apresentado na figura 7, de acordo com a divisão em três gerações de sistemas.

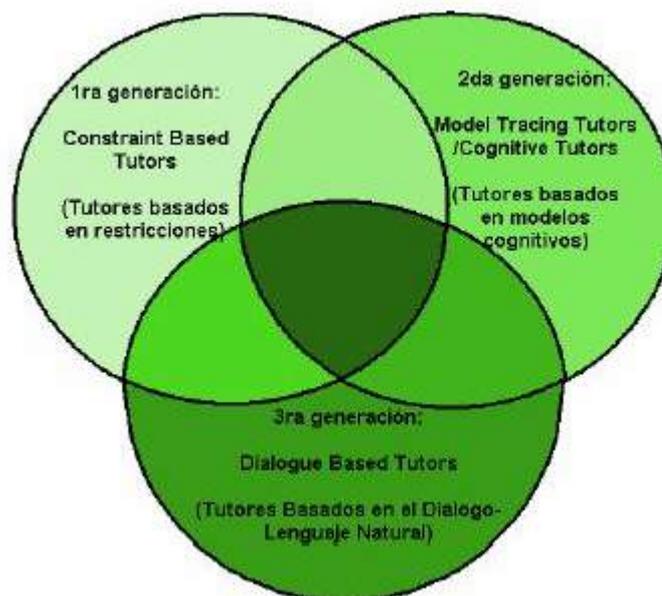


Figura 7 – Evolução dos ITS. *Gerações*  
( [http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1_1.htm) )

### 3.2.7. Personalização do sistema

A personalização do sistema é fundamental nos sistemas de educação baseados na *web*.

Desde que o ensino à distância compreende grupos de alunos heterogéneos a estudar de forma interactiva em locais onde os professores não podem ajudar os alunos durante o processo de ensino.

A personalização do ensino á distância deve ser obtida com a integração de ITS com educação baseada na Web. Esta integração é feita principalmente com a aplicação da modelação dos componentes do aluno. A aplicação da modelação dos componentes do aluno tem por objectivo modelar o conhecimento do aluno, e as capacidades do domínio que são pensadas para adaptar as necessidades de instrução individual.

Os componentes de modelação do estudante de um ITS são responsáveis por executar duas funções principais:

1. Iniciar o modelo do aluno quando um novo aluno regista um ITS pela primeira vez.
2. Actualiza o modelo do aluno baseado em interacções entre o aluno e o sistema.

O processo de iniciação do modelo do aluno é de grande importância, para o processo de ensino, porque não parece razoável assumir que cada aluno inicia o processo de aprendizagem com o mesmo conhecimento, e as mesmas concepções do domínio pensadas pelo sistema educacional.

Conseqüentemente, o estudante pode ficar frustrado se o sistema demorar muito tempo para fornecer mensagens que são adaptadas para as suas reais necessidades, o sistema corre o risco de perder a credibilidade e, considerado desapropriado para ser usado por um estudante.

### **3.2.7.1. Técnicas de IA aplicáveis a ITS: Redes Bayesianas, “Aprendizagem-Máquina”<sup>3</sup> e Estereótipos.**

Nos anos 80 é também desenvolvida a maior parte do trabalho sobre redes neurais na tentativa de definir o que podia ser feito com estas redes e de aprender como as redes neurais diferem das técnicas tradicionais do conhecimento.

Com a realização destes estudos concluíram que, com a utilização de uma metodologia aperfeiçoada a estruturas teóricas, as redes neurais são comparadas a técnicas correlativas da estatística, do reconhecimento de padrões e da aprendizagem de máquinas.

Com a utilização deste tipo de conhecimento foi criada a rede Bayesiana.

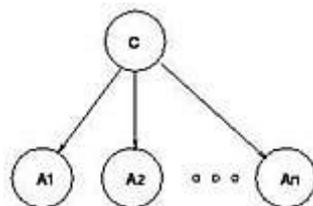
---

<sup>3</sup> Tradução do termo em inglês “learning machine”

Redes Bayesianas são diagramas que organizam o conhecimento numa dada área através do mapeamento de causa e efeito.

Os sistemas baseados em redes Bayesianas têm a capacidade de criar automaticamente prognósticos ou decisões, mesmo na situação de inexistência de algumas partes de informação.

A representação da Rede Bayesiana é feita através de um grafo direccionado acíclico. Neste grafo os nós representam variáveis de um domínio, um nó é condicionalmente independente de todos os outros nós na rede e os arcos representam a dependência condicional ou informativa entre as variáveis. Para representar a força da dependência, são utilizadas probabilidades, associadas a cada grupo de nós na rede (Russell e Norvig, 2004). Apresentação de exemplo de Rede Bayesiana na figura 8.



**Figura 8 – Exemplo de Rede Bayesiana**

A aprendizagem-máquina converge definitivamente para o modelo adaptável, permite que os componentes raciocinem e prevejam situações que não têm encontrado anteriormente. Este tipo de aplicação é semelhante a um teste padrão, ou um classificador.

A aprendizagem-máquina faz o exame a um jogo de entradas, e tenta determinar a que categorias pertencem. Isto pode ser aplicado, por exemplo, aos modelos de estereótipos do estudante.

Assim, a aprendizagem-máquina deve ser considerada como um gerador de modelos automáticos.

A aprendizagem-máquina é aplicável a uma variedade larga das tarefas dentro da modelação do aluno.

O objectivo dos estereótipos é determinar uma função que prediga melhorar o ambiente de aprendizagem do sistema. Os estereótipos são úteis para representar formas de raciocínio e comportamento humanas e possibilitar a construção de modelos mentais.

### **3.2.8. Hipertexto e Hipermedia**

Os sistemas tutores também são utilizados para o ensino á distância.

Outro recurso que se vem juntar às potencialidades destes sistemas é a utilização de navegação via hipertexto (Martin, 1992).

O hipertexto apresenta-se como uma técnica de navegação, onde o aluno dispõe de flexibilidade para determinar a sequência de apresentação das informações, ligado a uma cadeia sequencial de conteúdos que foram hierarquicamente construídos (Martin, 1992).

Como constatação dos resultados que podem ser obtidos aplicando-se hipertextos, basta verificar o sucesso do estilo de navegação aplicado na Web, que fez com que a Internet se propagasse mais rapidamente.

A hipermedia é uma extensão do hipertexto, que permite a introdução de recursos da multimédia como objectos activos na rede de navegação.

Uma rede hipermedia aplicada na construção de ITS permite a navegação através de *links* entre as diversas páginas que compõem o sistema. Estes são os objectos identificados pelo utilizador, que configuram os caminhos de conexão da rede.

### **3.3. Sistemas Adaptativos baseados na Web**

Segundo Oliver (1997), a Internet oferece a oportunidade para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem que conectam estudantes de forma individual em comunidades virtuais, compartilhando uma meta de aprendizagem comum.

Os sistemas tutores inteligentes e a evolução de hipermedia adaptativo abriram o caminho para o desenvolvimento dos sistemas educativos adaptativos baseados na Web.

#### **3.3.1. Sistemas Hipermedia Adaptativos**

A hipermedia adaptativa juntamente com outros campos da pesquisa contribuiu significativamente para o estabelecimento dos sistemas adaptativos.

Os sistemas adaptativos estão incluídos numa área de pesquisa que começou com alguns trabalhos pioneiros na área do hipertexto adaptativo.

O hipertexto atrai agora muitos investigadores de diferentes comunidades tais como, modelação do aluno, aprendizagem de máquinas, geração de linguagem natural, sistemas tutores, ciência cognitiva e educação baseada na Web (Brusilovsky, 2004).

Os hipermedia adaptativos e os sistemas adaptativos, integram – se na classe dos sistemas de software adaptativo.

As principais características de um sistema adaptativo são:

1. O facto de ser um modelo que representa o conhecimento do utilizador, os seus objectivos e interesses;
2. O facto de possuir características que permitem ao sistema distinguir os diferentes utilizadores.

Os dados que o sistema adaptativo colhe para o modelo do utilizador são provenientes das várias fontes que podem observar a interacção dos utilizadores, e o pedido de entrada do utilizador, exemplo na figura 9, Brusilovsky (2002).

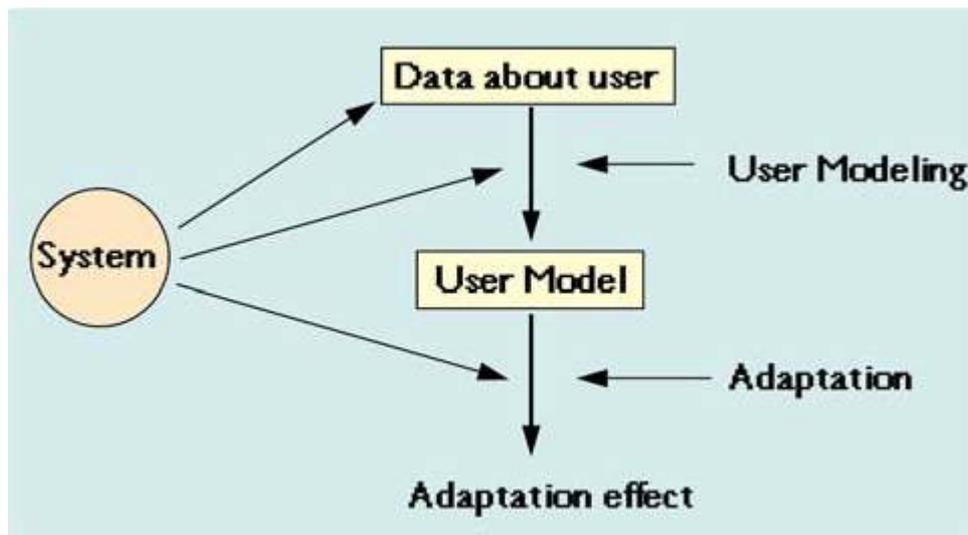


Figura 9 – Exemplo da estrutura de um *sistema adaptativo*

O modelo do utilizador neste sistema é usado para fornecer um efeito da adaptação, isto é, permitir a interacção entre diferentes utilizadores no mesmo contexto.

Para modelar a adaptação dos utilizadores estes sistemas utilizam frequentemente tecnologias inteligentes.

Porque se adapta automaticamente ao utilizador e porque cria um modelo do utilizador, um sistema adaptativo requer que o utilizador descreva claramente em que é que o sistema deve ser diferente relativamente aos seus conteúdos.

Hipermedia adaptativo e sistemas adaptativos são essencialmente colecções de itens interligados entre si, que permitem aos utilizadores navegar de um item para outro na busca de informação que consideram mais importante.

O efeito adaptativo do sistema neste contexto é bastante rígido e está limitado a três grandes adaptações tecnológicas que são:

- Selecção adaptativa de conteúdos;
- Suporte da navegação adaptativa;
- Apresentação adaptada.

Nestes sistemas quando o utilizador está à procura de informação relevante o sistema pode seleccionar e dar prioridade aos itens mais relevantes.

Quando o utilizador está a navegar de um nível para outro o sistema pode manipular os *links* (Por exemplo: esconder, reordenar e anotar) de forma a fornecer suporte adaptativo á navegação, desta forma, quando o utilizador chega a uma página particular, o sistema pode apresentar o seu conteúdo de forma adaptada.

Para a primeira geração (os " sistemas *pre-Web* "), de sistemas hipermedia adaptativos os factores mais importantes na área de investigação foram principalmente a apresentação e adaptação.

Ultimamente os investigadores dos sistemas hipermedia adaptativos e sistemas web exploraram numerosas "modelações do aluno"<sup>4</sup> para adaptação de métodos.

Os modelos do estudante dos sistemas de ensino podem também ser usados para aprendizagem de grupos de estudantes a trabalhar de forma interactiva, isto é, a aprendizagem pode ser alargada através do debate para resolver problemas com todos os estudantes que tem diferentes opiniões sobre os assuntos, ou saibam mais sobre um do tema que está a ser estudado.

---

<sup>4</sup> Tradução do termo em inglês "user modelling" (UM)

Os sistemas de ensino podem ser adaptados aos utilizadores com informações diferentes, a partir conhecimento prévio do assunto e objectivos da aprendizagem.

### **3.3.2. Sistemas Educativos Adaptativos (AES)**

Os Sistemas Educativos Adaptativos baseados na web têm por objectivo satisfazer as diferentes necessidades de muitos utilizadores ao mesmo tempo. Os sistemas web apresentam o mesmo material de aprendizagem aos estudantes com conhecimentos diferentes sobre um dado assunto.

Estes Sistemas web reúnem a oferta da mesma selecção "de artigos caracterizados" aos utilizadores com diferentes necessidades e preferências.

Por sua vez, sistemas AES compreendem três componentes de arquitectura fundamentais:

1. O modelo do domínio;
2. O modelo do utilizador;
3. Modelação do domínio do conhecimento.

O Modelo do Domínio contém o índice que é apresentado ao estudante juntamente, com todas as configurações que representam a informação estrutural no índice.

O índice é organizado nas unidades, semelhantes a capítulos ou a secções de livros. A informação estrutural pode ser adicionada ao índice ou ser organizada nas estruturas externas em *Interbook*, ou em artigos do conhecimento, ou em *Hyperbook*.

O Modelo do Utilizador é geralmente uma folha de prova do modelo do domínio, com os valores específicos do utilizador anotados para cada conceito. A maneira como estes valores são representados e mantidos varia entre sistemas.

As estratégias da adaptação ao modelo do domínio dos assuntos a ensinar são dadas a partir das observações no modelo do utilizador, ou nos resultados de regras de acção na adaptação do índice.

A Modelação do Domínio do Conhecimento, modela principalmente assuntos que os alunos querem aprender.

Há três razões que conduzem à necessidade de modelar o conceito do domínio em AES:

- Avaliação do conhecimento, e dos objectivos do utilizador respeitantes ao domínio, de modo a que a instrução possa ser construída de acordo com as necessidades e as capacidades do utilizador.
- Aplicação de regras aos alunos, sobre a maneira como obtém a informação modelada.

- Conversão do conceito de relacionamento, nas ligações de navegação mais significativas e semânticas, permitindo assim, reutilizar o índice em cenários diferentes de navegação.

### **3.3.2.1. Aplicação de Estereótipos do utilizador em AES**

Se a informação limitada no aluno for necessária para executar uma estratégia de ensino, duas técnicas podem ser utilizadas: estereótipos e redes bayesianas.

Os sistemas baseados em estereótipos identificam subgrupos de um conjunto de utilizadores, calculam, e enumeram as características chave do utilizador. Os estereótipos do utilizador observam as acções de entrada dos alunos no sistema, e tentam determinar todos os planos possíveis do utilizador para que as acções observadas possam ser concluídas.

Um plano é uma sequência de acções do utilizador que conseguem um determinado objectivo (Kobsa, 1993).

Entretanto, a modelação do aluno em AES apresenta as seguintes conceitos:

- Para criar um modelo do utilizador a motivação básica deve capturar a competência do utilizador relativamente a um determinado conhecimento;
- O conhecimento é dividido em vários conceitos e modelado de forma a que fique idêntico.

- Os conceitos são relacionados ao nível conceptual, e ao nível da apresentação, com ligações de navegação que acumulam muito pouca informação semântica.

Estas características, e a existência de um modelo do conhecimento independente da situação particular do aluno, indicam técnicas diferentes, todas baseadas na incerteza. A incerteza é um factor importante para representar o aluno, porque por exemplo, raramente um sistema pode estar certo que um estudante é 100% competente num determinado conceito ou estrutura do conceito.

### **3.3.2.2. Aplicação de Redes Bayesianas em AES**

As redes bayesianas são um modelo de representação do conhecimento que trabalham com o conhecimento incerto e incompleto, e podem ser usadas para facultar a propagação da informação do conhecimento dos alunos.

As redes bayesianas são usadas com frequência para descrever relacionamentos baseados em causas, mas podem também ser usadas para representar outro tipo de conexões, como a dependência do conceito que é comum em modelos do domínio do conhecimento (Jameson, 1995).

Contudo, os AES não foram testados suficientemente para domínios bem estruturados do conhecimento. Estes sistemas têm uma incapacidade, não têm modelo do aluno, capaz de responder ao estilo individual de aprendizagem do aluno de acordo com as suas necessidades pessoais, e baseado nas evidências fornecidas pelas acções do aluno.

Uma solução proposta por Brusilovsky para desenvolver sistemas com uma capacidade de adaptar o seu comportamento aos objectivos, às tarefas, aos interesses, e às outras características de utilizadores individuais e grupos de utilizadores são os Sistemas de Aprendizagem Adaptativos (ALS).

### **3.3.3. Sistemas de Aprendizagem Adaptativos (ALS)<sup>5</sup>**

Os ALS segundo, Sampson, (2002), Brusilovsky e Peylo, (2003) constituem uma das áreas principais onde as tecnologias de adaptação da web são utilizadas.

O objectivo dos ALS é fornecer aplicações e serviços personalizados individuais, utilizando sistemas educacionais tradicionais baseados na *web*, úteis aos estudantes.

Um sistema de aprendizagem adaptativo baseado na *web* faz recolha de dados sobre o estudante que trabalha com o sistema, cria um modelo do utilizador (Brusilovsky, 1999), usa-o para adaptar a apresentação do material do curso, a navegação no sistema, e a observação do estudante. Adapta o índice de uma página do hipermedia aos objectivos do conhecimento e a outro tipo de informação armazenada no modelo do utilizador.

---

<sup>5</sup> Tradução do termo em inglês “Adaptive learning systems” (ALS)

Hipermedia adaptativo, e sistemas adaptativos Web pertencem à classe dos sistemas de software de adaptação ao utilizador. Uma das características de um sistema adaptativo, é ter um modelo que represente o conhecimento do utilizador, os objectivos, os interesses, e outras características que permitem ao sistema distinguir entre diferentes utilizadores.

Um sistema adaptativo colecta dados para o modelo do utilizador das várias fontes que podem incluir implicitamente observação, e a interacção do utilizador, e explicitamente o pedido da entrada directa do utilizador no sistema.

Deste modo, o modelo do utilizador é usado para fornecer um efeito de adaptação, isto é, interacção entre diferentes utilizadores no mesmo contexto. Os sistemas adaptativos usam frequentemente tecnologias inteligentes para modelar a adaptação do utilizador.

Visto que um sistema adaptativo se adapta automaticamente ao utilizador, dando-lhe um modelo, por sua vez o sistema adaptativo pretende, ao mesmo tempo, que o utilizador especifique como o sistema deve ser (Manber, 2000).

Os hipermedia adaptativos e os sistemas adaptativos são principalmente colecções de artigos conectados de informação que permitem aos utilizadores navegar de um artigo para outro e procurarem por itens relevantes. O efeito da adaptação neste contexto razoavelmente rígido é limitado a três tecnologias principais de adaptação:

1. Selecção adaptativa do conteúdo;
2. Suporte adaptativo de navegação;
3. Representação adaptativa.

Assim, quando o utilizador procura por informação relevante, o sistema pode seleccionar quais os itens mais relevantes a adaptar sobre a informação pretendida.

Quando o utilizador navega de um artigo para outro, o sistema pode manipular os *links* para fornecer a sustentação adaptativa da navegação.

Quando o utilizador começa uma página particular, o sistema pode apresentar – lhe o seu índice adaptável.

Os ALS são desenvolvidos especificamente para serem usados por grupos de alunos sem o auxílio de um professor. A aprendizagem é desenvolvida por grupos de estudantes a trabalhar de forma interactiva, isto é, a aprendizagem pode ser ampliada através de discussões, para resolver problemas, com todos aqueles que tem diferentes opiniões sobre os assuntos, ou saibam mais sobre o tema que está a ser estudado.

Estes sistemas podem ser adaptados aos utilizadores com suportes diferentes, a partir, do conhecimento prévio do assunto e objectivos de aprendizagem.

Por sua vez, a tecnologia adaptativa de sustentação da navegação deve suportar a navegação e a orientação do estudante, mudando a aparência das ligações visíveis.

O sistema pode adaptar, classificar, anotar, ou esconder parte das ligações de uma página actual para que seja mais fácil a escolha da ligação seguinte.

### **3.3.4. Desenvolvimento e aplicações de Sistemas adaptativos Web**

Os Sistemas Adaptativos Web atraíram, consideravelmente a atenção de investigadores devido ao seu potencial para fornecer aplicações, e serviços personalizados para os cidadãos da sociedade do conhecimento (Brusilovsky e Maybury, 2002).

Os sistemas ALS constituem uma das áreas principais onde as tecnologias adaptativas web são usadas (Sampson, 2002), (Brusilovsky e Peylo, 2003).

O objectivo destas aplicações é fornecer aos estudantes serviços personalizados que utilizam sistemas educativos baseados na web, tradicionais, e individuais como os utilizados no modelo do aluno dos ITS. Os ALS tem por objectivo fazer a recolha de dados sobre o estudante que trabalha com o sistema, conceber um modelo do estudante e usa-lo para adaptar a apresentação do material do curso, fazer a navegação no sistema, e a observação do estudante. (Brusilovsky, 2002).

#### **3.3.4.1. O Modelo proposto por Brusilovsky**

O projecto apresentado por Brusilovsky surgiu como alternativa aos sistemas ALS

A pesquisa em IA na Educação, como um campo de aplicação da IA, desenvolve avaliações sistemáticas dos componentes do sistema, que geralmente tem como objectivo investigar as propriedades de algumas partes do sistema para que esta possa ser melhorada.

A decomposição abstracta da adaptação do modelo genérico proposto por (Brusilovsky, 2004) do sistema adaptativo indica dois processos principais (apresentados na figura 10) de nível elevado distintos, ou fases:

- Fase da “modelação do aluno”;
- Fase de “decisão da adaptação”

### **3.3.4.2. Fase da “Modelação do Aluno” (UM)**

A interacção entre o utilizador e o computador é considerada bastante significativa para esta aplicação particular.

O objectivo da fase da modelação do aluno, é tirar as conclusões de nível elevado, a respeito dos aspectos da interacção entre o aluno e o computador consideradas significativas para a aplicação, tais como:

- Detectar se o utilizador é incapaz de iniciar e/ou terminar uma tarefa;
- Detectar se o utilizador é desorientado e exhibe uma taxa de erro elevada;
- Ou, quando se trata de uma aplicação de ensino, perceber se o utilizador não compreendeu um conceito particular.

A UM é baseada usualmente na informação de ‘baixo nível’. Esta informação é fornecida através de um mecanismo de monitorização, que

inclui, por exemplo, iniciação e conclusão de uma tarefa, respostas, entre outras.

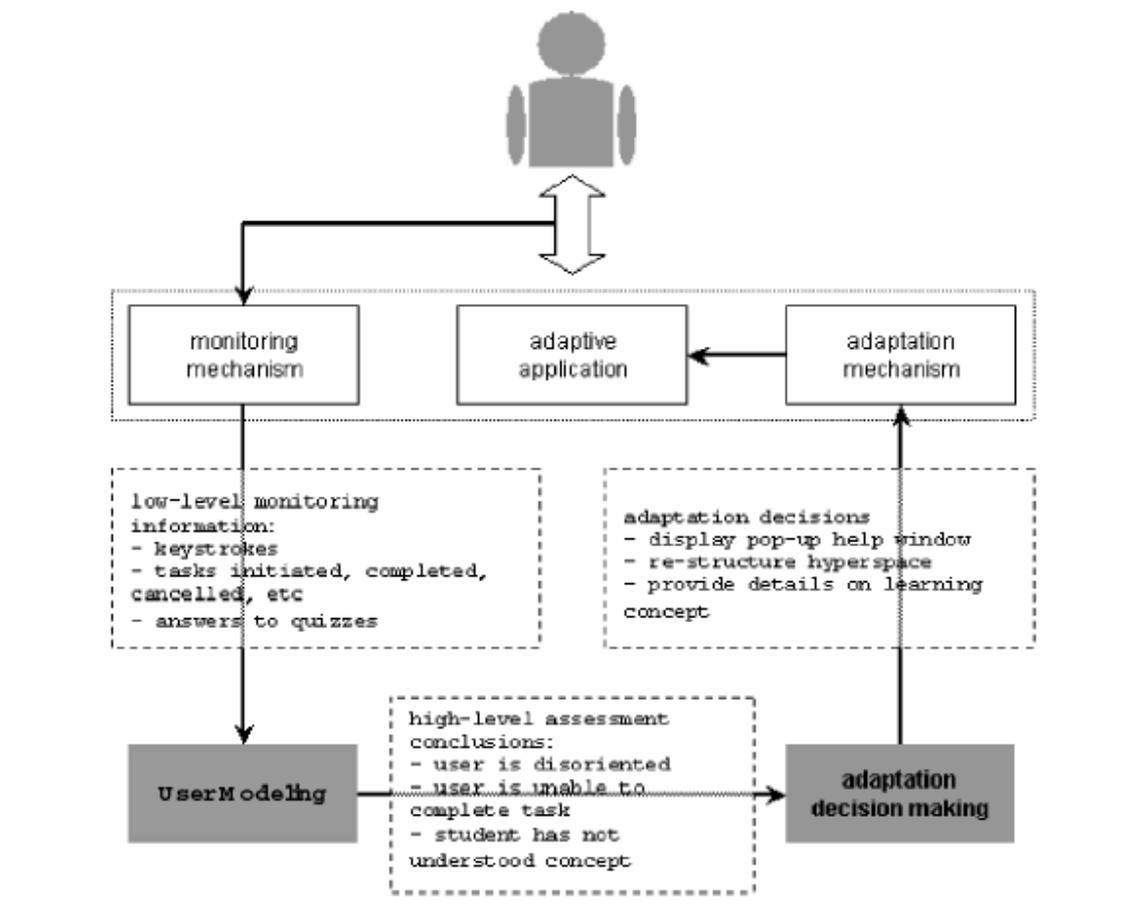


Figura 10 – Adaptação decomposta

O UM pode ter em conta alguns aspectos da interacção entre o utilizador e o computador,

Estes incluem:

- A natureza da aplicação;
- As tarefas que estão a ser executadas;
- O material educacional que está a ser apresentado;
- A plataforma e características da rede.

Não obstante, o processamento do UM, na maior parte dos sistemas existentes foca inteiramente as características dos utilizadores através de longos ou curtos prazos.

O resultado deste processo UM é reflectido no modelo do aluno (também designado por modelo do aluno no campo de sistemas tutores inteligentes). O modelo do aluno nestes sistemas recolhe a informação correspondente às características dos utilizadores que tem um significado importante para uma aplicação particular.

As aplicações adaptativas de hipermedia e hipertexto fazem geralmente exame aos objectivos do conhecimento do utilizador, da sua experiência e das suas preferências (Brusilovsky, 1996).

### **3.3.4.3. Fase de “decisão de adaptação”**

Nesta fase são seleccionadas as adaptações específicas, com base nos resultados da fase do UM, que refere que apontar melhora os aspectos seleccionados da interacção,

As decisões de adaptação podem por exemplo, resultar na apresentação de uma mensagem de *pop-up*, mensagem essa que ajuda o utilizador a completar uma tarefa.

A reestruturar o *hyperspace* e ajudar os utilizadores a navegar nele;

Ou a fazer provisão da explanação adicional para um conceito específico, por exemplo de uma aplicação educacional, (Brusilovsky, 2004).

A lógica da decisão é fazer a recolha baseada em regras de adaptação. Estas regras determinam que constituintes da adaptação devem ser seleccionados, de acordo com os resultados do processo do UM.

Em aplicações adaptativas de hipermedia e hipertexto, estas regras são responsáveis para:

- Texto e/ou multimédia;
- Apresentação adaptativa, e/ou a sustentação adaptativa da navegação

Estas regras de adaptação incluem também a capacidade de esconder a anotação dos links (Brusilovsky, 1996).

### **3.3.5. A avaliação da estrutura: Avaliação em camadas**

As práticas de avaliação actualmente, não consideram os componentes do processo de avaliação representados nas secções anteriores mas, as tentativas para avaliar o sistema adaptativo como um todo. Podemos então concluir que quando a adaptação tem sucesso é porque as duas fases, UM, e decisão de adaptação, foram bem sucedidas.

Por outro lado se a adaptação encontrada não tem sucesso, é porque pelo menos uma das fases não foi bem sucedida, e são ambas baseadas em pobres UM.

Ou então, ambas as fases são baseadas em bons UM, mas com a decisão de adaptação desapropriada. (Brusilovsky, 2004).

Como resposta para esta hipótese podemos considerar, o caso em que as decisões da adaptação razoáveis estão baseadas em bons UM, mas indicam erro do utilizador.

A avaliação em camadas<sup>6</sup> da estrutura, em que o sucesso da adaptação é avaliado em camadas diferentes, reproduz os processos ou fases principais da adaptação representado na figura 10.

---

<sup>6</sup> Tradução do termo em inglês “layered evaluation”

Esta estrutura fornece a introspecção e o sucesso de cada uma das fases da adaptação, facilitando deste modo o aperfeiçoamento de aplicações e de serviços adaptativos, e contribui também para a generalização dos resultados da avaliação através de aplicações diferentes.

### **3.3.5.1. Avaliação da “modelação do aluno” UM**

Neste nível apenas o processo UM é avaliado.

Esta fase pode ser avaliada, através de testes do utilizador, em que os peritos podem orientar os alunos enquanto trabalham com o sistema, através da comparação da sua opinião, com as características do aluno, e com as conclusões que estão armazenadas no modelo do aluno (Manouselis e Sampson, 2003).

Adicionalmente os alunos também podem avaliar se as conclusões tiradas pelo sistema num exemplo particular reproduzem as suas reais necessidades, porque num sistema com design interactivo os colaboradores adaptativos do sistema começam uma avaliação contínua de um sistema, antes que a avaliação esteja completamente desenvolvida.

O processo de avaliação do UM pode também fornecer detalhes necessários a respeito do modelo do aluno.

Por exemplo a fase de análise das exigências pode indicar que o conhecimento do aluno deve ser classificado em três classes: principiante, intermediário e perito. A fase do UM pode indicar que esta classificação deve ‘ser reduzida’, desde que as conclusões actualmente desenhadas classifiquem sempre os utilizadores como principiantes ou peritos, ou

informar que a avaliação indica que mais conclusões devem ser desenhadas e a classificação deve contemplar mais níveis de conhecimento.

Este processo pode informar e melhorar significativamente o design interactivo e a fase do desenvolvimento do sistema adaptativo.

Uma vez que o UM foi avaliado separadamente, se este processo foi considerado satisfatório, os seus resultados podem ser generalizados. E as conclusões tiradas pelo processo do UM baseados na informação de monitorização de baixo nível, podem ser utilizadas de novo em contextos semelhantes, com diferentes módulos de decisão (Manouselis and Sampson, 2003).

### **3.3.5.2. A avaliação da “decisão de adaptação “**

Neste nível apenas a decisão de adaptação é avaliada. O que se pretende saber é se as decisões de adaptação são válidas para o modelo do utilizador.

Esta fase pode ser avaliada através do teste do aluno, baseado em cenários específicos. Uma adaptação baseada no conhecimento do aluno pode ser avaliada por teste directo.

Os alunos e os peritos podem avaliar se as adaptações específicas colaboram para a qualidade da interacção, isto é, fazem a adaptação seleccionada da apresentação da informação, e melhoram a qualidade do sistema.

Por um lado, esta avaliação não pressupõe que a fase do UM quando foi desenvolvida tenha autorizado esta avaliação.

Mas, por outro lado, se a fase de decisão de adaptação foi avaliada separadamente e bem sucedida, os seus resultados podem ser generalizados, e pode-se então, concluir que a prática do projecto adoptada na aplicação particular, como está ponderada na lógica da adaptação, pode ser reutilizada através de aplicações semelhantes, ou até com processos diferentes do UM (Karampiperis e Sampson, 2004).

### **3.3.6. “Avaliação em camadas” ou “Avaliação da anotação adaptativa da ligação em InterBook”**

Nesta secção pretende-se demonstrar alguns benefícios da avaliação em camadas num caso prático. Pretende-se assim fornecer informação sobre a forma como a avaliação em camadas de sistemas adaptativos pode ser executada, e demonstrar que a utilização da avaliação em camadas pode ajudar a interpretar dados empíricos e a guiar estudos adicionais.

#### **3.3.6.1. O link adaptativo da anotação em interbook: a tecnologia**

O *link* adaptativo da anotação é uma tecnologia popular da adaptação na área de sistemas adaptativos do hipermedia. O seu objectivo é ajudar os utilizadores a separar as ligações mais relevantes no processo da navegação, juntamente com tecnologias da ligação, que classifica e que pertence ao grupo de tecnologias adaptativas da estrutura em camadas (Brusilovsky, 1996).

Os objectivos da tecnologia adaptativa da anotação são:

- Aumentar as ligações com anotações;
- Fornecer alguma informação adicional;
- Dar mais informação ao aluno sobre o estado actual dos “nós” através das ligações anotadas.

Estas anotações são adaptativas mas dependem do estado actual do modelo do aluno, dado que diferentes alunos podem ver diferentes anotações: cores, tamanho e tipo de fontes. Este tipo de anotações depende do estado do modelo do utilizador

*O InterBook* faz uma aproximação ao conceito baseado, às anotações adaptativas que tem em consideração o conhecimento do utilizador, e os conceitos do domínio que são elementos para o conhecimento sobre o domínio.

Todos estes conceitos são perceptíveis aos utilizadores através de uma página do glossário. A descrição de cada conceito é individualmente acessível como uma página do glossário. Na figura 11, a janela do glossário de *InterBook* mostra uma entrada do glossário para base de dados.

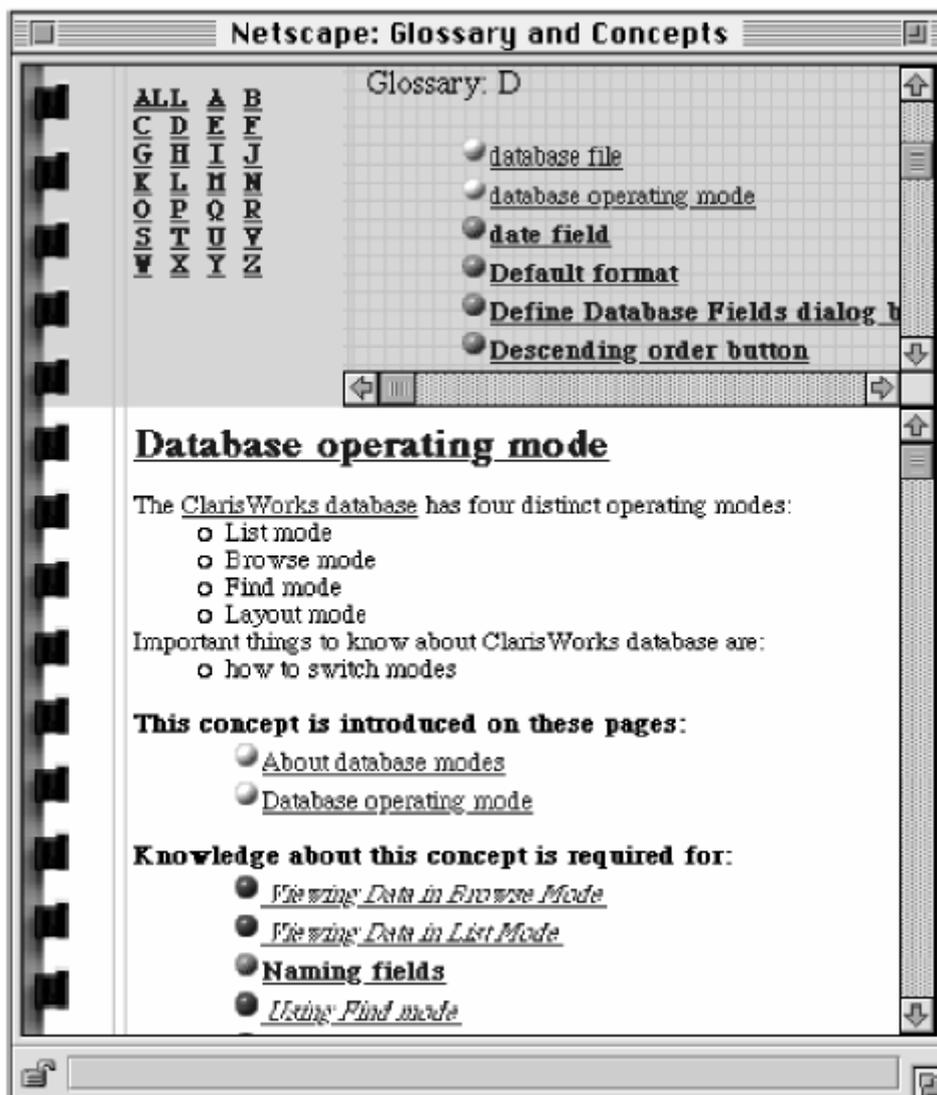


Figura 11 – Janela do glossário de interbook mostrando uma entrada do conceito do glossário da base de dados

Assim, um autor de um *textbook* electrónico pode descrever uma lista de resultados importantes, e de conceitos pré requisitados para cada secção do livro. Um conceito está relacionado como um conceito do resultado se, alguma das partes desta secção apresentar a parte de conhecimento denominada pelo conceito.

A avaliação em camadas de sistemas de aprendizagem adaptativos de *InterBook* visualiza relacionamentos entre conceitos e páginas, concebendo as ligações entre páginas do glossário, e secções do *textbook*.

As ligações são fornecidas às páginas correspondentes do glossário por cada sessão do livro, e para cada um dos conceitos envolvidos.

Cada uma das páginas do glossário que descreve um conceito *InterBook*, fornece as ligações a todas as outras páginas do livro, que podem ser usadas para apreender, ou depender deste conceito (figura 12).

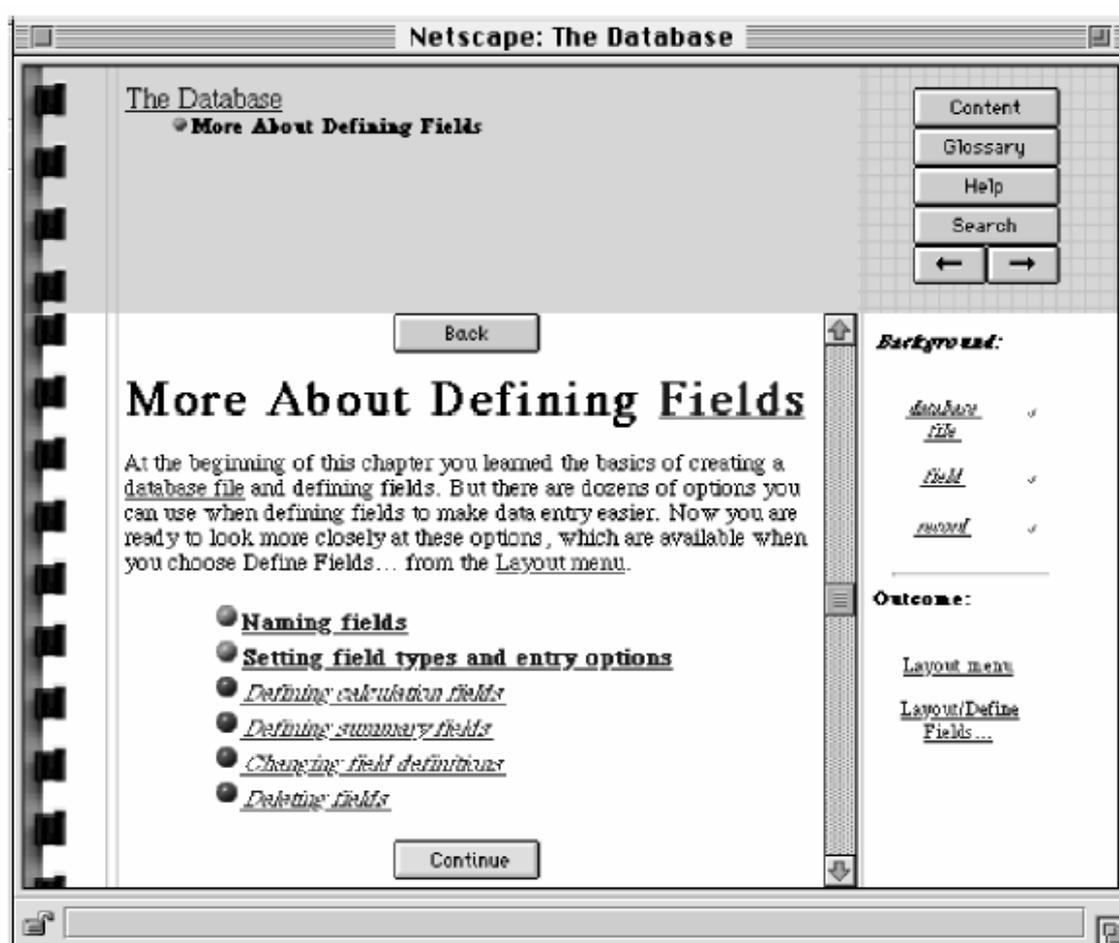


Figura 12 – Um conceito está registrado como pré requisito, se um estudante tiver que saber este conceito para entender o índice da secção

A anotação da ligação adaptativa em *InterBook*, tem como objectivo comunicar ao utilizador, o conteúdo educacional actual de todas as ligações, e das páginas do glossário.

As ligações para registar páginas são anotadas com “balas”<sup>7</sup> de cor diferente, e de “fonte” de géneros diferentes, conforme os seguintes exemplos:

- Uma bala vermelha, e uma fonte bold dizem ao aluno que a página posterior a estes links não está pronta para ser estudada (não recomendada);
- Uma bala verde e a uma fonte bold dizem ao aluno que a página está interessante e pronta ser estudada (recomendada);
- Uma bala branca e uma fonte bold regular dizem que a página não tem nenhum conceito novo.

Para nós já visitados é adicionada uma marca de controlo. Todas as ligações às páginas do glossário são anotadas com os *visto* de vários tamanhos.

O tamanho do *visto* que anota uma ligação a este conceito de página, dá uma estimativa ao sistema, do conhecimento do utilizador sobre o conceito. Diferentes tamanhos do *visto* reproduzem diversos níveis do conhecimento, que são reconhecidos pelo sistema.

---

<sup>7</sup>Tradução do termo em inglês “*bullets*”

Consequentemente, à medida que o conhecimento do estudante, sobre determinado assunto melhora, as anotações mudam, e aparecem mais *vistos* perto das ligações às páginas do glossário. Quando os *visto* crescem, as balas que eram na origem verde e branco transformam-se em balas vermelhas e depois brancas.

### **3.3.6.2. A anotação adaptável da ligação em InterBook decomposta**

A estrutura em camadas da avaliação proposta, processo da anotação adaptável em *InterBook* pode ser dividida em duas partes:

1. A primeira parte tem como objectivo avaliar o conhecimento do aluno, dos conceitos, e dos estados educacionais das páginas do livro.
2. Em *InterBook* a peça do núcleo do modelo do aluno, representa níveis do conhecimento do utilizador, sobre conceito do domínio.

O sistema diferencia variados níveis do conhecimento do utilizador e do conceito.

Os dois primeiros níveis que são mais importantes para a estrutura adaptável da anotação são “desconhecido” e “conhecido”.

Através da atenção prestada à actividade de pesquisa do utilizador, é que são recolhidos os dados de fonte, para o processo do UM.

O mecanismo do UM presume que o aluno lê todas as páginas que, observou durante algum tempo.

Numa página que está pronta a ser aprendida e é lida, todos os conceitos desconhecidos do seu resultado passam a ser conhecidos.

O conceito do conhecimento é a chave da avaliação do estado educacional das páginas do livro.

Uma página que tenha pelo menos um pré requisito desconhecido é considerado que não está pronta para ser apreendida.

Se uma página não tem nenhum pré requisito desconhecido, e tem pelo menos um conceito desconhecido do resultado, é considerado que está pronta e é recomendada.

Uma página que não tenha nem resultados desconhecidos nem pré requisitos desconhecidos é julgada como não tendo nada novo. Uma página pode ser movida, mesmo que nunca tenha sido visitada.

O aluno tem que aprender o resultado dos seus conceitos na segunda parte do processo da adaptação.

O Resultado do processo de modelação do aluno, e o conhecimento dos conceitos, e de estados educacionais da página do livro, é transferido para a segunda parte do processo da adaptação.

Este processo em Interbook fornece menos adaptação intrusiva, simplesmente escolhendo ícones diferentes para as ligações aos nós. Quando são feitas as ligações às páginas do glossário, uma ligação a um conceito desconhecido não é anotada, mas uma ligação a um conceito conhecido é anotada com um *visto* pequeno.

É muito importante para este processo forçar a UM a fazer com que a, decisão da adaptação, em *InterBook* seja razoavelmente independente, porque a relação entre estes processos é o modelo do estudante, um vector que reúne o valor do estado, para cada página do conceito, e para cada página do livro.

O processo do UM cria e actualiza estes dados, e o processo de decisão da adaptação usa estes dados para gerar o efeito da adaptação.

### **3.3.6.3. Estudo de avaliação de InterBook**

O objectivo da avaliação de *InterBook* é analisar como o bom utilizador que modela a parte do sistema, pode prever informação sobre o nível do conhecimento dos utilizadores, e os estados educacionais individuais de páginas electrónicas.

Para verificar se o estado educacional de uma página (isto é pronta, não pronta, ou nada novo) prevista pelo sistema, estava em conexão com o desempenho na página.

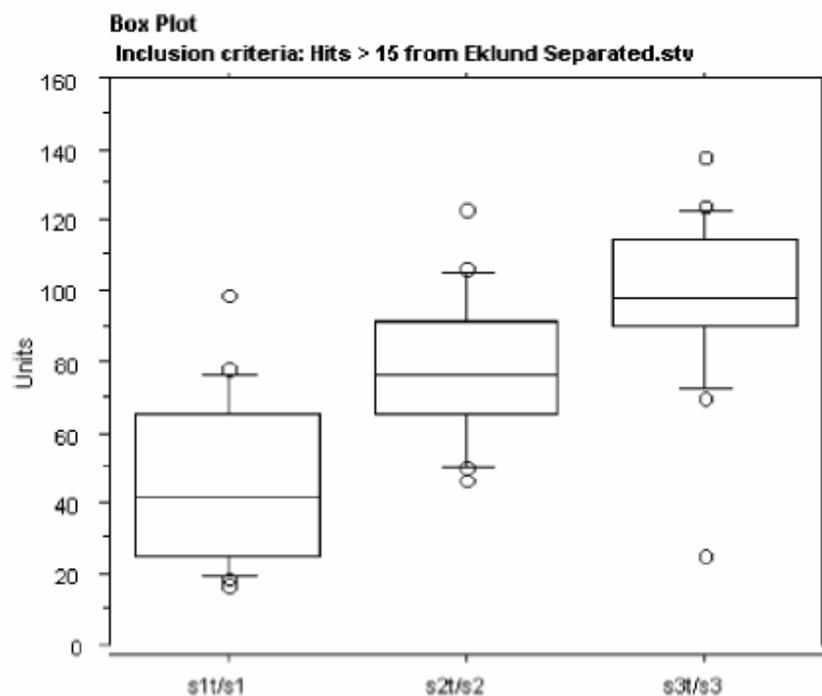
O tempo médio gasto por um utilizador em páginas de cada um dos três tipos possíveis foi analisado num estudo realizado por Brusilovsky.

O resultado desse estudo indica que:

O tempo médio gasto numa página “não pronta”, é superior ao tempo ao tempo gasto para uma página pronta.

O tempo médio gasto numa página “nada novo”, é inferior ao tempo médio gasto nas outras páginas.

As páginas eram de tamanho idêntico, o tempo médio da leitura fornece uma avaliação sobre a dificuldade que os estudantes têm em cada página.



s1t/s1 denotes 'nothing new' pages, s2t/s2 ready pages, and s3t/s3 'not ready' pages.

Figura 13 – O tempo médio da visita da página (segundos). É importante anotar que os resultados representam 'o valor real' do estado pedagógico de uma página.

Estes dados indicam que o processo do UM, que prediz um estado educacional das páginas, trabalha perfeitamente bem.

Neste sistema uma página classificada como 'nada novo' pode ser lida muito mais rapidamente porque não tem nenhuma informação nova.

Uma página classificada como 'não pronta' é muito mais difícil de compreender porque alguma informação pode ter faltado.

### **3.4. Avaliação em camadas, do sistema adaptativo baseado na web - KOD**

Nesta secção, pretende-se dar um exemplo de como se deve planear a avaliação em camadas de sistemas de aprendizagem adaptativa. Apresenta-se o sistema KOD, com o objectivo de demonstrar como a sua adaptação

pode ser decomposta, e o sistema pode ser avaliado usando a avaliação em camadas.

KOD (knowledge-on-demand) é um sistema da aprendizagem adaptativo, que fornece um índice personalizado baseado na web, construído com tecnologias de ensino específicas (Sampson, 2000).

O sistema KOD foi construído com o objectivo de aprender especificações de tecnologia.

A especificação IMS content packaging (CP) permite aos utilizadores descrever e estruturar os objectos de aprendizagem usando um formato comum (IMS Global Learning Consortium, 2001).

O conteúdo de cada pacote inclui:

- Os objectivos de aprendizagem incluídos no pacote;
- Um ficheiro XML que descreve a sequência dos objectos de aprendizagem incluídos no pacote.

Esta sequência de objectivos é estática, com nenhuma potencialidade de incorporar a lógica da adaptação num conteúdo do pacote.

Como consequência, os utilizadores alcançam a mesma sequência de objectivos de aprendizagem ao navegar através do conteúdo de um pacote.

Reconhecendo as limitações destas execuções em encontrar as necessidades exigidas de ajustes educacionais actuais, o sistema KOD desenvolveu o (knowledge Packaging Format) (formato do conhecimento empacotado) (KPF), de modo que pudesse suportar a descrição e definição da lógica da adaptação (Sampson, 2000).

As regras de adaptação determinam que objectos da aprendizagem do pacote do conhecimento devem ser seleccionados para cada utilizador, de acordo com o seu perfil particular.

A fase da demonstração e da avaliação do projecto envolveu o desenvolvimento e avaliação de pacotes diferentes do conhecimento.

Os objectivos de aprendizagem do pacote do conhecimento devem ser seleccionados para cada aluno de acordo com o seu perfil (Sampson, 2000).

Depois dos métodos ' tradicionais ' da avaliação de ambientes adaptativos de aprendizagem, a avaliação do sistema KOD passou pelas seguintes fases:

- O sistema KOD foi instalado em sites de demonstração;
- Um grupo de utilizadores trabalharam com o sistema (adaptativo) KOD, isto é teve acesso a material adaptativo de aprendizagem através de pacotes de conhecimento;
- O mesmo, ou um grupo diferente dos utilizadores trabalharam com o sistema (não adaptativo), isto é teve acesso a material de aprendizagem através dos conteúdos dos pacotes;
- Ambos os grupos foram avaliados de acordo com critérios pré seleccionados, para avaliar se a adaptação era bem sucedida.

UM dos sistemas da aprendizagem indicou que KOD é 'superior', por exemplo nos termos da eficácia da aprendizagem, e como consequência a adaptação do sistema KOD é considerada bem sucedida.

Se, fosse provado que o sistema KOD era menos eficaz, tinha acontecido por exemplo que:

- O modelo do utilizador do sistema KOD não é apropriado, as conclusões feitas pelo sistema KOD para as preferências do utilizador não estavam correctas;
- O modelo do utilizador KOD é satisfatório, mas as regras instrutivas do projecto incluídas no pacote não foram bem sucedidas.

Um dos objectivos principais da descrição do sistema KOD é fazer o intercâmbio do material da aprendizagem junto com regras instrutivas de adaptação. A estrutura proposta está baseada numa decomposição do primeiro nível da adaptação descrita na figura 10.

Como consequência deste intercâmbio, é necessário avaliar estas regras de adaptação, de modo a que possam ser reutilizadas, e adoptar aproximações da avaliação em camadas, desde que se possa assegurar a eficácia das regras da adaptação, antes que seja feito o intercâmbio e a reutilização.

### ***3.5. Diferenças entre Sistemas Educativos Inteligentes e Sistemas Educativos Adaptativos***

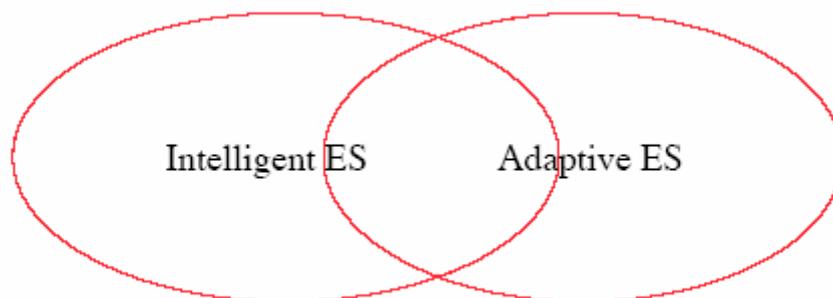
Os Sistemas Educativos são sistemas que aplicam técnicas do campo da Inteligência Artificial, para dar melhor sustentação para os utilizadores dos sistemas educativos baseados na Web.

As tecnologias Adaptativas e Inteligentes são essencialmente maneiras diferentes de adicionar a funcionalidade adaptável ou inteligente a um sistema educacional.

Os sistemas Inteligentes fornecem o mesmo diagnóstico em resposta para a mesma solução de um problema independentemente da experiência que o estudante tem com o sistema.

Os Sistemas Educativos Adaptativos são sistemas que são diferentes para estudantes ou grupos diferentes de estudantes, estes sistemas fazem a avaliação da informação acumulada nos modelos do estudante ou do estudante do grupo.

A maior parte dos sistemas podem ser classificados de inteligentes e adaptativos (figura 14), porque os limites entre inteligente e adaptativos não está ainda bem definido, e ambos os grupos tem muito interesse para a comunidade da Inteligência Artificial aplicada à Educação (Brusilovsky,2003).



**Figura 14** – Relacionamento entre sistemas educativos adaptáveis e inteligentes

## **4. Contributos e Tendências actuais da IA no ensino**

Neste capítulo faz-se uma abordagem aos contributos da IA, dentro da área de pesquisa da inteligência artificial aplicada ao ensino

### **4.1 Contributos da IA no ensino**

A Inteligência Artificial na Educação (AI-ED) trata de aplicações de técnicas da IA a problemas educacionais, com o objectivo de construir modelos e arquitecturas que possam levar a uma aprendizagem mais eficaz, tendo portanto um impacto social importante.

Um sistema de AI-ED é um sistema computacional para o ensino que tem algum grau de tomada de decisão autónoma em relação às suas interacções com os estudantes.

O objectivo central da Inteligência Artificial, que tem constituído um forte contributo para a educação, foi e continua a ser a necessidade de incorporar nos programas e sistemas informáticos conhecimentos e capacidades normalmente associadas ao ser humano.

O uso da Internet no ensino representa um processo de construção do conhecimento. É algo que implica a criação de ambientes voltados para a socialização, a gestão compartilhada de informações e a criação de uma memória colectiva compartilhada, permitindo a interacção entre os alunos.

Educação à Distância (EAD), pode permitir que os alunos fiquem em casa ou noutra local de aprendizagem conveniente e conectados a redes de informações e software com diferentes oportunidades de aprendizagem.

Uma questão que favorece a utilização de qualquer sistema integrado de educação, é a capacidade do sistema avaliar ao longo de todo o processo as dificuldades, a aprendizagem e a evolução do aluno.

### **4.2 Tendências actuais da IA no ensino**

Nos anos 80, depois do sucesso da IA aplicada em sistemas especialistas, a pesquisa em Inteligência Artificial Aplicada ao Ensino (IA-ED) desenvolveu os ITS.

Os ITS foram utilizados com a ideia de implementar os métodos educacionais tradicionais que propunham objectivos de ensino bem definidos, que faziam parte do currículo escolar tradicional, em que os alunos podiam ser avaliados pelos testes modelo existentes. Dessa forma os ITS podiam melhorar significativamente a qualidade de aprendizagem dos alunos.

Os Sistemas Tutores Inteligentes usam o domínio sobre o conhecimento a ser ensinado ao estudante, e sobre estratégias, que tem como objectivo, obter um ensino individualizado.

A visão unificadora sobre o papel da Automação e depois sobre o da própria informática determinou, no início da IA, a concepção de Agente só e isolado, dependente do seu interlocutor humano.

A aplicação de Agentes Inteligentes aos Sistemas Tutores Inteligentes possibilitou interações mais próximas entre os alunos e o sistema tutor.

Os anos 90 caracterizam-se pelo aparecimento de novas abordagens de estudo e da construção de entidades inteligentes reflectindo várias mudanças de área da Inteligência Artificial Aplicada à Educação.

As transformações nas formas de comunicação e de intercâmbio de conhecimentos, desencadeados pelo uso de tecnologias digitais na sociedade contemporânea, provocam uma reformulação das relações entre ensino e aprendizagem.

Dentro da área de pesquisa da IA-ED vários modelos têm sido propostos, tais como, ambientes de ensino inteligentes e aprendizagem apoiada por computador, e muitos sistemas têm sido construídos dentro de cada modelo. Dentro desta área também tem sido propostas tecnologias computacionais inovadoras tais como hipermedia, realidade virtual e Web.

Os ambientes de ensino tentam implementar um método de ensino baseado na investigação, e representam uma mudança nos objectivos de ensino e nos métodos, focando tópicos que não fazem parte do currículo tradicional. A aprendizagem pode ser entendida como grupos de estudantes a trabalhar de forma interactiva, isto é, a aprendizagem pode ser ampliada através de discussões para resolver problemas com todos aqueles que tem diferentes opiniões sobre os assuntos, ou saibam mais sobre um assunto que está a ser estudado. Nestes sistemas de ensino, estudantes trabalham em conjunto através da utilização de uma rede de computadores.

O professor poderá assimilar uma série de informações, e conduzir os seus alunos na aquisição de novos conhecimentos, contando com a ajuda de

formas alternativas de educação à distância via Internet e a utilização de ITS caracterizados por incorporarem técnicas de IA (McArthur, 1993).

A Internet oferece a oportunidade para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem que conectam estudantes de forma individual em comunidades virtuais compartilhando uma meta de aprendizagem comum, e tem aberto fronteiras para a educação porque oferece um ambiente perfeito para servir de suporte aos sistemas para o ensino à distância.

Um factor importante para o ensino está no facto da Internet ser essencialmente assíncrona e estar constantemente em construção. Neste contexto, existem as redes de ensino assíncronas (*Asynchronous Learning Networks*) (ALN) (Bourne 1998), onde os estudantes podem estudar a qualquer momento, a qualquer hora e em qualquer lugar.

A utilização de Agentes Inteligentes nos sistemas possibilita interacções mais próximas entre os alunos e o sistema.

Os Agentes Inteligentes estão adaptados para a resolução dos problemas do utilizador comum. A internet conta com diversas iniciativas que utilizam Agentes.

Um método de ensino que tem sido bastante discutido nos últimos anos é baseado em investigação.

Os sistemas baseados em métodos de investigação tem como objectivo explorar aspectos que os sistemas ITS tradicionais não consideraram. Estes sistemas podem ser entendidos como Intelligent Learning Environments (Ambientes de Ensino Interactivos) (ILE) (McArthur, 1993).

Os principais princípios associados a estes ambientes são: construção e não instrução; o controle é do estudante e não do tutor; a individualização

determinada pelo estudante e não pelo tutor; o conhecimento adquirido pelo estudante é resultado das suas interacções com o sistema e não com o tutor.

O objectivo destes sistemas consiste em explorar o facto de que os estudantes podem aprender mais através da construção do seu próprio conhecimento, e dar mais liberdade ao estudante para controlar as suas interacções no processo de aprendizagem. Nestes sistemas o tutor deve apenas actuar como um guia, e a informação adquirida sobre a prestação do aluno resulta das escolhas e acções do aluno no ambiente de ensino, e não da avaliação feita pelo tutor.

A personalização da informação do sistema deve ser o resultado da interacção com o ambiente.

Estes princípios representam, uma mudança dos ambientes de ensino dos ITS para ambientes ILE.

Este processo de aprendizagem passa a estar centrado no aluno e não no tutor. Para o desenvolvimento deste processo é necessário o uso de uma nova gama de ferramentas computacionais, tais como, vídeo interactivo ou outras representações gráficas.

### **4.3. Agentes Inteligentes**

Nesta secção abordamos o conceito de Agente, ambiente e tarefas. Fazemos referência aos Agentes Inteligentes, e à importância da utilização destes Agentes (Bradshaw, 1997) em Sistemas Tutores Inteligentes, apresenta-se ainda, um modelo de ITS com aplicação do Agente

Pedagógico Dóris, que é o desenvolvimento do projecto Institucional de pesquisa de ensino à distância da UNISC (Universidade de Santa Cruz do Sul - Brasil).

### **4.3.1. Conceito de Agente**

Segundo Costa (2004), Agente é toda a entidade capaz de interagir com o ambiente guiado, em geral por objectivos. Um Agente tem mecanismos que permitem recolher informação de um ambiente, actuar sobre o ambiente, e processos que lhe permitem decidir qual a melhor acção a realizar.

Um dos principais objectivos das Ciências da Computação é a construção de Agentes que apresentem alguns aspectos da inteligência humana.

Uma visão actual, de IA, refere que esses Agentes podem reproduzir o comportamento humano inteligente na sua totalidade.

A visão mais conservadora sustenta ser capaz de construir Agentes que possam exhibir alguns aspectos do comportamento humano inteligente. (Wooldridge, Jennings, 1994)

A nível estrutural um Agente tem mecanismos que lhe permite recolher informação de um ambiente, actuar sobre o ambiente, e tem métodos que lhe permitem determinar qual a melhor decisão a adoptar relativamente a uma tarefa ou ambiente, (figura 14) (Costa, 2004).

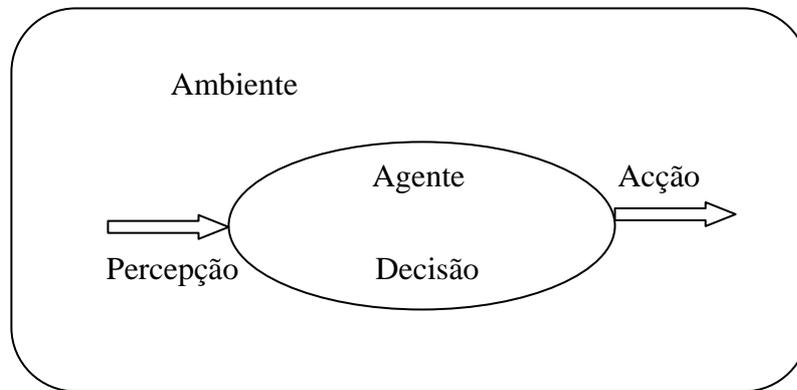


Figura 15 – Arquitectura de um Agente

#### 4.3.2. Tarefas que um Agente tem que realizar

Um agente tem que realizar variadas tarefas, que são:

1. Decisão – o Agente tem de adoptar processos de decisão;
2. Mudança – o Agente tem que efectuar algumas mudanças que podem ser ao nível do Agente ou ao nível do próprio ambiente, alterando as suas próprias estratégias;
3. Interação – o Agente tem que interagir com o ambiente para realizar, algumas tarefas que só assim podem ser resolvidas;
4. Imposições – algumas das tarefas são determinadas principalmente pelo ambiente (Costa, 2004)

### 4.3.3. Ambientes

Os Agentes enfrentam diferentes tipos de ambientes, a complexidade dos ambientes depende principalmente da complexidade do Agente. Um ambiente pode ser classificado como:

- Acessível – um ambiente é acessível se o Agente puder retirar do ambiente toda a informação que precisa;
- Determinista – quando o desenvolvimento do ambiente não pode ser estabelecido de forma única a partir da situação corrente e da acção do Agente;
- Estático – Se o ambiente não se altera quando o Agente está a decidir a acção a executar.

### 4.4. Agentes inteligentes

Os Agentes Inteligentes actuam permanentemente sobre um ambiente, com o propósito de satisfazer um conjunto de objectivos. Para conseguir estes objectivos e para realizar as diferentes tarefas que se propôs, ou que lhe foram propostas, o Agente Inteligente tem que construir um modelo conceptual de representação do conhecimento (Russell e Norvig, 2004).

Porque interage com o ambiente através das representações que possui, o Agente também tem que ter um mecanismo de raciocínio. A inteligência está relacionada principalmente com uma acção racional, então um Agente

deve adoptar a melhor acção possível em qualquer situação (Russell e Norvig, 2004).

### **4.4.1. Agentes pedagógicos**

No caso particular dos desenvolvimentos de ITS, os Agentes também são considerados como Agente pedagógicos.

O termo Agente pedagógico é usado para designar o Agente que é projectado para comportar aprendizagem humana, este Agente interage com os estudantes com o objectivo de facilitar a aprendizagem (Johnson, 1998).

Apesar dos Agentes Pedagógicos Terem sido construídos com bases nas pesquisas dos ITS, eles trazem uma nova perspectiva para facilitar a aprendizagem on-line e discutem assuntos que os ITS anteriores não desenvolveram.

Os Agente pedagógicos adaptam as suas interacções de ensino às necessidades dos alunos, e ao estado actual do ambiente de aprendizagem, este Agente ajuda o estudante no aproveitamento das oportunidades de aprendizagem e a superar as suas necessidades.

Contrastando com os ITS que apenas são capazes de interagir com o estudante, estes Agentes podem colaborar com os estudantes e com outros Agentes, integrando acções de ensino.

Os Agentes Pedagógicos são apropriados para comunicar ininterruptamente com os estudantes durante seu trabalho. (Elliot, Rickel, Lester, 1997).

Os Agentes pedagógicos animados têm a capacidade de criar respostas emotivas na interacção com os estudantes. Comportamentos emotivos, tais como expressões faciais e linguagem corporal podem chamar a atenção, motivar e aliviar a frustração do estudante com a "empatia" do Agente (Lewis, 1998).

Os Agentes Pedagógicos possuem:

- Um conjunto de normas e objectivos de ensino;
- Estratégias de ensino para o cumprimento desses objectivos;
- Recursos relacionados nos ambientes de aprendizagem (Giraffa, 1998).

Com o objectivo de facilitar a distribuição de tarefas pedagógicas no encadeamento das sessões de ensino, foi adaptado aos ITS o conceito de Sistema Multi-Agente (SMA). Este conceito transmite a ideia de uma abordagem de ensino baseada em Agentes para representar o conhecimento pedagógico e o seu uso no contexto do ensino.

### **4.5. Aplicação de Agentes Inteligentes em ITS**

A utilização de Agentes inteligentes (Bradshaw, 1997) em Sistemas Tutores Inteligentes possibilita interacções mais próximas entre os alunos e o sistema Tutor.

No contexto da actividade de ensino, os Agentes inteligentes são considerados Agentes pedagógicos (Girrafa, 1998). O Agente pedagógico está inserido num ambiente de ensino à distância que utiliza um ITS para aprendizagem de um domínio específico.

### **4.6. Engenharia de software orientada para Agentes**

Na arquitectura de um ambiente de actuação do Agente pedagógico cada componente do ambiente pode ser implementado como um agente independente, a quem são delegadas tarefas individuais ou podem existir em ambientes contendo outros agentes. Neste caso, eles tem de comunicar, cooperar, e coordenar acções. Para facilitar a comunicação dinâmica entre os Agente a transformar os dados e aplicativos em elementos úteis, legíveis e compreensíveis para o software surge a necessidade do uso de ontologias em aplicações *web*. A adopção de sistemas baseados em Agentes combinada com a ontologia proporciona interoperabilidade, e preserva um alto grau de autonomia, e flexibilidade.

### **4.7. Aplicação do Agentes Pedagógico num ITS**

Neste capítulo apresenta-se a aplicação do Agente Pedagógico Dóris num ITS, com o objectivo de exemplificar a actuação de um Agente num ambiente de um ITS.

No contexto da actividade de ensino, os Agentes inteligentes são considerados Agentes pedagógicos (Girrafa, 1998). O Agente pedagógico está inserido num ambiente de ensino à distância que utiliza um ITS para aprendizagem de um domínio específico. Actuam como monitores, que observam as acções do aluno, guiam o aluno durante a interacção com o sistema, ajudam durante o processo de aprendizagem, trocam informações com o aluno, com o objectivo de adaptar a apresentação do conteúdo conforme o modelo ideal para o aluno, seleccionam estratégias de ensino adequadas, com base no perfil do aluno, motivam o aluno a aprender e supervisionam o ambiente de aprendizagem.

### **4.7.1. Arquitectura do ambiente de actuação do Agente Pedagógico**

Neste trabalho apresentamos como exemplo, a arquitectura do ambiente de actuação de Agente Pedagógico, as características, os comportamentos e a arquitectura do agente pedagógico DÓRIS<sup>8</sup>, – que é um Agente de acompanhamento Pedagógico, desenvolvido e inserido num ITS para o ensino a distância

Na arquitectura de um ambiente de actuação do Agente pedagógico, figura 16, o aluno interage com o ITS através de uma interface *Web*. Nesta interacção actuam o Agente pedagógico que extrai informação do desempenho do aluno, utilizado pelas técnicas de raciocínio baseado em casos.

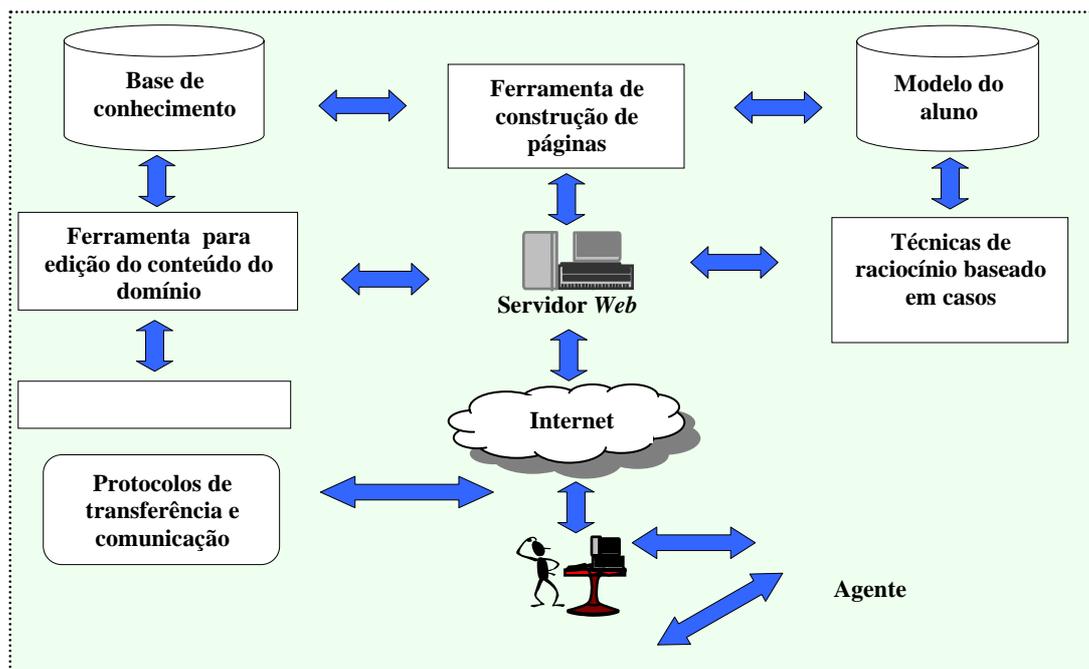


Figura 16 – Arquitectura do Ambiente de actuação do Agente Dóris  
 ( <http://www.inf.ufes.br/~bie2001/figuras/artigos/a041.htm> )

Os protocolos de comunicação têm a responsabilidade de enviar o Agente para a máquina do aluno em cada conexão do aluno com o sistema, e fazer o retorno do Agente ao servidor com as informações conectadas

#### 4.7.2. Características, comportamentos e a arquitectura do Agente Pedagógico

O Agente pedagógico DÓRIS, tem como principais funções:

Obter as características de aprendizagem do aluno e disponibilizar estas informações ao sistema, necessárias para criar o modelo do perfil do aluno;

Acompanhar e orientar o aluno durante sua interação com o ambiente de ensino/aprendizagem, auxiliando-o em caso de dúvidas e motivando-o a aprender.

### 4.7.3. Características do Agente Pedagógico DÓRIS

O Agente não possui conhecimento específico sobre o domínio que será abordado, porque foi construído para actuar num ITS com domínio genérico.

#### **Características do Agente DÓRIS:**

Percepção do ambiente em que está inserido: o Agente extrai as informações do ambiente de aprendizagem do aluno, que serão utilizadas na personalização deste ambiente;

Autonomia: o Agente age automaticamente no momento em que o aluno inicia a interacção com o sistema;

---

<sup>8</sup> O Agente Dóris faz parte do projecto institucional de pesquisa em ensino à distância da UNISC (Universidade de Santa Cruz do Sul) Este projecto teve início em 1988, e teve como objectivo a investigação de mecanismos, ferramentas e metodologias que podiam ser usadas para proporcionar um ensino baseado na web, aproveitando as potencialidades da rede, baseado no estudo dos seguintes autores:  
DAHMER, A.; GASPARY, L. P.; FROZZA, R.; et al. Ambiente Integrado de Apoio ao Ensino a Distância: Gerenciamento de Aulas, Tutores Inteligentes e Avaliação Remota. Taller Internacional de Software Educativo. Santiago, Chile, 1999.  
DAHMER, A.; GASPARY, L. P.; FROZZA, R.; et al. Um Ambiente para Desenvolvimento de Ensino a Distância. Workshop Internacional sobre Educação Virtual. Fortaleza, 1999.  
GASPARY, L. P.; FROZZA, R.; DAHMER, A.; et al. Uma Experiência de Ensino de Redes de Computadores via Internet. Workshop de Educação em Computação. Curitiba, 2000.  
FROZZA, R.; DAHMER, A.; GASPARY, L. P.. Uma Arquitetura para Acompanhamento Pedagógico. Workshop Internacional sobre Educação Virtual. Maceió, 2000.

Capacidade de agir no ambiente: o Agente acompanha o aluno no processo de aprendizagem. O que implica interação entre Agente e aluno;

Capacidade social: o Agente interage com o aluno, a fim de realizar sua tarefa de acompanhamento;

Possui adaptabilidade: o Agente adapta-se às modificações no ambiente, impostas pela aplicação de estratégias de ensino diversificadas;

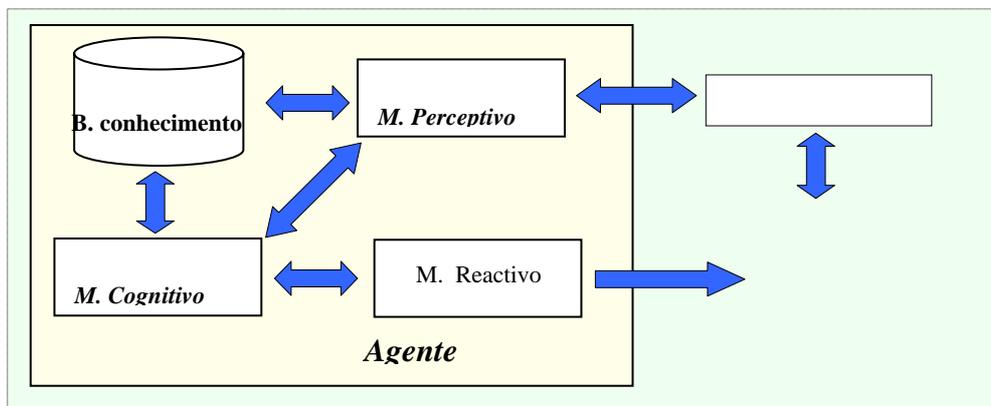
Pode ter mobilidade: o Agente é levado para a máquina do aluno no momento em que este fizer *download* do módulo da aula correspondente, retornando ao servidor central com as informações recolhidas;

Possui conhecimento: o Agente mantém uma base de conhecimento interna, onde são armazenadas as informações extraídas da interação do aluno com o ambiente;

#### **4.7.4. Arquitectura do Agente Pedagógico DÓRIS**

Considerando as características que o agente pedagógico possui, verifica-se que sua arquitectura, é composta pelos seguintes módulos: perceptivo, cognitivo e relativo. A arquitectura do Agente envolve, ainda, uma base de conhecimento interna.

Na figura 17 está representada a Arquitectura do Agente Pedagógico Dóris



**Figura 17 – Arquitectura do agente pedagógico Dóris**  
( <http://www.inf.ufes.br/~bie2001/figuras/artigos/a041.htm> )

A arquitectura do Agente Pedagógico Dóris é composta pelo Módulo Perceptivo, pelo Módulo Cognitivo, pelo Módulo Reactivo, pela Base do Conhecimento e pelos comportamentos do Agente pedagógico, que são descritos nas secções seguintes:

#### **4.7.4.1. Módulo Perceptivo**

O Módulo Perceptivo é o responsável pela recolha e armazenamento das informações referentes à interacção do aluno com o sistema. É através dele que é realizada a tarefa de controlo das acções do aluno.

Este módulo controla:

1. Hora de início e termo da interacção entre aluno e sistema, o número de páginas visitadas pelo aluno; e o tempo em que esteve em cada uma destas páginas;
2. Opinião do aluno sobre os elementos utilizados na preparação da aula, dificuldades encontradas pelo aluno na realização da aula;
3. Preferências do aluno relativamente ao conjunto de elementos a serem aplicados em aulas posteriores;
4. Dúvidas que o aluno encontrou no decorrer da aula.

### **4.7.4.2. Módulo Cognitivo**

O Módulo Cognitivo é o responsável pela base de conhecimento, determina quais as acções que devem ser executadas pelo Agente, tais como escolha das mensagens que serão emitidas pelo Agente na sua interacção com o aluno, e determinar quais os recursos audiovisuais que vão ser utilizados de acordo com o estado emocional do Agente.

**Este Módulo entra em acção nas seguintes situações:**

- Na escolha de mensagens que vão ser enviadas ao aluno em momentos esporádicos;
- Na escolha de perguntas para averiguar se o aluno está com dificuldades ou não;

- Na escolha de perguntas para verificar se o aluno está a gostar da interacção, e dos elementos usados na exposição da aula;
- Na escolha de respostas que o Agente dá às perguntas do aluno;
- Na escolha de mensagens a enviar ao aluno quando este deixa de visitar um página;
- Na escolha das mensagens de boas vindas, e de despedida, a serem enviadas ao aluno quando o Agente for activado ou desactivado.
- Na escolha de animação representativa do Agente a ser indicada junto às mensagens correspondentes. Por exemplo, se o aluno responde que está com dificuldades, deve ser escolhida uma animação condizente com a resposta. Neste caso, que denote tristeza.

### **4.7.4.3. Módulo Reactivo**

O Módulo Reactivo tem a responsabilidade de executar as acções indicadas pelo Módulo Cognitivo. Estabelece a interface animada com o aluno.

É através deste Módulo que são apresentadas as mensagens e animações do agente aos alunos.

## **4.8. Base de Conhecimento**

A base de conhecimento interna do Agente é formada pelos seguintes elementos:

- Base de recursos audiovisuais: esta base é constituída por elementos usados para formar a aparência do Agente. É nesta base que estão armazenadas as animações activadas de acordo com o estado emocional do Agente, juntamente com os recursos de áudio do Agente;
- Base de aulas: esta base tem informações referentes às aulas;
- Base de páginas visitadas: esta base tem as informações sobre as páginas visitadas pelo aluno;
- Base de conteúdos: esta base tem as informações sobre os conteúdos das aulas;
- Base de respostas do aluno: esta base tem as respostas às questões colocadas ao aluno;
- Base de mensagens: esta base tem as perguntas, utilizadas pelo Agente na interacção com o aluno;
- Base de dúvidas dos alunos: esta base tem as dúvidas que surgem ao aluno durante a aula. As respostas a estas dúvidas são editadas pelo professor através de um editor de respostas;
- Base de preferências dos alunos: esta base tem as informações referentes às preferências do aluno relativamente aos elementos que podem ser usados na estrutura de uma aula, como texto, som, imagem, hipertexto, exercício, animação, vídeo, ou gráfico.

### **4.9. Comportamentos do Agente Pedagógico**

O Agente DÓRIS é representado por um personagem com dois tipos de comportamentos: cognitivo e reactivo.

O comportamento cognitivo é responsável por:

- Encorajar o aluno a acompanhar a aula, enviando-lhe mensagens de estímulo;
- Seleccionar mensagens para serem enviadas ao aluno;
- Perceber o ambiente de interacção, armazenando informações das acções do aluno na sua base de conhecimento interna.

O comportamento reactivo é responsável por:

- Fazer a manipulação da aparência do Agente, tem por objectivo seleccionar as atitudes do Agente de acordo com a situação corrente.

Os estados emocionais são definidos de acordo com o estado actual do ambiente, sendo apresentados ao aluno através de animações, juntamente com recursos de áudio.

A personagem que representa o Agente possui caricaturas distintas que indicam os seguintes estados emocionais: tristeza, felicidade e companheirismo.

A tabela 1 indica os estados emocionais do Agente DÓRIS e as situações em que estes são apresentados ao aluno.

Estado	Situação
Tristeza	Estado emocional atingido pelo agente quando o aluno está com dificuldades ou não está a gostar da interacção. O Agente percebe que o aluno não está a gostar da interacção através das respostas às perguntas periódicas realizadas.
Felicidade	Estado emocional obtido quando o aluno não apresenta dificuldades e está a gostar da interacção. O agente percebe que o aluno não apresenta dificuldades e está a gostar da interacção através das respostas às perguntas realizadas.
Companheirismo	Estado padrão do agente, indicado durante a interacção do agente com o ambiente.

Tabela 1 – Estados emocionais do agente DÓRIS

#### 4.10. Engenharia de software orientada para Agentes

Conforme referido os Agentes inteligentes são utilizados para implementar diversos sistemas ITS. Na arquitectura de um ambiente de actuação do Agente pedagógico cada componente do ambiente pode ser implementado como um Agente independente, a quem são delegadas tarefas individuais, ou pode existir em ambientes que contém outros Agente. Neste caso, eles tem de comunicar, cooperar, e coordenar acções.

Para facilitar a comunicação dinâmica entre os Agente, transformar os dados e aplicativos em elementos úteis, legíveis e compreensíveis para o software surge a necessidade do uso de ontologias em aplicações web. A adopção de sistemas baseados em Agente combinada com a ontologia proporciona interoperabilidade, e preserva um alto grau de autonomia e flexibilidade.

## 5. Desenvolvimento de conteúdos dos ITS

Neste capítulo faz-se referência aos ITS, seus desenvolvimentos e suas restrições. Faz-se também uma abordagem sobre novos métodos que podem ser usados para simplificar os ITS, com particular interesse sobre o Modelo do Domínio. Apresentam-se métodos que podem ser usados para entender e simplificar a representação e a aquisição do conhecimento para a criação de ITS e ferramentas de Autor<sup>9</sup>. E um modelo de ITS desenvolvido por Steven Lindon.

### 5.1. Desenvolvimento de conteúdos

O desenvolvimento de conteúdos que os ITS fazem, é adaptável e baseou – se no desempenho do estudante. Quando um estudante resolve um problema o ITS recorre a registos estatísticos que podem ser usados para indicar ao estudante o nível das suas capacidades.

Estas estatísticas são armazenadas no Modelo do Estudante, que actua como um sistema de conselhos, que ajuda o aluno através da base do conhecimento do domínio. A adaptabilidade é facilitada com as estratégias de ensino, que controlam a interactividade e a sequência do curso.

O computer-Aided Instrucion system (CAI), é o sistema de instrução que aparece como opção ao ITS. Estes sistemas não têm nenhum componente inteligente, apresentam-se ao aluno como uma forma de ensino.

Os ITS modernizaram-se com a introdução de componentes baseados para reduzir a complexidade do seu desempenho.

---

<sup>9</sup>Tradução do termo em inglês “Autoring tool”

O diagrama da figura 18 mostra cada um dos componentes típicos para um tutor de CAI.

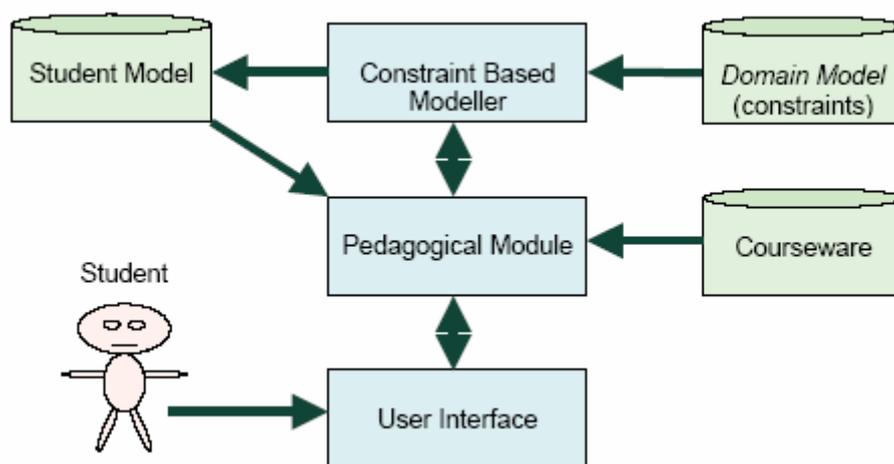


Figura 18 – Arquitetura do CAI

Neste sistema há três componentes e três repositórios. Os repositórios não tem nenhuma potencialidade, a capacidade de processamento é fornecida.

### 5.1.1 O Modelo do Domínio

Todo o ITS tem um modelo do domínio. O modelo do domínio armazena o conhecimento e interpreta o material educativo. Este conhecimento é dado na forma de regras que descrevem os pormenores e os conceitos do domínio.

A sua representação influencia fortemente as aproximações de modelação do estudante, ainda que sejam todas dependentes do domínio do conhecimento e do processamento do sistema pedagógico.

A sua arquitectura costuma apresentar o modelo do estudante, independente do modelo do domínio. Na prática o modelo do estudante usa os dados do modelo do domínio.

O modelo do estudante é ainda um subconjunto do modelo do domínio. Este facto altera o sistema completamente porque as mudanças no modelo do domínio reflectem-se no modelo do estudante. Estas falhas representam uma restrição para os actuais ITS.

### **5.1.2 Modelo do estudante**

O modelo do estudante armazena os dados históricos, seguindo o progresso de um estudante através das sessões. Estes dados são usados para criar estatísticas que modelam o conhecimento individual do estudante. O modelo do estudante foi o foco preliminar de pesquisa da maioria dos ITS porque lhes fornece a maior parte da inteligência.

As utilizações incluem a interacção, a selecção da pergunta e adaptação da estrutura das sessões. Há uma grande variedade de estudantes que modelam aproximações, contudo cada um é independente do conteúdo do conhecimento do modelo do domínio.

A arquitectura dos ITS costuma apresentar o modelo do estudante independente do modelo do domínio. Na prática o modelo do estudante usa os dados do modelo do domínio.

O modelo do estudante é ainda um subconjunto do modelo do domínio. Este aspecto altera a complexidade do sistema completamente porque as

mudanças no modelo do domínio reflectem-se no modelo do estudante, esta falha representa uma restrição para os actuais ITS.

### 5.1.3 Modelação do Domínio

É o modelo do domínio, que armazena o domínio do conhecimento requerido para fazer ITS inteligente. A restrição<sup>10</sup> baseada em modelação é responsável por fazer análise de uma solução do estudante e interpretar sua validade usando o conhecimento do domínio. As restrições baseadas em modelação têm somente um objectivo único, modelar o domínio.

A modelação do domínio contém a representação, e o processo do conhecimento do domínio. Como o domínio é o núcleo do ITS o método usado para modelá-lo é complicado e define a operação do sistema.

Como resultado da pesquisa realizada para descobrir uma definição apropriada das técnicas da modelação domínio, são consideradas duas técnicas importantes que são: constraint-based modelling (CBM), e *Model Tracing* (MT), que representam respectivamente o conhecimento declarativo e o processual.

Os CBM são mais eficazes para modelar domínios tais como linguagens, notações, design e práticas do projecto.

MT serve melhor os domínios tais como a matemática ou a física.

---

<sup>10</sup>Tradução do termo em inglês “constraint”

## **5.2. Modelação Baseada em Restrições**

Os CBM apreendem o conhecimento declarativo do domínio. O conhecimento do domínio, e o conhecimento do estudante são termos usados frequentemente, mas representam conceitos completamente diferentes.

Estes sistemas são independentes, modulares e detêm os dados do domínio. Um conjunto de dados relacionados que dá forma a conceitos do domínio, são caracterizados como sintácticos e semânticos.

Os CBM usam um teste padrão para combinar entre a solução ideal e a solução do estudante. A avaliação de uma solução num tutor de CBM deve ser efectuada quando o estudante terminou de resolver o problema. Cada CBM é estruturado com uma condição da relevância e de satisfação.

A condição da relevância é uma entidade da solução do estudante, a condição da satisfação não interfere na solução do estudante

O facto dos CBM serem projectados frequentemente para considerar somente o relacionamento entre a solução ideal e do estudante, e não a pergunta do problema, é uma limitação. Nos domínios mais formais, a pergunta é de muita importância para conferir se uma solução está correcta.

Uma solução para resolver este problema é o CBM buggy. OS CBM buggy são derivados dos CBM normais, mas tem mais interactividade e capacidade porque dizem ao estudante, especificamente, quando o seu erro não é construtivo num ambiente da aprendizagem.

### 5.2.1. Restrições do Buggy

As restrições só identificam os resultados correctos de uma solução apresentada, não procuram saber onde é que o estudante errou. As restrições que fazem esta avaliação são as restrições do buggy.

As restrições *do buggy* são sistemas derivados das restrições normais. O feedback que fornecem é:

- Mais detalhado;
- Diz ao estudante especificamente onde errou, e que o seu erro não é construtivo num ambiente de aprendizagem (Mitrovic e Martin, 2000).

O sistema pode modelar mais exactamente o conhecimento de um estudante capturando erros do estudante, contudo estes sistemas não devem ser usados para fornecer o conhecimento directamente ao estudante.

### 5.3. Tecnologias XML

As tecnologias XML, (*Extensible Markup Language*) são as tecnologias usadas como linguagem de representação para o modelo e o courseware do domínio.

XML é projectado para a standardização dos originais da Internet que contêm a informação estruturada.

A sintaxe de um original de XML é descrita e limitada por um esquema de XML (Fallside, 2001).

A semântica não é definida explicitamente por um documento original de XML, esta definição é facilitada por um documento XSLT (eXtensible Stylesheet Language Transformations) que faz as transformações extensíveis da língua original (Stylesheet Clark, 1999).

XSLT lê através de um original de XML que procurará pelas etiquetas o interesse do utilizador, e transforma a informação que contém num outro formato tal como o de uma página Web, ou um outro original de XML.

### **5.4. Model – Driven Architecture (MDA)**

O MDA é um princípio do projecto da tecnologia de programação. Confia no conceito do modelo plataforma independente (PIM) e do modelo plataforma específico (PSM).

Toda a informação deve ser especificada no XML. Plataforma independente XSLT *transforms* que pode ser usada para converter o PIM num PSM, que possa funcionar.

No ITS o domínio Ontologia representa o PIM, visto que o conhecimento do domínio é um PSM. Neste sentido a plataforma é considerada ser o domínio específico que modela a técnica usada no ITS.

### **5.5. ITS Authoring tool**

ITS *authoring tool*, foram criadas para fornecer a maior parte de componentes complexos que facilitam a criação estandardizada de um ITS.

Os ITS *authoring tool* e protecções, foram criados para proporcionar a maioria dos componentes complexos que facilitam uma aproximação estandardizada para criar um ITS. Os ITS *authoring tool*, têm como objectivo auxiliar no desenvolvimento dos ITS diminuindo o esforço e a capacidade pretendidos, para ajudar o designer a considerar o domínio, para suportar princípios do projecto, e para permitir protótipos mais rápidos, (Murray, 1999).

O esforço requerido para construir a base do modelo do conhecimento do domínio é muito elevado.

Os ITS *authoring tool*, não são genéricos, e não há nenhum modelo padrão. Há várias representações das propriedades da estrutura e do domínio. Murray descreve sete categorias para a classificação de ITS com a capacidade requerida que são:

- Curriculum, sequência, planeamento;
- Estratégias do tutor;
- Dispositivo, simulação, e experimentação do equipamento;
- Domínio de sistemas inteligentes;
- Múltiplos tipos de conhecimento;
- Especial finalidade;
- Inteligente/Adaptável *Hipermedia*.

WETAS é um tipo de domínio do perito ITS *authoring tool*, e usa a aproximação de restrição baseada para modelar o domínio. WETAS é a ferramenta para criar a protecção de um ITS e a distribuição através de uma relação baseada web. Usa o servidor *web de Lisp Allegroserve*, linguagem

que tem a capacidade de admitir muitos domínios e sub domínios ao mesmo tempo.

Os CBM são produzidos usando a linguagem do *Lisp Allegroserve*, o que significa que os domínios dos ITS do perito devem ser comuns com esta linguagem (Martin, 2002).

WETAS fornece a infra-estrutura e os componentes inteligentes requeridos para interpretar o modelo do domínio. O modelo do domínio e o *courseware* são efectivamente os únicos aspectos que precisam de ser construídos.

Interface *Authoring*, possui uma Ontologia que permite que o designer construa um diagrama simples para ilustrar a estrutura do domínio. Esta estrutura ajuda o domínio do perito na sua investigação mental do sistema. WETAS provou que era eficaz para quatro ITS que foram realizados com ele: SQL-Tutor, KERMIT, NORMIT e LBITS (Martin, 2002).

### **5.5.1. Engenharia Ontológica**

O Termo ontologia tem sido usado pelas comunidades da IA e representação do conhecimento. O conceito de domínio da ontologia no campo dos Tutores Inteligentes é relativamente recente.

A possibilidade de partilhar conhecimento no campo da IA foi a principal razão da utilização da ontologia, porque assegura que os termos escolhidos permitem especificar, e definir conceitos, a partir da escolha de terminologia realizada, e porque inclui a expressão exacta do domínio do conhecimento.

Uma ontologia é um conjunto formal de definições de vocabulário, porque tem algumas propriedades úteis para compartilhar informações entre softwares de IA, independentemente do leitor ou do contexto (Gruber, 1993).

Um compromisso ontológico é um acordo para usar um vocabulário, isto é, requerer consultas e fazer afirmações, de maneira consistente com a ontologia especificada.

O objectivo da Ontologia deve definir uma representação explícita dos conceitos dos componentes do domínio.

Criar sistemas inteligentes deve ser uma definição declarativa do que os sistemas sabem. O sistema define os termos e os conceitos que são usados para descrever o perito do domínio, executar e resolver problemas independentemente do domínio. Isto dá ao ITS a capacidade de analisar e processar um sistema baseado no conhecimento.

Uma Ontologia é descrita (Mizaguchi, 2000) como tendo três níveis:

1. Uma colecção estruturada dos termos que definem uma hierarquia conceptual do domínio.
2. Uma definição formal dos conceitos e dos relacionamentos do domínio com as restrições e os axiomas., que tem como objectivo evitar a ambiguidade e tornar da máquina do domínio rentável;
3. Uma versão executável do domínio.

Cada uma destas Ontologias locais é integrada numa Ontologia externa, que é usada para interagir com outro ITS.

Espera-se que, esta infra-estrutura comporte-se como uma estrutura para a unificação e a interoperabilidade de tutores múltiplos, representação do conhecimento quando considerando, a simplificação e a automatização de criar um ITS, a representação complexa do modelo do domínio porque pode afectar cada um dos componente dentro do ITS.

### **5.6. Representação do conhecimento**

Quando se considera a simplificação e automatização para criar um ITS, a representação do modelo do domínio é de grande importância e complexidade e pode afectar cada componente de um ITS.

#### **5.6.1. Representação do conhecimento num ITS**

Para aumentar a eficiência na representação do conhecimento no ITS deve ser feita:

- Investigação do novo domínio que modela as técnicas que permitirão uma geração mais simples do domínio.
- Ter em consideração a maneira como cada um dos componentes ITS usará o domínio para processar as interações dos estudantes com o sistema.

O CBM acumula a informação declarativa, e foi provado ser eficaz com as avaliações dos sistemas reais. A investigação demonstrará que a natureza modular das restrições torna-os ideais para a aquisição de conhecimento,

porque cada elemento do conhecimento é independente. Esta modularidade poderia ser estendida para construir a plataforma do modelo do domínio independente.

O MDA pode ser usado para criar a plataforma do modelo do domínio independente e o domínio pode ser otimizado para um uso mais eficiente durante todo o sistema, O modelo do domínio tutor de CBM é representado unicamente usando restrições. Em consequência os ITS contêm um conhecimento muito específico do domínio.

Um modelo do domínio completo deve também incluir um modelo dos conceitos do domínio, e uma representação ou uma definição nítida do domínio. Os conceitos e a definição do domínio podem ser executados independentemente dos outros ITS e por isso são generalizados para dar forma a uma Ontologia.

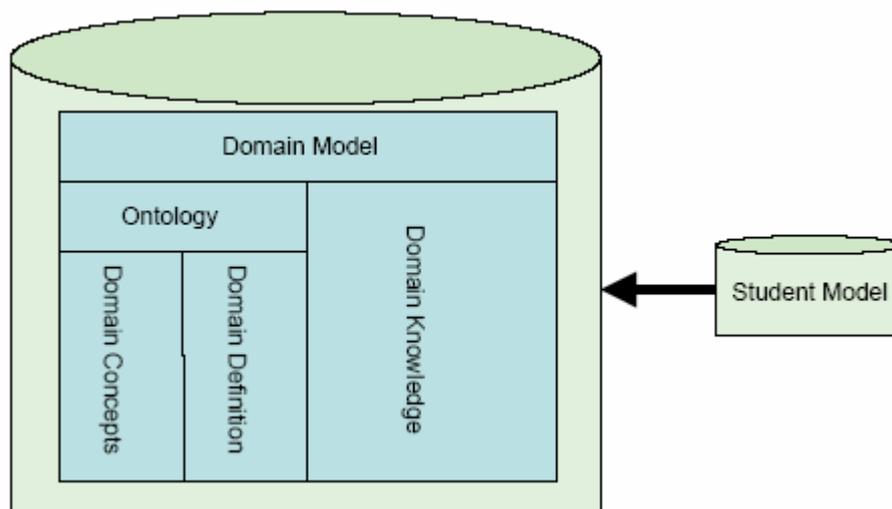
Esta Ontologia é permutável entre sistemas. A representação física do modelo do domínio para tutores de CBM é executada tipicamente usando a linguagem funcional LISP, usada geralmente para aplicações da IA e da lógica.

### **5.6.2. - Ontologia do Domínio**

O conceito de Ontologia do domínio é novo no campo dos tutores inteligentes. A definição formal de Ontologia é a "especificação de uma conceitualização".

Esta definição permite que os peritos do domínio modelem conceitos do domínio e criem relacionamentos com as restrições associadas, o que permite um efeito profundo na compreensão geral de um domínio, e dos seus relacionamentos.

Usar a Ontologia simplesmente para a visualização conceptual está a limitar o seu poder, porque não é representada como estrutura do domínio.



**Figura 19 – Decomposição do modelo do domínio**

Os modelos do domínio ilustrados na figura 19 mostram como a Ontologia do domínio captura dois dos seus aspectos: os conceitos do domínio, e a definição do domínio, mas não o conhecimento do domínio.

O conhecimento do domínio é considerado um nível externo. Quando a semântica do modelo do conhecimento do domínio for uma plataforma independente, a sua representação é dependente do domínio que modela a plataforma CBM.

O conceito mais importante da Ontologia, é que é uma plataforma independente e genérica, porque não deve requer nenhum método para a

processar. O que requer uma relação eficaz entre o domínio da Ontologia, o domínio do conhecimento e a restrição dos ITS.

A Ontologia simplifica também a manutenção do modelo do domínio (Ainsworth, 2002). Com uma definição formal do domínio e dos seus conceitos é difícil fazer as mudanças, com a Ontologia, as mudanças são propagadas durante todo o sistema, as restrições ou o *courseware* identificam imediatamente o material alterado.

### 5.6.2.1 Conceitos do Domínio

Os conceitos do domínio são a representação do nível mais elevado da representação do modelo do domínio. Os conceitos do domínio, contudo não estão explicitamente actualizados dentro da definição do domínio, ou do conhecimento do domínio. Modelar conceitos do domínio é um processo dependente no modelo do domínio. Este modelo deve modelar uma combinação da semântica do domínio, e das abstracções da definição do domínio.

Contudo, um modelo finalizado do conceito do domínio é firmemente definido usando modelação e notação, pode ser o aspecto mais difícil de todo o projecto do modelo do domínio. Um dos objectivos do modelo dos conceitos do domínio é a categorização de elementos do conhecimento do domínio.

O modelo do conceito do domínio assemelha-se aos tópicos e aos sub-tópicos do ensino, e não à estrutura explícita do domínio representada na definição do domínio.

Os conceitos das restrições do domínio, perguntas e soluções, não são representados nos termos da definição do domínio, na maioria dos casos os

conceitos abstractos não são capturados explicitamente na sintaxe de um domínio, mas apesar disso esta falta de integração não causa a incompatibilidade do sistema.

Os conceitos do domínio são representados usando uma estrutura semântica da rede *Bayesiana* em que os nós, representam conceitos do conhecimento, e as ligações representam os relacionamentos e as interações entre eles. As redes semânticas são usadas para descrever o conhecimento declarativo e processual.

Há muitas notações para a visualização e a definição estrutural de redes semânticas. Apesar de não terem uma referência formal, os diagramas da classe de UML foram aceites para a visualização semântica da rede.

Um UML pode ser usado para representar uma rede semântica,

A figura 20 mostra a disposição conceptual de um ITS simples para o uso dos adjectivos do tutor.

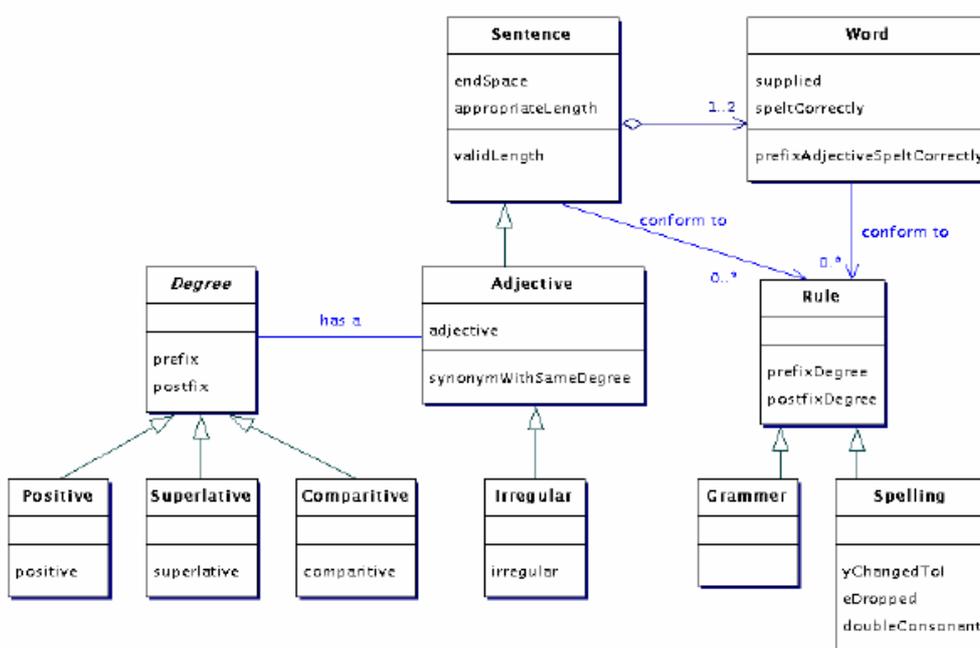


Figura 20 – Um modelo do conceito do domínio para os adjectivos de um tutor.

A finalidade da chave representa formalmente os conceitos do domínio, que actuam como forma de classificação para o conhecimento de baixo nível, do domínio, esta representação melhora as oportunidades para a sessão do modelo, e das restrições da pergunta que o estudante formula ao ITS.

### **5.6.2.2. Abrir o Modelo do Estudante**

O modelo do estudante é uma restrição do ITS, que beneficia da inserção do conceito do modelo do domínio. A finalidade de um modelo do estudante que deriva do modelo do domínio é explicar ao estudante quais são conceitos que ele entende e quais são os que precisa de aprender, (Hartley, 2002).

O estudante é apresentado por uma representação visual dos conceitos do domínio, com informação contextual do modelo do estudante.

Os estudantes podem corrigir o modelo do estudante com os novos valores, que indicam como estão a progredir numa área específica.

O modelo do estudante é construído a partir da análise estatística das restrições, que são classificados a partir de um ou mais conceitos do domínio.

O estudante pode ser representado como um modelo visual dos conceitos do domínio, auxiliado pelos dados calculados a partir da média do modelo do estudante. Isto, não impõe uma estrutura do curso com filtros, pode mostrar que os estudantes aprenderam os conceitos da matéria que está a ser ensinada, e que são os relacionados entre estes dois conceitos.

<b>Adjective</b>	<b>50 %</b>
isAdjective	<b>100 %</b>
isSynonymWithDegree	<b>0 %</b>

	View Instruction
	New Problem
	Edit Scores

Figura 21 – Drill down num nó do conceito do domínio para mostrar restrições (mais baixo) sintáctico (superior) e semântico. Seleccionar restrição dá opções adicionais

Através do diagrama do conceito do domínio da figura 20, o estudante acede ao material de ensino ou aos problemas, que são relevantes no conceito do domínio. O estudante também pode avaliar a exactidão do modelo do aluno e modificá-lo se necessário, e receber informação mais detalhada do estado do domínio.

### **5.7. A definição do domínio**

A definição do domínio é um conceito novo para o ITS; fornece uma completa e formal informação da sintaxe do domínio. A semântica não é incluída nas restrições do domínio, está incluída no mesmo nível da abstracção do conhecimento do domínio, contudo é plataforma independente. Esta definição pode logicamente ser usada em todos os ITS ou em software de sistemas que é usado nos ITS.

Na maioria dos domínios a identificação da estrutura sintáctica é habitual e pode facilmente ser definida por um perito do domínio. A finalidade da

definição do domínio é fornecer uma definição da linguagem, e uma validação sintáctica para cada um dos documentos do sistema: perguntas, soluções, restrições, e inclusive a relação de utilizador.

A definição do domínio é feita através do XML Schema que é um restrição do núcleo do MDA. XML Schema é usado para definir linguagens, é uma linguagem estritamente escrita, mas existem poucos exemplos de uma definição escrita de formas variadas.

As restrições do conhecimento do domínio detêm a sintaxe e a semântica declarativas do domínio. Estes são os relacionamentos e as interacções entre os elementos da definição do domínio que não podem ser definidos usando XML schema, ou que são subjectivos porque dependem de um determinado estado do sistema para ser válidos.

As restrições representam o domínio, agrupam os factos do domínio que configuram os conceitos do domínio, são classificados e associadas com o modelo do conceito do domínio,

As restrições executam testes padrão nos documentos originais da pergunta e da solução XML. As restrições são definidas usando o stylesheet de XSLT, que faz exame de um original de XML, realiza uma transformação e concebe um original de texto novo.

### **5.7.1. Considerações de Design**

A definição do domínio é projectada a partir da notação de modelação. Como um ITS não tem nenhum conhecimento prévio do índice ou da estrutura do domínio, não é conhecedor da diferença entre uma definição bem definida, ou uma definição mal definida do domínio. Um mau projecto vai originar perguntas, soluções sobretudo nos componentes que são mais

difíceis de definir, contudo, o sistema tem capacidade para contornar esta situação num caso em que o modelo do domínio foi mal projectado.

Em alternativa, para contornar esta situação em que o modelo do domínio está mal definido, o modelo dos dados da execução tal como a notação de UML, pode ser usado para modelar o domínio. Neste caso o derivado de XML schema será basicamente diferente do modelo de dados ER porque foram criados usando construções diferentes.

O resultado desta alteração implica que ambos os sistemas tenham definições operacionais diferentes no domínio, o modelo ER é baseado num modelo simples de dados, e pode somente definir documentos mais simples do ITS. O modelo de UML é detalhado, mas requer mais esforço na definição posterior dos ITS originais.

A definição do domínio dá origem a uma restrição na interface do componente utilizado. As relações entre o sistema e o utilizador devem orientar o estudante para criar soluções que usam as construções da definição do domínio. Se o estudante conceber uma solução diferente o sistema não estará pronto para funcionar.

Este erro não será recolhido como uma definição do domínio e nunca será validado.

Como consequência da natureza do XML *schema*, um documento que não esteja correcto não pode ser carregado, mesmo se é bem formado, desta forma, o estudante nunca poderia incorporar uma solução com sintaxe inválida na apresentação do resultado, porque resultava numa interface que não poderia ser usada.

### 5.7.2. Namespaces

O MDA permite a integração de variados modelos do domínio. Quando os domínios são distribuídos, e se transformam em diferentes sub domínios, a representação interna dos elementos corre o risco de colidir.

A programação de linguagens e a modelação de notações são um exemplo. A notação do diagrama ER para os atributos, é diferente da notação de um atributo do diagrama do UML, que também é diferente de um atributo em Java, como consequência um tutor que agregasse estes domínios no modelo do domínio de ITS não operava.

Os *namespaces* de XML contornam este problema classificando domínios, através do uso de Identificadores Uniformes do Recurso (URI). Com a utilização dos URI a probabilidade de existirem dois domínios com o mesmos nome e opostos a um URI é extremamente baixa. O XML *schema* define as restrições do *namespace*, e cada original que o usa é como consequência uma parte desse *namespace*.

### 5.7.3. XML Schema Definição

A lista seguinte dá um exemplo de definição do domínio ER. Define *Entity*, elemento que consiste nos muitos atributos dos elementos em que a ordem é irrelevante, e num atributo *name*, elemento .

```
<xs:element name="entity">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="attribute" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="name" type="xs:string" use="required"/>
  </xs:complexType>
  <xs:key name="entity_key">
    <xs:selector xpath="."/>
    <xs:field xpath="name"/>
  </xs:key>
</xs:element>
```

**Lista 1 - Definição de um Schema da entidade do domínio ER**

### 5.7.4. Domínio do Conhecimento

As restrições do domínio do conhecimento contêm a sintaxe e a semântica declarativas do domínio.

A sintaxe e a semântica declarativas são os relacionamentos e as interações entre os componentes da definição do domínio que não podem ser definidos usando XML *schema*.

As Restrições:

- Caracterizam os factores do domínio que reúnem para dar forma aos conceitos do domínio.
- São associados com o modelo do conceito do domínio.
- Efectuam testes padrão de pergunta e solução XML.

As restrições são definidas usando o XSLT *stylesheet* que:

- Faz exame de um documento de XML;

- Executa uma transformação;
- Gera um documento textual novo.

XSLT só pode executar transformações de um original bem formado de XML, apesar de poder ser usado qualquer formato de saída. Um *stylesheet* define os moldes de originais de XML, através do uso de XPATH queries, para meta-Tag específicos.

O conhecimento do domínio num tutor de CBM é representado com o uso de restrição num tutor da MT, e é representado através de regras de produção, e uma biblioteca de erro.

O conhecimento do domínio plataforma específico, depende do conhecimento do tipo de ITS que se pretende criar.

Relativamente ao MDA há duas plataformas dentro de um ITS que são:

- O tipo de ITS e língua que se usou para escrever;
- Ter várias facetas.

A restrição da plataforma e da plataforma independente de um ITS são definidas usando XSLT 8 (lista 1), isto implica que as restrições de CBM podem ser integrados noutra CBM ITS. A restrição no nível da linguagem é originada na restrição XML, e pode se definida usando qualquer sintaxe.

### 5.7.5. Restrição Modal

A restrição modal foi adicionada aos ITS para modelar o domínio. As restrições sintáticas e semânticas, podem deter factos e conceitos do domínio, com a condição que o sistema tem para determinar quando é que podem ser usados.

Com domínios aberto/fechados há múltiplas soluções para um dado problema.

Neste caso, as restrições são projectadas para verificar as dependências que originam soluções alternativas. Este tipo de solução funciona quando as restrições do domínio são pequenas, e independentes. Em domínios maiores há outras maneiras diferentes de resolver os problemas.

Os conceitos podem-se sobrepor e são aplicados de formas diferentes. Quando dois conceitos sobrepostos são validados simultaneamente, estão opostos e a capacidade que está a ser criada é imprópria. As restrições são incapazes de apreender esta capacidade, porque não é definida no nível da restrição.

Nesta situação há dois grupos de restrições que se opõem, e quando são processadas juntas, para produzir as capacidades correctamente só um grupo é avaliado. A solução é fazer a restrição modal (exemplo figura 22).

Podemos encontrar um exemplo no domínio da notação de UML, em que a notação permanece constante, contudo é no domínio de notação do UML que muitas técnicas de modelação são consideradas correctas.

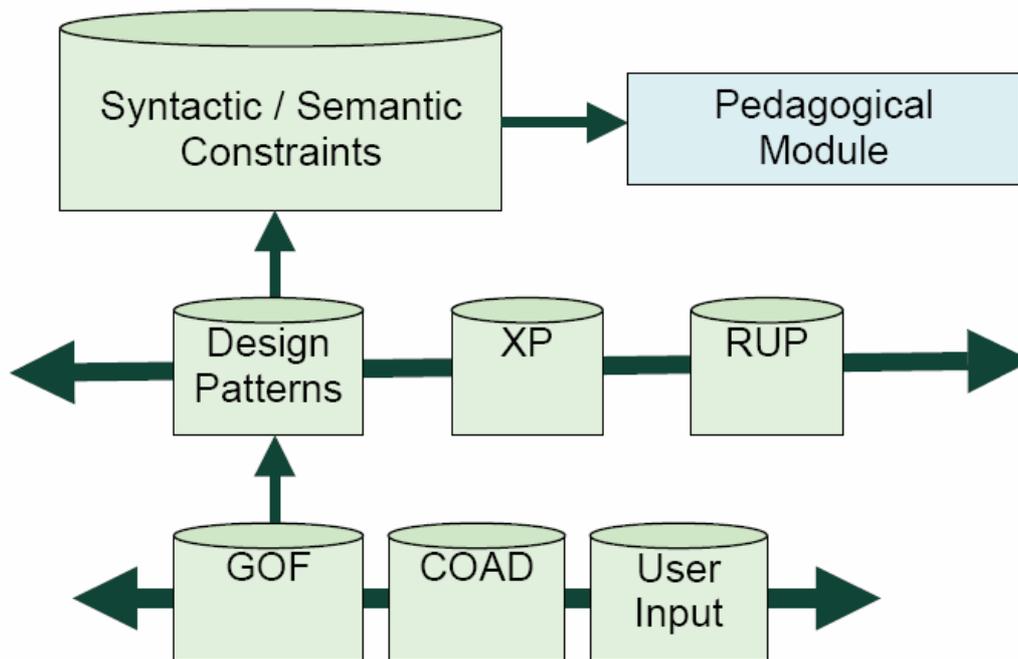


Figura 22 – Ilustra como a Restrição modal pode ter sucesso e ser selectiva

### 5.7.6. O Feedback

O Feedback de um ITS é controlado pelo módulo pedagógico, que tem como objectivo implementar estratégias de ensino (Murray, 1999).

As restrições constroem as suas próprias mensagens de feedback que são codificadas duramente, mas reduzem as capacidades de adaptação dos ITS. Num ITS com um domínio hierárquico é importante desenvolver as mensagens de feedback num sistema que crie mensagens semelhantes às das restrições codificadas. Para isso basta fornecer as restrições em cada nível de hierarquia do sistema, ou usar uma linguagem de definição de mensagens das restrições.

A adaptabilidade e a singularidade são conceitos importantes para o tutor inteligente, porque através da utilização de uma meta para definição de

mensagens os componentes podem ser criados excepcionalmente, e todas as mensagens são diferentes.

Esta técnica não permite que um estudante consiga aprender como reparar um erro baseado na mensagem, porque com o uso de restrições em mensagens dinâmicas, os estudantes são forçadas a pensar sobre cada uma das mensagens de Feedback.

Esta técnica pode ser implementada através de dois métodos:

- Com a organização de uma lista dos tipos mais comuns de restrições de mensagens. Para cada tipo de mensagem deve ser definida uma lista das mensagens alternativas. Nesta lista as palavras-chave devem ser trocadas na definição da mensagem do Feedback contida dentro das restrições.
- Criando uma lista de palavras semelhantes, mas que contenha palavras diferentes das que foram definidas para as frases comuns. Os meta-Tag que consultam estas frases, é que definem o feedback das mensagens. O módulo pedagógico tem a responsabilidade de seleccionar uma palavra análoga para cada *meta-Tag*, mudando ambas as palavras e a sua combinação dentro da mensagem, para que possa ser criada uma mensagem mais original.

### 5.7.7. XSLT Definição

A lista seguinte mostra um exemplo da restrição *Wetas* que verifica todas as entidades que tem nomes únicos para o ER

```
(10
  "Check the names of your entity types. They must be unique."
  (match SS ENTITIES (?* "@" ?tag1 ?ent_name ?*))
  (not-p
    (match SS ENTITIES (?* "@" ?tag2 ?ent_name ?*
"@ " ?tag3 ?ent_name ?*))
  )
  "entity types"
)
```

**Lista 2 - Wetas restrição que verifica todas entidades que tem nomes únicos para o ER**

A lista seguinte mostra um exemplo de uma restrição XSLT que tem nomes únicos para os domínios ER

```
<!-- Relevance Condition -->
<xsl:template match="Entity">
  <!-- Satisfaction Condition -->
  <xsl:if test="name=preceding::Entity/Name">
    <!-- Constraint output -->
    <xsl:element name="ConstraintID">10</xsl:element>
    <xsl:element name="OntologyMember">
      Entity
    </xsl:element>
    <xsl:element name="Feedback">
      Check the names of your entity types. They must be unique.
    </xsl:element>
  </xsl:if>
</xsl:template>
```

**Lista 3 - Um xslt restrição dos moldes que verifica todas as entidades, que tem nomes únicos para os domínios ER**

### **5.8. O courseware (problemas e soluções)**

O courseware não é uma parte do modelo do domínio mas é influenciado por ele, a linguagem que é usada para o definir deve ser a mesma que é

usada para o interpretar, e portanto é definido usando a definição do domínio.

O courseware deve ser caracterizado através da linguagem XML, porque esta linguagem possibilita a integração com a notação do modelo do domínio, e fornece meios simples para construir um mecanismo visual de entrada do courseware para “protecção” dos ITS.

O sistema pode facilmente determinar a importância dos problemas específicos das restrições a partir da principal vantagem que tem em representar a pergunta, e a solução que os sistemas usam na definição do domínio.

### **5.8.1. Formação de questões**

Quando uma pergunta é formulada através da definição do domínio cria a oportunidade para a formação automática das perguntas e das soluções. Martin (2000), propôs uma técnica para a formação automática do courseware com restrições

As restrições representam parcelas do domínio. Quando é escolhida uma determinada restrição, uma pergunta original, e uma solução ideal, podem ser prolongadas a partir de dados existentes.

Este procedimento é muito complexo mas não acontece em todos os domínios do sistema.

Por outro lado há um grande benefício se for usada a definição do domínio, porque a representação adaptada para a pergunta e a solução ideal é concedida ao utilizador.

Então as restrições e o domínio devem definir uma forma de relacionamento, que através da selecção entre eles, de uma série de entidades e de propriedades, podem criar uma definição para a formação das perguntas e das soluções.

A selecção da ordem de entidades pode ser feita de forma aleatória. Esta medida permite que o sistema crie soluções e problemas que são específicos para os estudantes.

### **5.8.2 Validação**

Os erros da validação, da pergunta e da solução podem acontecer no processo de aprendizagem, se por exemplo, um grande número de estudantes responder a uma pergunta particular correctamente, mas usando um método distinto do que é indicado pela solução ideal, pode ter acontecido que algum dos estudantes não foi bem ensinado, ou que o conceito ou a solução ideal são inadequados.

Nestes casos o ITS pode fornecer uma função para encontrar os erros, se organizar cada um das soluções dos estudantes, num modelo global do estudante, que permita ao sistema implementar testes padrão sobre o comportamento e as repostas prováveis dos estudantes.

### **5.8.3. Definição de XML**

A lista seguinte mostra um exemplo de estilo de questões Wetask com a solução ideal.

```
(10      ; problem number
  10      ; difficulty
  "10. 10. Sometimes <E1> students </E1> <R1> work in <R1> <E2> groups </E2>. Each <E2>
group </E2> has a unique <E2K1> number </E2K1> and <E1> students </E1> have their <E1K1>
student ids <E1K1>. A <E1> student </E1> may have different <R1S1> roles <R1S1> in various
<E2> groups </E2> he/she belongs to."
  ("ENTITIES" "@ E1 STUDENT regular @ E2 GROUP regular")
  ("RELATIONSHIPS" "@ R1 WORKS_IN regular")
  ("ATTRIBUTES" "@ E1K1 Id key simple E1 @ E2K1 Number key simple E2 @ R1S1 Role
simple composite R1 ")
  ("CONNECTIONS" "@ C1 partial N R1 E1 @ C2 total N R1 E2 "))
  "10.gif"
  "Student groups"
)
```

**Lista 4 – Estilo de questões Wetas com a solução ideal**

A lista seguinte mostra um exemplo da definição de questões XML.

```
<Problem>
  <Number>10</Number>
  <Difficulty>1</Difficulty>
  <Description>...</Description>
  <IdealSolution>...</IdealSolution>
  <!--Optional/Customised -->
  <Schema>Student</Schema>
  <SolutionImage></SolutionImage>
</Problem>
```

**Lista 5 – Definição de questões XML**

A lista seguinte mostra um exemplo de definição de soluções ideais para questões definidas na lista 4

```
<ER>
  <Entity>
    <Name>AIRPLANE</Name>
    <Attribute>
      <Name>Business_Seat</Name>
      <Type>Simple</Type>
    </Attribute>
    <Attribute>
      <Name>Economy_Seat</Name>
      <Type>Simple</Type>
    </Attribute>
    <Attribute>
      <Name>Year</Name>
      <Type>Simple</Type>
    </Attribute>
    <Attribute>
      <Name>Reg_Number</Name>
      <Type>Key</Type>
    </Attribute>
    <Attribute>
      <Name>Type_Attribute</Name>
      <Type>Simple</Type>
    </Attribute>
  </Entity>
</ER>
```

**Lista 6 – Definição de soluções ideais para questões colocadas na lista 4**

**5.9 Construção de um MDA ITS – modelo proposto por Lindon**

Os conceitos que foram apresentados neste capítulo descrevem uma aproximação do modelo modelar, que divide o modelo do domínio em três componentes de plataforma independentes que são:

- Modelo do conceito do domínio;
- Definição do domínio;
- Conhecimento do domínio.

Cada um destes componentes é caracterizado fisicamente empregando uma linguagem XML e, algumas tecnologias que estão relacionadas, e são aplicados num ITS usando um MDA.

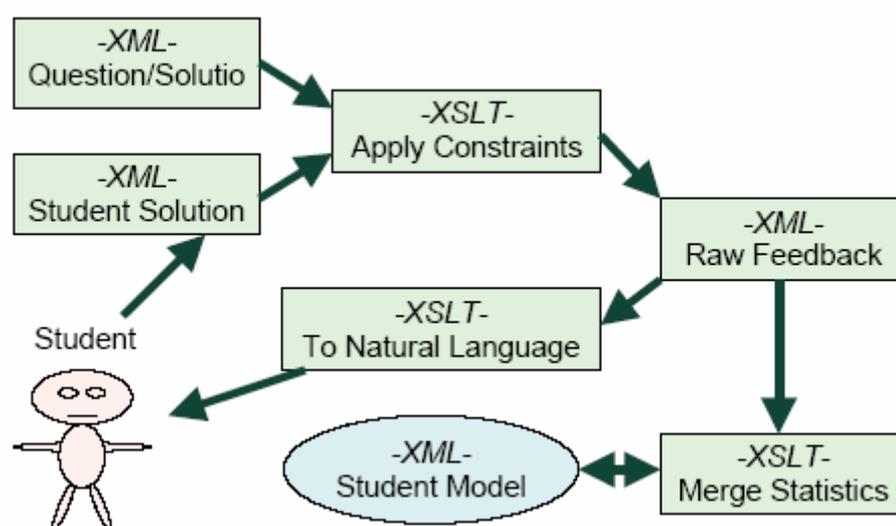
A etapa lógica seguinte prevê a execução e avaliação destas técnicas.

Se as experiências iniciais fossem adicionadas no ITS *authoring tool* WETAS, seria satisfatório para atestar a eficácia do MDA, e desenvolver novos modelos estandardizados para estas representações, que se fossem bem sucedidas levaria ao desenvolvimento de um XML ITS puro.

A linguagem XML é bem suportada em todos os sistemas e as estruturas de baixo nível já existem para o seu processamento. A plataforma seleccionada deve suportar os *pipelines* de XML. Estes são críticos para simplificar a implementação do MDA para ITS *authoring tool*.

Um *pipeline* de XML faz exame de um original de XML e aplica uma série de transformações de XSL para conceber a saída final.

Um exemplo deste processo é mostrado na figura 23, o *pipeline* permite a execução de um modular, componente com arquitectura baseada.



**Figura 23 – Demonstração de XSLT *pipeline* que tem uma solução para o estudante, concebe mensagens de feedback, e actualiza o modelo do estudante.**

As relações entre os três domínios secundários devem ser criadas a partir da restrição e da pergunta fixa, que deve ser convertido às representações de XSLT e de XML. Este processo deve tratar-se usando XML para a plataforma independente do modelo de domínio.

As mensagens são processadas directamente, mas dependem da arquitectura da plataforma específica.

Segundo Lindon (2003) esta é uma descrição muito diminuta do sistema. Porque o mais importante é fazer a observação para saber a eficácia das restrições, saber como podem ser representados usando XSL, como os três domínios se integram, e o MDA pode ser implementado com eficiência.

## **6– Conclusão**

Neste capítulo faz-se uma breve conclusão do projecto desenvolvido, e dos aspectos que foram considerados para o desenvolver, faz-se também um ponto da situação actual, onde se verifica se os objectivos propostos inicialmente foram atingidos. São também referidas algumas das dificuldades encontradas para a realização do trabalho.

### **6.1. Conclusão do projecto desenvolvido**

Nesta secção é feita uma breve conclusão do projecto desenvolvido, e dos aspectos que foram considerados para o desenvolver

Este projecto procurou apresentar alguns aspectos da aplicação da Inteligência Artificial no ensino. O objectivo foi mostrar como a evolução das técnicas de IA e da ciência cognitiva influenciam directamente na construção de sistemas de ensino apoiados por computador.

Durante os últimos 20 anos o computador tem sido utilizado na educação, e tem dado uma grande colaboração no processo de ensino/aprendizagem.

Descrevemos algumas tecnologias que podem ser usadas para resolver uma grande diversidade de problemas importantes na comunidade do conhecimento.

Os Sistemas Tutores Inteligentes actuais foram descritos como tendo uma arquitectura composta de quatro componentes principais: modelo do aluno, modelo do domínio, modelo pedagógico e modelo de Interfaces, e três tipos de saber, para resolver os problemas do domínio do conhecimento, de como ensinar, e de como entender a compreensão e capacidades dos estudantes relativamente aos planos de ensino.

Estes sistemas têm por objectivo promover a interacção entre o estudante e o professor. E são baseados no conhecimento requerido através das redes bayesianas, que fornecem ao sistema uma descrição completa sobre as características do estudante.

Fez-se também referência a técnicas complementares que ajudam os processos de design para Sistemas Tutores Inteligentes, descreveu-se o seu modo de funcionamento, e os diferentes tipos de categorias de sistemas que existem de acordo com os objectivos de ensino.

Chegou-se á conclusão que um dos principais objectivos das Ciências da Computação, que é a criação de um componente flexível e orientado para a instrução, que mostre alguns aspectos da inteligência humana, termina na construção de Agentes Inteligentes.

Estes Agentes Inteligentes, chamados de Agentes Pedagógicos na área do ensino tem como objectivo tomar decisões sobre a forma de como maximizar a aprendizagem de um estudante, e acompanhar o estudante no seu processo da aprendizagem.

A estratégia de usar os Agentes em Sistemas Tutores oferece mais interactividade e adaptabilidade aos sistemas de ensino. Apresentamos o projecto do Agente pedagógico Dóris que caracteriza um ambiente de actuação de um Agente pedagógico aplicado a um ITS.

Com o aparecimento da Internet, a tendência da educação baseada em técnicas da IA, aproxima-se para os sistemas de ensino baseados na web.

Os sistemas inteligentes e a evolução da Hipermedia adaptativa abriram caminho para o desenvolvimento de sistemas de aprendizagem adaptativos baseados na web.

O desenvolvimento destes sistemas não foi suficientemente testado para domínios do conhecimento do utilizador, porque não tem modelo do estudante.

Posteriormente foram criados os sistemas de aprendizagem, desenvolvidos para fornecer aplicações e domínios personalizados individuais, porque fazem a recolha dos dados do estudante que trabalha com o sistema.

Na avaliação prática para sistemas adaptáveis da aprendizagem, das aplicações, e dos serviços adaptativos, apresentamos um projecto desenvolvido por Brusilovsky (2004)

A apresentação deste projecto desenvolvido por Brusilovsky é baseada na estrutura em camadas da avaliação.

Com o sucesso da adaptação dirigida para a modelação do aluno, Brusilovsky tentou demonstrar os benefícios desta estrutura e da avaliação aplicados aos sistemas, baseado em estudos desenvolvidos anteriormente.

Apresentou-se também um exemplo específico, em que uma estrutura da avaliação foi elaborada baseada na adaptação.

Este projecto argumenta que a estrutura proposta é uma aproximação ponderada para a avaliação em camadas de ALS, que esta avaliação pode facultar a informação útil para melhorar estes sistemas, e que pode

contribuir para a generalização de resultados da avaliação, e reutilização de experiências bem sucedidas.

Com a apresentação deste projecto conclui-se que, os sistemas adaptáveis da aprendizagem necessitam de ser mais bem informados, e melhorados por modelos de sistemas adaptáveis.

Neste projecto foram também referidos aspectos relacionados com o desenvolvimento de novos métodos que podem ser usados para simplificar os ITS. Esta pesquisa apresenta três contribuições significativas à representação e à aquisição do conhecimento para CBM ITS.

### **6.2. Objectivos atingidos**

Apesar do presente projecto se ter revelado mais complexo do que inicialmente o autor previa, o desenvolvimento deste projecto também teve aspectos positivos, porque serviu para alargar os conhecimentos do autor, adquiridos ao longo do curso, o que espera conseguir fazer ao longo de toda a vida activa: alargar os conhecimentos aprendidos.

### **6.3. Dificuldades encontradas no desenvolvimento do projecto**

Durante o desenvolvimento deste projecto penso ser importante salientar que a especificidade do tema representou de certa forma uma barreira pois não conhecia termos como ontologia, sistemas adaptativos, redes bayesianas, aprendizagem-máquina.

Devo também salientar a grande dificuldade em encontrar bibliografia adequada ao tema que estava a ser desenvolvido. Quando recorria a trabalhos apresentados em páginas de Internet, corria o risco de encontrar trabalhos que não tinham carácter científico necessário para o desenvolvimento do projecto. Contudo não posso deixar de referir que só foi possível ultrapassar estas dificuldades devido à disponibilidade da orientadora do projecto que prontamente me disponibilizou informação sobre o tema tratado.

## 7 - Referências

Abraham, A. , (2005), Nature and Scope of AI Techniques, Handbook of Measuring System Design, edited by Peter H. Sydenham and Richard Thorn, Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA.

Andriessen, J., e Sandberg, J., (1999), Where is Education Heading and How About AI? Internacinal Jornal of Artificial Intelligence in Education

Aroyo, L., Chepegin, V. The Next Big Thing: Adaptive Web-Based Systems, Department of Computer Science, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands

Brusilovsky, P., Adaptive Hypermedia: an Attempt to Analyze and Generalize, International Center for Scientific and Technical Information, Russia

Brusilovsky, P., Sampson, D., (2005), A Layered evaluation of adaptive learning systems, Int. j. Cont. Engineering Education and Liflong Learning. Vol. 14. Nos. 4/5.

Clark, A., (1997), Being There, Putting Brain, Body, and World Together Again, Massachusetts Institute of Technology.

Coelho, H., (1998), Progresso em Inteligência Artificial – Actas do 6º Congresso Iberoamericano de Inteligência Artificial, Edições Colibri, Lisboa.

Costa, E., e Simões, (2004), A., INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL – Fundamentos e Aplicações, FCA – Editora de Informática, Lisboa.

Freksa, C., Habel, C., Wender, K. F., (1998), Spatial Cognition- An Interdisciplinary Approach to Representing and Processing Spatial Knowledge, Springer, Alemanha.

Giraffa, L., (1997), Seleção e Adoção de Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes. Porto Alegre: UFRGS.

Horgen, S., Essay, 2001.on Intelligent User Interfaces and daptivity, Division of Intelligent Systems, NTNU

Jonassen, D. H., Wang, S., The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems, journal of Educational Technology Systems, Vol. 22.

Levy, P, (1990), As Tecnologias da Inteligência – O Futura do Pensamento na Era da Informática, Instituto Piaget, Lisboa.

Linton, S., (2003), Knowledge Representation and Acquisition for Intelligent Tutoring Systems.

Luger, G., (2004), *Inteligência Artificial – Estruturas e Estratégias Para a Solução de Problemas Complexos*, Bookman Companhia Editora, S. Paulo.

Wenger, E., *Artificial Intelligence and tutoring Systems: Computacional and Cognitive Approaches to the Communications of Knowledge*. Los Altos, CA: Morgam Kaufmann Publishers.

Martin, B. (2003), *Intelligent Tutoring Systems: The practical implementation of constraint-based modelling*, in *Computer Science*. Christchurch: Canterbury University.

Mizoguchi, R., Bourdeau, J., (2000), *Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems*, *Internacional Journal of Artificial Intelligence in Education*.

Papaterpo, C., Papatheodorou T., *Are Web-based Adaptive Educational Systems suitable for constructivist instruction in Ill-Structured Knowledge Domains?*

High Performance Information Systems Lab . Computer Engineering & Informatics Dept University of Patras

Russell, S. e Norvig, P., (2004), *Inteligência Artificial*, Editora Campus, Elsevier, Rio de Janeiro.

Vicari, R., (1990), *Um Tutor Inteligente para a programação em Lógica-Idealização, Projeto e Desenvolvimento*. Coimbra: Universidade de Coimbra,. (Tese de Doutorado).

Beck, Joseph e Stern, M., Bringing back the AI to AI & ED, Computer Science Department, University of Massachusetts

## 8 - Endereços electrónicos

Sistemas Inteligentes sistemas periciais, (2003/2004) [on-line-  
[http://www.dei.isep.ipp.pt/~csr/SP/palestra\\_tutores.pdf](http://www.dei.isep.ipp.pt/~csr/SP/palestra_tutores.pdf)

Castro, I. F. , Artificial Intelligense: Tecnology with a Future, Upgrade: p.  
53-56 [on-line- <http://www.upgrade-cepis.org>  
The European Online Magazine for the IT Professional

<http://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/STImono.pdf>

Machion,A. ,Sistemas de Apoio à Aprendizagem e A Teoria Cognitiva  
ACT (2003) [on-line-  
<http://www.ime.usp.br/~yoshi/2003i/mac5701/Relatorios/Andreia.relmac5701.pdf>

[on-line- [http://www.ricesu.com.br/colabora/n8/artigos/n\\_8/id03c.htm](http://www.ricesu.com.br/colabora/n8/artigos/n_8/id03c.htm)

Urban-Lurain, M. , Intelligent Tutoring Systems: An Historic Review in the  
Context of the Development of Artificial Intelligence and Educational  
Psychology [on-line-  
[http://www.cse.msu.edu/rgroups/cse101/ITS/its.htm#\\_Toc355707498](http://www.cse.msu.edu/rgroups/cse101/ITS/its.htm#_Toc355707498)

Soledad González, C. (2004). Sistemas inteligentes en la educación: una  
revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales. *RELIEVE*: v.  
10, n. 1, p. 3-22.

[on-line- [http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_1.htm)  
Revista ELección de Investigación y EValuación Educativa  
[ [www.uv.es/RELIEVE](http://www.uv.es/RELIEVE) ] pag. 3.

Jameson, A., Systems That Adapt to Their Users, [on-line-  
<http://www.cs.uni-sb.de/users/jameso>  
Description of an IJCAI 01 tutorialDFKI, German Research Center for Artificial  
Intelligence