

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

FRANCINE BICA

**Capturando Aspectos da Auto-Eficácia do Aluno
através de um Agente Inteligente**

Tese apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Doutor em Ciência da
Computação

Profa. Dra. Rosa Maria Vicari
Orientadora

Porto Alegre, junho de 2006.

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Bica, Francine

Capturando aspectos da Auto-Eficácia do Aluno através de um Agente Inteligente/Francine Bica – Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Computação, 2006.

123 f.:il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR – RS, 2006. Orientadora: Rosa Maria Vicari.

1.Sistemas Tutores Inteligentes 2. Agentes 3. Auto-Eficácia 4. Lógica Fuzzy 5. Inteligência Artificial. I. Vicari, Rosa Maria. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Vice-Reitor: Prof. Pedro Cezar Dutra Fonseca

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Profa. Valquíria Linck Bassani

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Coordenador do PPGC: Prof. Flávio Rech Wagner

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

“A verdadeira alegria na vida é ser usado para um propósito que você considere imensamente significativo.

Ser uma força da natureza em vez de um amontoado febril e egoísta de males e queixas lamentando que o mundo não se dedicou a fazê-lo feliz.

Acredito que minha vida pertence a toda a comunidade e enquanto viver será meu privilégio – meu privilégio – fazer por ela tudo que puder.

Desejo estar totalmente desgastado ao morrer, pois quanto mais árduo for meu trabalho mais amor sentirei. Amo a vida por ela própria. A vida não é, para mim, uma vela que logo se apaga, é uma espécie de tocha esplêndida que devo empunhar para o momento em que eu desejar que ela brilhe com mais intensidade antes de passá-la às futuras gerações.”

Bernard Shaw

AGRADECIMENTOS

Gostaria de fazer aqui um agradecimento a todos aqueles que de alguma forma tiveram uma contribuição nesta tese.

A minha orientadora Rosa, pela sua cooperação de extrema importância.

Ao professor Rinaldo, do Instituto de Biociências da UFRGS, por sua dedicação como especialista no material didático disponibilizado no protótipo realizado.

Às amigas Daniela e Mariusa, pela colaboração e disponibilidade ao me emprestarem o computador com o qual realizei este trabalho.

À amiga Renata, pelo apoio em testes do protótipo.

À amizade e ao apoio indiscutíveis da Regina, por todas as discussões calorosas, troca de idéias, amizade e sugestões.

Ao Heitor, pela eterna motivação, estímulo, amizade, carinho, críticas, sugestões e paciência.

A todos os amigos e colegas, pelo apoio, compreensão, descontração, carinho e amizade.

A minha família, que sempre esteve comigo me apoiando em todas as horas, pelo incentivo e carinho.

Meus agradecimentos ao apoio financeiro dado pelo CNPq e CAPES que viabilizou esta tese.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Motivação	14
1.2 Objetivo	15
1.3 Metodologia utilizada.....	16
1.4 Contribuições	17
1.5 Organização da Tese	18
2 SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES	20
2.1 Agentes.....	24
2.2 Trabalho de Bercht.....	27
2.3 Trabalho de Jaques	30
2.4 Considerações do Capítulo	34
3 AUTO-EFICÁCIA	35
3.1 Considerações do Capítulo	40
4 LÓGICA FUZZY	41
4.1 Considerações do Capítulo	45
5 O PROJETO DO AGENTE MEDIADOR DA AUTO-EFICÁCIA.....	46
5.1 As Atividades do Agente MAE.....	49
5.2 O Modelo Computacional da Auto-Eficácia	57
5.2.1 O modelo <i>fuzzy</i> da Auto-Eficácia	58
5.3 Exemplo da utilização do Modelo <i>Fuzzy</i> da Auto-Eficácia.....	61
5.4 Exemplos práticos do funcionamento da máquina de inferência <i>Fuzzy</i> do agente MAE.....	67
5.4.1 Exemplo 1.....	67

5.4.2 Exemplo 2.....	69
5.5 Considerações	70
6 IMPLEMENTAÇÃO	72
6.1 InteliWeb	72
6.2 Telas do InteliWeb.....	74
6.3 Implementação dos Agentes e integração ao InteliWeb.....	80
7 INTELWEB – PROJETO PILOTO.....	85
7.1 Delineamento do Material Didático (item A).....	86
7.2 Formatação do Material Didático (item B).....	86
7.3 Modos de apresentação do conteúdo (itens C, D e F).....	86
7.4 Construção da Ferramenta (item E).....	88
7.5 Disponibilizar o Ambiente na Internet (itens G e H)	88
8 PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DO AMBIENTE INTELWEB.....	89
8.1 Amostra	89
8.1.1 As Variáveis e suas medidas	90
8.2 Aplicação do ambiente sobre o Grupo 1.....	90
8.3 Aplicação do ambiente sobre o Grupo 2.....	92
8.4 Teste t-Student	93
8.5 Considerações	95
9 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS	96
9.1 Limitações encontradas.....	98
9.2 Trabalhos Futuros	98
9.3 Publicações	99
REFERÊNCIAS.....	101
ANEXO A NÍVEL DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA.....	111
ANEXO B PÓS-QUESTIONÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DO EXPERIMENTO	114
ANEXO C GRUPO 1.....	118
ANEXO D GRUPO 2.....	121
ANEXO E MENSAGEM BANDURA	122
ANEXO F ARTIGOS PUBLICADOS	123

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BC	Base de Conhecimento
BDI	<i>Believe, Desire and Intention</i>
FIPA	<i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>
GIA	Grupo de Inteligência Artificial
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IA	Inteligência Artificial
<i>ILE</i>	<i>Intelligent Learning Environments</i>
JSP	<i>JavaServer Pages</i>
KQML	<i>Knowledge Query and Manipulation Language</i>
MAE	Mediador da Auto-Eficácia
PAT	<i>Pedagogical and Affective Tutor</i>
P2P	<i>Peer-toPeer</i>
STI	Sistemas Tutores Inteligentes

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Conhecimento necessário para um STI.....	20
Figura 2.2: Componentes básicos de uma arquitetura de um STI.....	21
Figura 2.3: Agente genérico.	24
Figura 2.4: Taxonomia de agentes.....	26
Figura 2.5: Arquitetura multiagente de Bercht.	28
Figura 2.6: Arquitetura multiagente com kernel detalhado.....	29
Figura 2.7: Interface do PAT.....	32
Figura 3.1: Elementos que influenciam a Auto-Eficácia.....	35
Figura 3.2: Modelo de Auto-Eficácia.....	37
Figura 3.3: Modelo de fatores que afetam a performance do estudante.....	40
Figura 4.1: Funções de pertinência <i>fuzzy</i>	43
Figura 4.2: Módulos de um Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	44
Figura 5.1: Ambiente abstrato composto por agentes humanos (Aluno) e dois agentes artificiais (MAE e PAT).	46
Figura 5.2: Funcionamento geral da interação entre os agentes MAE e PAT e um aluno.	48
Figura 5.4: Modelo da Auto-Eficácia idealizado.	57
Figura 5.5: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto Auto-Eficácia.....	59
Figura 5.7: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto Esforço na Forma de Apresentação HTML com figuras.	61
Figura 5.8: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto Esforço na Forma de Apresentação FLASH.....	62
Figura 5.9: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto Esforço na Forma de Apresentação VIDEO.....	63
Figura 5.10: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto persistência.....	64
Figura 5.11: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto desempenho.....	64
Figura 5.12: Exemplo 1 - Processo <i>Fuzzy</i> da Auto-Eficácia.....	68
Figura 5.13: Exemplo 2 - Processo <i>Fuzzy</i> da Auto-Eficácia.....	69
Figura 6.1: Estrutura desenvolvida.....	72
Figura 6.5: Tela de apresentação do ambiente.....	75
Figura 6.6: Tela de identificação do usuário.....	75
Figura 6.7: Interface do ambiente desenvolvido: composta por Pastas, Barra de Ferramentas e Espaço Visual. O Espaço Visual está mostrando a apresentação do ambiente e os objetivos propostos pelo professor.....	76
Figura 6.8: Mensagens e opções das pastas: Início, Mail e Conteúdo.	77

Figura 6.9: Tela do Glossário do Ambiente.	78
Figura 6.10: Tela de Para Ler e Responder Mensagens.	78
Figura 6.11: Tela de Ajuda do Ambiente.	79
Figura 6.12: Tela de Escolha da Forma de Apresentação do Material Didático.	79
Figura 6.13: Nova Estrutura – InteliWeb e Agentes.	80
Figura 6.14: Diagrama de Classes do Agente MAE.....	81
Figura 6.15: Diagrama de Seqüência ilustrando os principais passos da execução do agente MAE.	82
Figura 6.17: Nova Tela de Identificação, com a inclusão de Objetivo Pessoal e Tempo estimado de estudo.....	83
Figura 7.1: Tela gerada pelo ambiente com as questões e justificativas das respostas corretas.....	88
Figura 8.1: Medidas da Auto-Eficácia resultantes da interação de um aluno do Grupo 1 no InteliWeb. O eixo X apresenta a atividade e o eixo Y a pertinência de cada termo no intervalo de [0,1].	92
Figura 8.2: Medidas da Auto-Eficácia resultantes da interação de um aluno do Grupo 2 no InteliWeb em 17/11/2005. O eixo X apresenta a atividade e o eixo Y a pertinência de cada termo no intervalo de [0,1].	94
Figura 8.3: Medidas da Auto-Eficácia resultantes da interação de um aluno do Grupo 2 no InteliWeb em 12/12/2005. O eixo X apresenta a atividade e o eixo Y a pertinência de cada termo no intervalo de [0,1].	95
Figura 9.1: Mudanças na arquitetura do agente MAE com a inclusão de um Processo de Feedback.	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1: Táticas para Padrão Pessoal Intrínseco e Auto-Eficácia Baixa	51
Tabela 5.2: Táticas para Padrão Pessoal Intrínseco e Auto-Eficácia Média	53
Tabela 5.3: Táticas para Padrão Pessoal Intrínseco e Auto-Eficácia Alta.....	54
Tabela 5.4: Táticas para objetivo extrínseco e Auto-Eficácia Baixa.....	55
Tabela 5.5: Táticas para objetivo extrínseco e Auto-Eficácia Média.....	55
Tabela 5.6: Táticas para objetivo extrínseco e Auto-Eficácia Alta	56
Tabela 5.7: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto auto-eficácia	59
Figura 5.6: Modelo Fuzzy da Auto-Eficácia	60
Tabela 5.8: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto Esforço na forma HTML com figuras	62
Tabela 5.9: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto Esforço na forma FLASH62	
Tabela 5.10: Termo e definição dos pontos (x,y) dos conjuntos Esforço na forma VIDEO	63
Tabela 5.11: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto persistência	63
Tabela 5.12: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto desempenho	64
Figura 5.14: Modelo <i>fuzzy</i> idealizado para a Auto-Eficácia.....	71
Tabela 7.1: Exemplos de Material Didático	87
Tabela 8.1: Categoria do Pós questionário e resumo dos resultados.....	91
Tabela 8.2: Auto-Eficácia única, calculada através de Média Ponderada.....	92
Tabela 8.3: Auto-Eficácia única, calculada através de Média Ponderada.....	93
Tabela 8.4: Estatísticas para o teste T-Student	93

RESUMO

Esta tese está inserida no trabalho desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa de Inteligência Artificial (GIA) da UFRGS, sob a orientação da Professora. Dra. Rosa Maria Vicari e situa-se na área da Inteligência Artificial, com aplicações na Educação a Distância. As principais áreas onde este trabalho de Pesquisa se situa são: Sistemas Tutores Inteligentes, Sistemas Multiagente e Psicologia Social Cognitiva.

Dentro desse contexto, o objetivo principal desta pesquisa é a modelagem computacional de aspectos da auto-eficácia de alunos realizando cursos on-line, tomando-se por base o trabalho de Bandura, cuja natureza engloba a cognição e afetividade. Este autor define como Auto-Eficácia "a crença do indivíduo sobre as suas capacidades de exercer controle sobre acontecimentos que afetam a sua vida" e "a crença nas suas capacidades para mobilizar motivação, recursos cognitivos e implementar ações que lhe permitam exercer controle sobre tarefas exigidas".

Esta tese propõe um agente capaz de perceber e monitorar os aspectos da auto-eficácia do aluno, denominado agente Mediador da Auto-Eficácia (MAE), e prover o modelo do aluno com esta nova variável. O senso de auto-eficácia consiste em crenças, que são processos cognitivos do indivíduo sobre suas capacidades. É em função das crenças de auto-eficácia que ocorrerão as escolhas, a direção e a persistência nos comportamentos de aprendizagem por parte do aluno. Nesse contexto, acredita-se que o desenvolvimento do senso de auto-eficácia do aluno poderá lhe conferir a força motivacional para elaborar sua aprendizagem.

O agente MAE monitora o comportamento do aluno através de uma máquina de inferência *fuzzy* das relações entre as variáveis **esforço**, **persistência** e **desempenho** e aciona um sistema de *feedback* através do agente pedagógico animado (PAT). O feedback realizado pelo agente pedagógico animado apresenta ao aluno comportamentos verbais e físicos afetivos. O agente MAE está inserido no ambiente InteliWeb, que oferece um material instrucional de Biociências e foi implementado com Servlets e páginas JSP.

A maior contribuição desta tese está na agregação de aspectos da auto-eficácia no modelo de aluno envolvido em situações de ensino aprendizagem de alunos, avançando dentro da perspectiva de pesquisa do GIA, assim como o desenvolvimento do InteliWeb com a inserção do agente MAE e sua máquina de inferência *fuzzy*.

Palavras-Chave: Agente, Modelagem Cognitiva, Lógica Fuzzy, Auto-Eficácia.

Capturing aspects of Student's Self-Efficacy through an intelligent Agent

ABSTRACT

This thesis is inserted in the Artificial Intelligence Research Group (GIA) of the UFRGS, under the orientation of Prof. Rosa M. Vicari and is in the area of Artificial Intelligence with applications in the Distance Education. The main areas where this research work is: Intelligent Tutorial Systems, Multiagent Systems and Social Cognitive Psychology.

In this context, the main objective of this research is the computational modeling of aspects of the Self-Efficacy of students carrying through courses on-line, being overcome for base the work of Bnadura, whose nature presents cognition and affectivity.

This thesis considers an agent capable to perceive and to monitor the aspects of the Self-Efficacy of the student, called Self-Efficacy Mediator Agent (SEM), and to provide the model with the student with this new variable. The Self-Efficacy sense consists of beliefs, which are cognitive processes of the individual on his capacities. It is in function of the Self-Efficacy beliefs that will occur the choices, the direction and the persistence in the behaviors of learning by the student. In this context, we believe that the development of the sense of Student's Self-Efficacy will be able to confer the motivational force to elaborate his learning.

The agent SEM monitors the behavior of the student through a fuzzy inference machine of the relations between **effort**, **persistence** and **performance** and activates a feedback system through the pedagogical agent (PAT). The PAT presents affective verbal behavior and affective physical behaviors. SEM agent was inserted in the InteliWeb environment, which offers an instructional material of Biosciences and was implemented with Servlets and pages JSP.

The main contribution of this thesis is in the aggregation of aspects of Self-Efficacy in the student model advanced inside of the perspective of research of the GIA and the development of InteliWeb Environment with SEM agent and its Fuzzy Inference Machine.

Keywords: Agent, Cognitive Modeling, Fuzzy Logic, Self-Efficacy.

1 INTRODUÇÃO

Esta Tese está inserida no trabalho desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa de Inteligência Artificial (GIA) da UFRGS, sob a orientação da Profa. Dra. Rosa Maria Vicari e situa-se na área da Inteligência Artificial, com aplicações na Educação a Distância. As principais áreas onde este trabalho de Pesquisa se situa são: Sistemas Tutores Inteligentes, Sistemas Multiagente e Psicologia Social Cognitiva.

Dentro desse contexto, o objetivo principal desta pesquisa é a modelagem computacional de aspectos da auto-eficácia de alunos realizando cursos on-line, tomando-se por base o trabalho de (BANDURA; 1989, 1991, 1997), cuja natureza engloba a cognição e afetividade. Este autor define como Auto-Eficácia "a crença do indivíduo sobre as suas capacidades de exercer controle sobre acontecimentos que afetam a sua vida" (BANDURA, 1989) "e a crença nas suas capacidades para mobilizar motivação, recursos cognitivos e implementar ações que lhe permitam exercer controle sobre tarefas exigidas" (BANDURA, 1990).

A pesquisa do GIA envolve tanto o estudo cognitivo da modelagem da auto-eficácia como o desenvolvimento de protótipos que permitam simular e testar a modelagem proposta. Este trabalho situa-se na modelagem computacional de aspectos da auto-eficácia, através da idealização, proposta e desenvolvimento de um agente inteligente, denominado Agente Mediador da Auto-Eficácia (MAE). O conhecimento cognitivo do agente está modelado através de crenças de auto-eficácia que são utilizadas como parte do modelo de aluno, no contexto de Tutores Inteligentes. Estas crenças correspondem a processos cognitivos do indivíduo sobre suas capacidades e influenciam o seu comportamento, motivação, afetividade e escolha de tarefas.

Apesar das características multidisciplinares, o foco maior do trabalho está nos aspectos computacionais. A Inteligência Artificial (IA) está contribuindo com abordagens para a representação de algumas habilidades de raciocínio e conhecimento especialista (por exemplo: conhecimento do domínio, expectativas de desempenho) voltadas ao ensino e aprendizado, como em aplicações de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e de Ambientes de Ensino Inteligentes (ILE – *Intelligent Learning Environment*), incentivados pela ciência cognitiva. Essa área tem oferecido a base teórica que permite a desenvolvedores de STI e ILE implementarem modelos cognitivos mais adequados. Atualmente, grupos de pesquisadores têm implementado diferentes tipos de sistemas adaptativos e inteligentes para educação a distância, muitos deles incluindo a utilização de agentes (CHOU, 2003).

O modelo do aluno, no contexto de Tutores Inteligentes, representa o conhecimento e as habilidades cognitivas do aluno em um dado momento. Sendo assim, a modelagem computacional desses aspectos requer a interdisciplinaridade entre as Ciências Cognitivas e Computação. Essa representação (modelo do aluno) é uma das partes mais complexas e, ao mesmo tempo, frágil de um ambiente de aprendizagem, devido a fatores como: o pouco conhecimento que se tem sobre os processos de aprendizagem de um aluno, a imprecisão e a subjetividade dos fatores emotivos e motivacionais envolvidos em ambientes de ensino e aprendizagem, o problema da representação do conhecimento pedagógico e a dificuldade de construção de explicações sobre o comportamento do aluno (estudantes são criativos e constantemente inventam formas não previstas na solução de questões) (HOLT et al, 1991; LIONGYU, 2002). Esses são os desafios típicos da IA.

O agente MAE proposto nesta Tese é capaz de perceber aspectos da Auto-Eficácia do aluno através de comportamentos observáveis (correspondem ao curso das ações do aluno na interface) e prover o modelo do aluno com esta nova variável utilizando-se de máquina de inferência *fuzzy*. A Lógica *Fuzzy* (ZADEH, 1965), permite um raciocínio aproximado ao raciocínio humano, sendo interpretado como um processo de composição de relações *fuzzy* ou difusas.

1.1 Motivação

Camargo (2003) cita que a liberdade e a abertura oferecidas por cursos on-line implicam na necessária “autonomia, criatividade, autocrítica e saber articular os saberes” do aluno, que a partir desse processo amplia a sua capacidade intelectual e tem uma participação ativa na construção do seu conhecimento. Isso acarreta, necessariamente, na mudança de postura de um receptor passivo de informações para a contribuição de significados a partir das interações que promove.

Nesse contexto, o aluno deve se tornar agente da própria aprendizagem, mobilizando-se na busca de caminhos e não esperando por informações prontas e acabadas. O aluno constrói o conhecimento por meio da exploração, navegação, comunicação, troca, representação, ligação/religação, organização/reorganização, transformação/ elaboração/reelaboração e criação/recriação (ALMEIDA 2003).

O modelo do aluno no contexto de Tutores Inteligentes representa o conhecimento e as habilidades cognitivas do aluno, em um dado momento. Existem variados modelos de alunos na literatura. Um dos focos da pesquisa de modelos de aluno está permitindo que um usuário negocie com o seu modelo (KAY, 2001; DIMIROVA, 2001), outra linha de pesquisa foca a questão de como dar suporte a grupos de pessoas de forma a permitir que estas se tornem times de trabalho (JOHNSON & JOHNSON 1997. Vizcaíno (2000) e Tedesco (2001) propõem criar e manter modelos de grupo em sistemas colaborativos e existem ainda diversos órgãos internacionais com propostas de modelos de alunos de caráter gerencial(UCAID, 2002; STEPHENS, 2004; PAPI, 2004). Outra área de estudo existente é a incorporação de emoções ao modelo do aluno, como nos trabalhos de Bercht (2001), Jaques(2004), Soldato (1995), Serres (1993) e Vicente(1998).

No presente trabalho, o modelo de aluno gerenciado pelo agente MAE espera, através da representação das crenças sobre a auto-eficácia e da utilização de *feedback*,

promover a auto-eficácia do aluno e, conseqüentemente, a sua autonomia e motivação. Essa orientação almeja que o aluno não se perca durante o curso das tarefas, não se sinta sozinho ou não se mobilize negativamente para resolver as propostas.

Para isso, esta pesquisa explorou a modelagem do aluno através das crenças de auto-eficácia. A utilização da característica individual da auto-eficácia é importante para a modelagem cognitiva, na medida que, conforme Bandura (1997), é ela que permeia o controle e a regulação pessoal do aluno na sua motivação durante a construção do seu conhecimento, no processo de aprendizagem. Nesse sentido, quanto mais um sistema computacional (tutor) tiver a capacidade de capturar a auto-eficácia do aluno, mais este poderá fomentar no aluno a crença na sua própria capacidade de exercer controle sobre a sua aprendizagem.

1.2 Objetivo

O pressuposto da pesquisa considera: que medidas podem ser incluídas na modelagem do aluno, ampliando os modelos de aluno de Bercht (2001) e Jaques(2004), a fim de desenvolver um modelo computacional para a teoria da Auto-Eficácia definida por Bandura(1997) em um ambiente de EAD?

A partir do pressuposto formulamos duas hipóteses:

Hipótese 1: no contexto de EAD o modelo computacional da auto-eficácia pode ser definido pelas variáveis do modelo de Bandura (1997), objetivos intrínseco e extrínseco de Ames(1990) e pela composição das variáveis esforço, persistência e desempenho.

Hipótese 2: a Lógica *Fuzzy* é uma técnica apropriada para o mapeamento da auto-eficácia do aluno.

No intento de verificar as hipóteses formuladas, o objetivo desta pesquisa é modelar e implementar o agente denominado Mediador da Auto-Eficácia (MAE), que está inserido em um ambiente de ensino e aprendizagem na WEB. Esse agente é capaz de perceber a auto-eficácia do aluno através de comportamentos observáveis (correspondem ao curso das ações do aluno na interface) e prover o modelo do aluno com esta nova variável. O agente MAE, quando necessário, seleciona *feedbacks* (táticas afetivas) que são apresentados ao aluno durante a sua sessão de estudo através do agente PAT (JAQUES, 2004), na tentativa de aumentar a auto-eficácia do mesmo e contribuir com a sua aprendizagem.

Os estudos descritos no Capítulo 3 denotam que a auto-eficácia é uma importante variável no contexto acadêmico, visto que influencia a escolha dos objetivo, o curso das ações e a recuperação frente às adversidades, entre outros fatores. Um forte senso de eficácia garante que o indivíduo acredite em suas capacidades, encarando tarefas difíceis como desafios, e não como algo que deve ser evitado.

Adotou-se a Lógica *Fuzzy* como abordagem para mapear e inferir as crenças de auto-eficácia. Tais crenças são mapeadas através de variáveis lingüísticas *fuzzy* e o agente possui uma máquina de inferência para processá-las. Como principal vantagem dessa abordagem tem-se que uma decisão baseada no enfoque *fuzzy* é semelhante ao processo intuitivo da decisão, ou seja, uma escolha ou um conjunto de escolhas extraídas do conjunto das alternativas possíveis. A idéia central da lógica *fuzzy* é a possibilidade de realizar operações com palavras, nas quais os conjuntos *fuzzy* são os

valores das palavras (BRAGA et al., 1995). Dessa forma, os conjuntos *fuzzy* são uma alternativa para aproximar o raciocínio humano à forma da máquina.

As crenças de auto-eficácia mediadas pelo agente MAE foram implementadas através da aplicação do ambiente InteliWeb (BICA, 2005), idealizado em uma disciplina de Projeto de Pesquisa do Curso de Pós-Graduação em Computação. Esse ambiente foi utilizado na disciplina denominada Anatomia Vegetal do curso de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Participaram do experimento pesquisadores dos Departamentos de Informática, Informática na Educação e Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

1.3 Metodologia utilizada

Este trabalho iniciou com a pesquisa sobre motivação e como utilizá-la para aperfeiçoar o desenvolvimento computacional do modelo do aluno, visando estender os trabalhos na área do grupo do GIA. Através dessa pesquisa chegou-se ao construto da Psicologia Social Cognitiva denominado Auto-Eficácia, que possui influência sobre a motivação. Nesse momento, obteve-se a participação multidisciplinar da aluna de doutorado no PGIE/UFRGS, a psicóloga Regina Verdin, que forneceu o aporte de fundamentação da teoria psicológica para concretizar este trabalho.

Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas em modelagem e desenvolvimento de STI, inclusive através do uso da tecnologia de agentes. Os aspectos relevantes dessas áreas foram estudados e estão abordados no Capítulo 2.

O próximo passo foi definir, dentro de um contexto de Tutores e agentes, como recuperar as crenças de auto-eficácia de um aluno, selecionando qual(ais) comportamento(s) de alunos poderia(m) ser utilizado(s) para compô-la. Baseando-se nos trabalhos de Bandura(1997) e Ames(1990), foram selecionadas as variáveis: **esforço**, **persistência** e **desempenho**, para compor as crenças de auto-eficácia. Nesse período, foi elaborado, em uma disciplina de projeto de pesquisa do PGCC/UFRGS, um ambiente piloto que foi disponibilizado por duas vezes em uma disciplina do curso de Biociências da UFRGS.

O projeto piloto, denominado InteliWeb (BICA, 2006), apresenta um material didático sobre “Flor”, avaliado em três formas de apresentação, que são: HTML com figuras, Flash e Vídeo. Esse material foi elaborado pelo professor da disciplina com a ajuda da psicóloga Regina Verdin, que adaptou seu material ministrado em aula expositiva para as formas de apresentação estipuladas.

A linguagem de programação utilizada para elaborar o InteliWeb foi o Java, incluindo Servlets Java, JSP (*JavaServer Pages*) e HTML. A seleção da linguagem Java deveu-se às vantagens da programação orientada a objeto, a sua portabilidade e robustez.

Foram elaborados o modelo computacional da Auto-Eficácia e um agente inteligente que utiliza uma máquina de inferência *fuzzy* para recuperar as variáveis do *Log* gerado pelos alunos, durante as interações com o ambiente piloto. O agente captura as variáveis **esforço**, **persistência** e **desempenho** de cada aluno e gera, a cada sessão, um modelo de aluno com informações de auto-eficácia (uma para cada tarefa executada). Essas

informações ficam registradas em um banco de dados e podem ser utilizadas posteriormente.

Adotou-se a Lógica *Fuzzy* como abordagem para mapear e inferir as crenças de Auto-Eficácia. Tais crenças são mapeadas através de variáveis lingüísticas *fuzzy* e o agente possui uma máquina de inferência para processá-las.

A implementação deste trabalho foi realizada em três partes: a primeira engloba o ambiente InteliWeb, a segunda o agente MAE e ajustes no agente PAT e, por fim, a inclusão dos agentes no ambiente. Nas seções 6.1 a 6.3 esses procedimentos são explicitados.

O ambiente passou por duas etapas de testes. A primeira etapa de testes incluiu o funcionamento da interface, o funcionamento dos links, a busca no banco de dados dos links do material didático selecionado e a gravação no *Log* gerada pelas escolhas na interface. Após esta verificação, ocorreu a primeira aplicação, no ano de 2004, em uma turma da disciplina de Anatomia Vegetal do Curso de Biociências da UFRGS. A segunda etapa de testes incluiu o funcionamento dos agentes, a interação entre eles, a gravação no banco de dados do modelo de aluno captado pelo agente MAE e o *feedback* selecionado pelo agente MAE e apresentado pelo agente PAT. A segunda aplicação foi realizada em 2005, em uma turma da disciplina de Anatomia Vegetal do Curso de Biociências da UFRGS. Nas duas aplicações do ambiente, a autora deste trabalho esteve presente observando os alunos e solucionando as dúvidas que surgiram durante esse primeiro contato dos alunos com o mesmo.

As aplicações do ambiente basearam-se no protocolo de planejamento e métodos descritos em [YIN, 2005]. A partir da informação contida no modelo de aluno gerado pelo agente foram realizados testes estatísticos t-Student [MURTEIRA, 2001] para analisar as amostras. Os resultados prévios foram descritos no Capítulo 8. Com parte desses resultados foi realizada uma comparação preliminar entre as abordagens *Fuzzy* utilizadas neste trabalho e a DBI utilizada nos trabalhos de Bercht (2001) e Jaques(2004).

1.4 Contribuições

A maior contribuição deste trabalho é a definição, modelagem e implementação de um agente que percebe aspectos das crenças da auto-eficácia do aluno através do monitoramento das variáveis **esforço**, **persistência** e **desempenho** e as considera na modelagem do aluno. Essas variáveis são utilizadas para a realização do processo de inferência (tomada de decisão) para oferecer um *feedback* pedagógico ao aluno.

As pesquisas em STI vêm se desenvolvendo para permitir ao sistema Tutor melhores condições de adaptar-se a cada aluno e individualizar o ensino de forma mais eficaz. São muitos os trabalhos que possuem este objetivo, como por exemplo, os trabalhos que utilizam modelos de alunos com estados mentais (GIRAFFA, 1999; BICA, 2000; ANDRADE, 2001) e identificação de fatores motivacionais (SOLDATO, 1995; BERCHT, 2003; POEL, 2004).

A tentativa de inferir o que o aluno conhece ou não compreende, tem sido um dos principais focos da formalização e avaliação dos modelos cognitivos. O modelo do aluno é comumente descrito como o conhecimento do estudante sobre um determinado domínio e é utilizado para designar as ações tutoriais necessárias para dar seqüência ao

seu aprendizado. Nesta proposta, a modelagem do aluno não se deteve nestas questões e o desempenho em exercícios e provas é apenas uma das variáveis utilizadas para inferir informação a respeito do aluno. Aqui, o modelo do aluno enfoca a modelagem da auto-eficácia e sua natureza engloba cognição e afetividade. Como resultado, espera-se que a avaliação das crenças de auto-eficácia pelo agente MAE apóie a condução de cursos on-line, contribuindo assim para a solução de um dos desafios atuais, que é justamente atingir o equilíbrio adequado para que os esforços de um STI permitam que os alunos realizem as tarefas a que se propõem dentro de uma sessão de estudo, uma vez que também no ensino virtual, segundo Peters (2001), se detecta a ausência de habilidades de independência e iniciativa que proporcionam ao aluno auto-regular a sua motivação. Almeja-se com esta pesquisa agregar características do aluno de maneira a estimulá-lo a explorar melhor os conteúdos, instigando-o no processo de aprender. Dentro desse contexto, as contribuições deste trabalho são:

- Elaboração de um modelo de aluno agregando métricas para considerar a questão da auto-eficácia (expansão do modelo de aluno do GIA);
- Utilização da Lógica *Fuzzy* como máquina de inferência de um agente para inferir a auto-eficácia do aluno;
- Desenvolvimento de um modelo computacional extensível para a teoria da auto-eficácia, envolvendo aspectos da auto-eficácia;
- Seleção de táticas - *feedbacks* de trabalhos prévios do grupo GIA para serem utilizados no modelo computacional visando aumentar a auto-eficácia, conforme modelo de Bandura (1997);
- Primeiro teste com o agente PAT, integrando-o ao ambiente InteliWeb e recebendo mensagens ponto-a-ponto do agente MAE;
- Realização de uma comparação preliminar entre as abordagens *Fuzzy* utilizada neste trabalho e X-DBI utilizadas no GIA.

1.5 Organização da Tese

O texto é constituído de 9 capítulos, de 5 anexos e da bibliografia. Os capítulos e anexos apresentam a seguinte organização:

- O Capítulo 1 é a presente introdução;
- No Capítulo 2 são abordadas questões relacionadas a Tutores Inteligente, abordagens de agentes e descrição de dois trabalhos relacionados;
- No Capítulo 3 são descritas características das crenças de Auto-Eficácia;
- No Capítulo 4 são descritas as principais características da Lógica *Fuzzy*;
- No Capítulo 5 é apresentado o delineamento do agente MAE, incluindo o modelo *Fuzzy* para a Auto-Eficácia;
- O Capítulo 6 apresenta aspectos de implementação;
- O Capítulo 7 apresenta as etapas da construção do InteliWeb, incluindo o material didático;
- O Capítulo 8 aborda aspectos dos resultados das aplicações do InteliWeb;
- No Capítulo 9 são explanadas as considerações finais;
- Organização dos Anexos:

- Anexo A – Questionário de Nível de Competência Tecnológica utilizado na primeira aplicação do InteliWeb;
- Anexo B – Pós-questionário de Acompanhamento do Experimento utilizado na primeira aplicação do InteliWeb;
- Anexo C – Apresentação dos Objetivos, Procedimento de Coleta de Dados, resultados e avaliação do professor referente a primeira aplicação do InteliWeb;
- Anexo D – Apresentação dos Objetivos, Procedimento de Coleta de Dados, resultados e avaliação do professor referente a segunda aplicação do InteliWeb;
- Anexo E – Mensagem recebida do pesquisador Albert Bandura.
- Anexo F – Artigos Publicados.

2 SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

As pesquisas na construção de Ambientes Inteligentes para a aprendizagem assistida por computador, também conhecidos como Sistemas Tutores Inteligentes (STI), tiveram início aproximadamente nos anos 70. São várias as definições de STI, como por exemplo: “Sistemas STI oferecem considerável flexibilidade na apresentação do material e uma maior habilidade para responder às necessidades do usuário” (MCARTHUR, 1993), “Os STI são programas de software que dão suporte às atividades da aprendizagem” (FREEMAN, 2000) e “Sistema Tutor Inteligente é um termo amplo, abrangendo qualquer programa de computador que contém alguma inteligência e pode ser usado em aprendizagem” (GAMBOA, 2001).

Os STI procuram não apenas ensinar mas, como ensinar aprendendo informações relevantes sobre o estudante, proporcionando um aprendizado individualizado. Esses sistemas alcançam sua inteligência pela representação de decisões pedagógicas sobre como transmitir o material (ensinar), além de informações sobre o aluno, o que permite uma grande interatividade do sistema com o aluno. Pode-se considerar que os STI, como ilustra a Figura 2.1, são aplicações baseadas em conhecimento, agregando o conhecimento do domínio que será apresentado, o conhecimento pedagógico e o conhecimento a respeito do aluno.

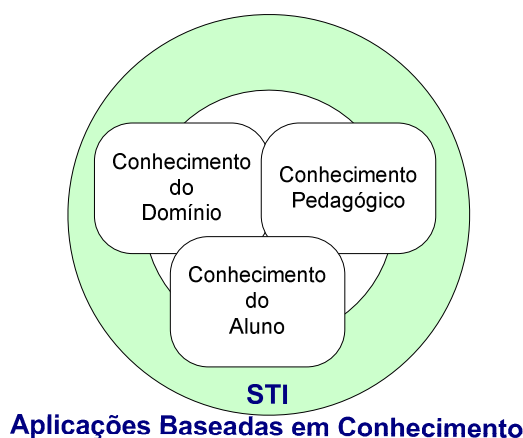


Figura 2.1: Conhecimento necessário para um STI

As arquiteturas de STI variam de uma implementação para outra. Numerosos STI foram implementados entre meados da década de 70, década de 80 e início da década de 90 (Clancey, 1987; WENGER, 1987; ANDERSON, 1988; VICARI, 1990). As

arquiteturas desenvolvidas durante essa fase sustentavam que um sistema STI devia incluir os seguintes elementos funcionais ilustrados na Figura 2.2:

- Interface: é através da interface que o aluno interage com o sistema. Nela podem ser utilizados recursos como a simulação, menus, ícones, janelas, vídeos, sons, frases em linguagem natural, entre outros, para torná-la mais interativa;
- Base do domínio (componente especialista do tutor): esse módulo armazena o conhecimento que o tutor está ensinando e é constituído pelo material instrucional;
- Estratégias de Ensino: esse módulo oferece uma metodologia para o processo de aprendizado que será empregado para auxiliar o aluno durante a interação com o tutor. Os tutores XAIDA (HSIEH et al., 1999) e ID-Expert (MERRILL et al., 1998) são exemplos de sistemas que permitem diferentes tipos de estratégias pedagógicas para diferentes tipos de domínio;
- Modelo do Aluno: esse módulo armazena informações específicas para cada estudante de forma individual. O propósito é fornecer essas informações ao módulo de estratégia de ensino e ao módulo de controle. Pesquisadores como Self (1993) e Mitrovic (1996) já colocavam que, mesmo não sendo completamente preciso e validado, o modelo do aluno é um elemento fundamental nos STI, pois permite a adequação das ações pedagógicas do tutor às necessidades de um aluno;
- Controle: o módulo de controle funciona como um articulador e coordenador dos demais módulos a fim de garantir um sincronismo adequado entre todas as partes.

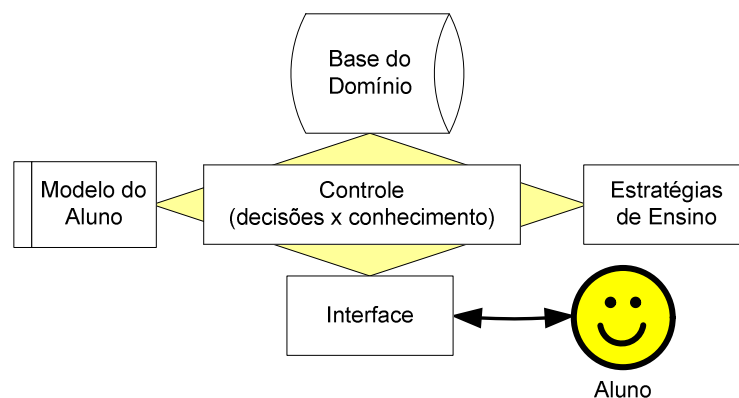


Figura 2.2: Componentes básicos de uma arquitetura de um STI (WENGER, 1987)

A adaptabilidade do tutor a cada estudante está no componente modelo do aluno. Esse modelo deve ser dinâmico e refletir também as mudanças que ocorrem com o aluno no decorrer das interações (além das interações com o ambiente, as interações com o tutor também influenciam o estado do aluno) e, idealmente, o modelo do aluno deve capturar todo o conhecimento esperado para produzir um diagnóstico a respeito de cada aluno.

Vicari (1992) aponta componentes que devem fazer parte do modelo de aluno, os quais são: (i) uma especificação dos objetivos do aluno; (ii) um modelo das intenções do aluno; (iii) os planos do aluno; (iv) as atitudes do aluno; (v) os procedimentos de

inferência do aluno relevantes para a aplicação; (vi) as preferências do aluno e (vii) um histórico de seu comportamento em relação à sua interação com o sistema.

Em STI que mapeia o aluno de acordo com o conhecimento que este possui sobre o domínio, é necessário, segundo Aïmeur et al. (2002), inicializar o modelo do aluno de uma dessas formas: (i) o STI deve assumir que o novo estudante não sabe nada sobre o domínio; (ii) o conhecimento do aluno deve ser avaliado com um pré-teste ou (iii) o sistema deve possuir padrões de alunos para categorizar novos alunos por similaridade.

Existem variados modelos de alunos na literatura e atualmente diversos órgãos internacionais estão elaborando suas propostas de modelo de aluno que possuem um caráter gerencial, como por exemplo:

- *EduPerson* (UCAID, 2002): define uma classe de objetos e o padrão consiste em um conjunto de atributos e dados sobre pessoas e recomendações sobre a sintaxe e semântica desses dados. Entre os atributos estão o nome, sobrenome, tipo de relação da pessoa com a instituição (aluno, professor, etc.), apelido e identificação da pessoa;
- *Instructional Management Systems* (STEPHENS, 2004): tem por objetivo difundir especificações que modelem o aluno, assim como reunir conteúdo de diversos autores. O modelo do aluno é formado por onze categorias (identificação, objetivo, qualificações, atividade, interesse, competência, acessibilidade, desempenho, afiliação, relacionamento e chave de segurança);
- *IEEE Public and Private Information* (PAPI, 2004): reflete as principais idéias de STI. O padrão trata da sintaxe e semântica do modelo de aluno através de seu conhecimento, estilo de aprendizagem, habilidades, registros e informação pessoal. As informações do aluno são separadas em seis categorias (pessoais, relacionamentos, segurança, preferências, desempenho e portfólio).

Atualmente, um dos focos da pesquisa de modelos de aluno está permitindo que um usuário negocie com o seu modelo (KAY, 2001; DIMIROVA, 2001) e, outra linha de pesquisa foca a questão de como dar suporte a grupos de pessoas de forma a permitir que estas se tornem times de trabalho (JOHNSON & JOHNSON 1997).

Vizcaíno (2000) e Tedesco (2001) propõem criar e manter modelos de grupo em sistemas colaborativos. Nesta linha, há várias abordagens possíveis como, por exemplo, analisar o desempenho e as necessidades de cada grupo sem perder de vista as necessidades individuais. Segundo Rosatelli (2003), um modelo de grupo pode ser utilizado para capturar informação importante para manutenção de interações saudáveis, como, por exemplo, o modelo de grupo poder descrever os papéis de cada membro do grupo, suas habilidades e o conhecimento acumulado.

Brusilovsky (1998, 2003) identifica cinco características do usuário que têm sido consideradas nos sistemas como fontes de adaptação: (i) objetivos do usuário; (ii) conhecimento; (iii) experiências prévias; (iv) experiência no hiperespaço e (v) preferências. Em um ambiente de ensino e aprendizagem, Souto (2003) interpreta essas características como: (i) objetivo da aprendizagem do aluno, que se modifica freqüentemente de sessão para sessão ou dentro de uma mesma sessão de estudo; (ii) conhecimento, que na maior parte das vezes é representado através de um modelo de *overlay* (baseado no modelo estrutural do domínio sendo ensinado) ou através de um modelo de estereótipos (como p. ex., muito bom, bom, regular, ruim, muito ruim); (iii) experiência prévia do aluno fora do assunto, mas que é relevante o suficiente para ser

considerada (profissão, experiência no trabalho em áreas relacionadas, etc.); (iv) experiência com o hiperespaço, no sentido de quão fácil ele navega e tem familiaridade com a interface, etc.; e, por último, (v) preferências, no sentido de que o aluno pode preferir alguns nós e links entre tantos e pode preferir partes de uma página, entre outras.

Outra área de estudo é a incorporação de emoções ao modelo do aluno como nos trabalhos de Jaques(2004), Bercht (2001), Soldato (1995), Serres (1993) e Vicente(1998). Existe uma linha de pesquisa na IA que agrega afetividade em sistemas não biológicos, sendo que o aporte científico e básico é buscado fortemente nas ciências Cognitivas, na Psicologia, Filosofia, Neurologia, Biologia.

Um dos tipos de emoção gerada por máquina é a definida como Emoção em Máquina (PICARD, 1997, 2002), na qual a máquina simula “sentir” e possuir emoções através de processos que levem à caracterização das emoções humanas. Normalmente, os fatores que são utilizados para detecção dos estados afetivos e motivacionais do aluno são o esforço, a confiança e a independência (BERTCHT, 2003).

Autores como Murray (1998), Gerther (1998), Mayo (2000) e Shang (2001) consideraram o uso das redes bayesianas para modelagem do aluno devido ao fato das ações e intenções captadas do mesmo poderem ser imprecisas. Neste caso, o modelo do estudante é constituído por representações do processo da construção do conhecimento. O AMPLIA (Ambiente Multiagente Probabilístico Inteligente de Aprendizagem) é um exemplo de ambiente que utiliza redes bayesianas para a representação do conhecimento e cujo objetivo é apoiar o desenvolvimento do raciocínio diagnóstico e a modelagem das hipóteses diagnósticas na área médica (FLORES, 2003).

A Lógica *Fuzzy* também se apresenta como uma forma de modelar o conhecimento incerto acerca do estudante. Introduzida por Zadeh (1965,1996), essa tecnologia possui a habilidade de representar conceitos de forma similar ao pensamento humano. Xu et al. (2002) apresenta um modelo de aluno representado por um modelo *Fuzzy*. Nesse trabalho o ambiente educacional é personalizado para o aluno (material didático, exercícios, sugestões de leituras, entre outros). O tutor FLAME (*Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions*), idealizado por Nasr et al. (2000) utiliza a lógica *fuzzy* para representar as emoções do aluno por intensidade e mapeia os eventos e expectativas para os comportamentos e estados emocionais do aluno.

Nos STI tradicionais, normalmente o controle é centralizado, mantendo todo o gerenciamento sobre o processo instrucional. Atualmente, com o surgimento da Web, grupos de pesquisadores têm implementado diferentes tipos de sistemas adaptativos e inteligentes para a educação a distância. Com o uso da tecnologia de sistemas distribuídos, o controle também passa a ser distribuído, como no caso do ELETROTUTOR III apresentado por Bica (2000), que é uma arquitetura baseada no paradigma de Inteligência Artificial Distribuída com agentes autônomos que se comunicam, atuando de forma cooperativa na realização de um objetivo comum, ou seja, a condução da tarefa de ensinar.

Esse tipo de arquitetura resulta nos chamados ambientes inteligentes de aprendizagem (*Intelligent Learning Environments – ILE*) (OLIVEIRA, 1995) que podem ser entendidos como o resultado da aproximação entre os sistemas tutores inteligentes e os *insights* da Inteligência Artificial Distribuída (SICHMAN, DEMAZEAU, BOISSIER; 1992). A interação tutor/aluno passa a ser vista como um caso particular de interação entre agentes inteligentes. O presente trabalho se enquadra

nesse tipo de arquitetura e a seção 2.1 aborda aspectos de agentes relevantes a este trabalho.

2.1 Agentes

Existe uma ampla variedade de definições para o termo agente. Segundo Russel (2004) um agente computacional deve possuir atributos que o diferenciem de simples programas de computador. Entre essas características distinguem-se a autonomia, persistência, percepção e adaptação no ambiente. A Figura 2.3 representa um agente genérico. Um agente humano possui olhos, ouvidos e outros órgãos para perceber seu ambiente; já um agente robô utiliza-se de câmeras, vários motores, raios infravermelhos, etc. Um software de agente possui codificado em bits suas percepções e ações e é capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e agir sobre esse ambiente através de atuadores.

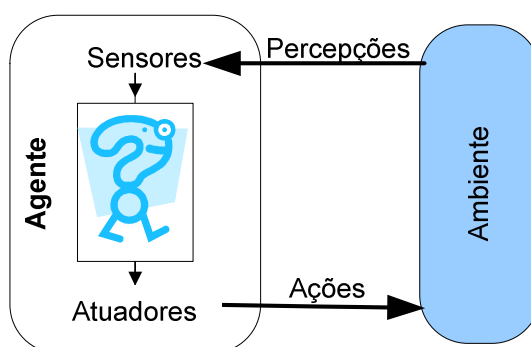


Figura 2.3: Agente genérico (RUSSEL, 2004).

Após a escolha de uma definição geral para o termo agente, há que se analisar características específicas na estrutura do mesmo. Os agentes podem ser divididos em duas classes: os agentes reativos e os agentes cognitivos.

Os agentes reativos não utilizam raciocínio complexo, estruturas de memória ou uma representação interna explícita do conhecimento. Somente percebem o ambiente externo e, baseados nos estímulos do ambiente, reagem de uma forma predeterminada. Tais reações têm objetivos implícitos, que são codificados pelo programador. Esse tipo de arquitetura é baseado em estímulo-resposta.

Os agentes cognitivos são capazes de raciocinar a respeito de suas intenções e conhecimentos, criar planos de ação e executá-los. Possuem modelos explícitos do mundo externo, estruturas de memória que permita manter um histórico de ações passadas e fazer previsões de ações futuras, e um desenvolvido sistema de cooperação e coordenação. Segundo Wooldridge (1994) e Russel (2004), os agentes para serem considerados entidades inteligentes podem apresentar, entre outras, as seguintes características:

- Perceber dinamicamente as condições do ambiente e se adaptar a novas situações;
- Tomar decisões para afetar condições do ambiente, exibindo comportamento direcionado à solução dos seus objetivos;
- Interpretar percepções, resolver problemas, extrair inferências e determinar ações;
- Exibir habilidade social;

- Cooperar com outros agentes e com o usuário.

Para os pesquisadores Wooldridge e Jennings (WOOLDRIDGE et al., 1995, 1999) os agentes inteligentes devem possuir autonomia, percepção e pró-atividade (podem tomar a iniciativa para realizar um determinado comportamento) e devem exibir um comportamento orientado por objetivo (capaz de realizar tarefas complexas e tomar a decisão de como tais tarefas serão divididas e qual a ordem de execução para alcançar a melhor performance).

Nwana argumenta que para um agente ser considerado inteligente, ele deve aprender com os seus atos e/ou interagir com o seu ambiente (NWANA, 1996). De acordo com Alonso (2002) as características que definem um agente são a autonomia, a flexibilidade e a habilidade social.

É através da habilidade social que os agentes interagem com outros agentes e humanos por algum tipo de linguagem de comunicação própria. Esse processo de interação propicia a um conjunto de agentes inteligentes combinarem seus esforços na busca de solução para problemas distribuídos. Interações são inerentemente dependentes das ações de coordenação de pelo menos dois agentes. A interação entre agentes pode ocorrer através de ações lingüísticas explícitas (comunicação) ou ações não lingüísticas (em função da modificação do mundo no qual eles estejam atuando).

A interação pode ser dividida em quatro camadas de complexidade: comunicação, coordenação, cooperação e colaboração (WORTMANN, 2001). A camada comunicação é básica de qualquer software que precisa interagir. A comunicação entre agentes está baseada em mensagens. Em (WOOLDRIDGE, 1994), é feita uma abordagem levando em conta a troca ou passagem de mensagens entre agentes, sendo apresentadas três formas:

- Mensagens ponto-a-ponto ou peer-to-peer: este tipo de mensagem é muito utilizado em sistemas concorrentes baseados em objetos. As mensagens são enviadas para um endereço específico (o receptor) que é conhecido pelo transmissor. Isso representa vantagens, uma vez que o transmissor sabe para quem a mensagem está sendo enviada e os controles de segurança são mais facilmente implementados. Esta é a forma que o agente MAE envia suas mensagens para o agente PAT;
- Mensagens *broadcast*: não se baseia na passagem para um endereço específico, mas para todos os agentes que participam do sistema. Contudo, este tipo de passagem de mensagem não é seguro uma vez que todos os agentes podem verificar o conteúdo de uma mensagem;
- Mensagens *multicast*: diferente do *broadcast* este método visa a passagem de mensagens para um grupo de agentes. Dessa maneira, quando se deseja informar uma mensagem para um agente esta é enviada para o grupo que ele faz parte.

A camada coordenação define as regras de interação, considerando as atividades dos agentes, de forma a se evitar comportamentos indesejados. A camada cooperação é uma camada encontrada apenas em sistemas onde a cooperação reflete uma estratégia de ação decidida pelo agente, permitindo a negociação. A camada mais refinada é a camada colaboração onde um agente tem capacidade de detectar possíveis objetivos comuns e de planejar sua atividade com os outros de forma a atingir o objetivo da melhor forma possível, aproveitando ao máximo a partilha de informações.

Como exemplos de protocolo de comunicação tem-se o *FIPA Agent Communication Languages FIPA ACL*, que é o padrão proposto pela *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA, 1996) e o *Knowledge Query and Manipulation Language* (KQML), proposto por (FININ et al, 1993). Essa padronização da comunicação entre agentes permite que o conhecimento seja transferido de um agente para outro (ALONSO, 2002).

A partir das características previamente apontadas, Resende (2005) classifica os agentes de acordo com os eixos: cognitivo, de foco, de atuação e ambiental, retratados na Figura 2.4. O eixo cognitivo representa se o agente possui um modelo de representação do ambiente e/ou de outros agentes. O eixo de foco enfatiza que um agente pode possuir similaridades físicas com humanos e/ou pode enfatizar características comportamentais. O eixo de atuação apresenta as formas de atuação dos agentes, ou seja, um agente pode atuar sozinho ou interagir com outros agentes. E, por fim, o eixo ambiental representa as formas que um agente pode atuar (no Desktop ou em uma rede internet ou intranet).

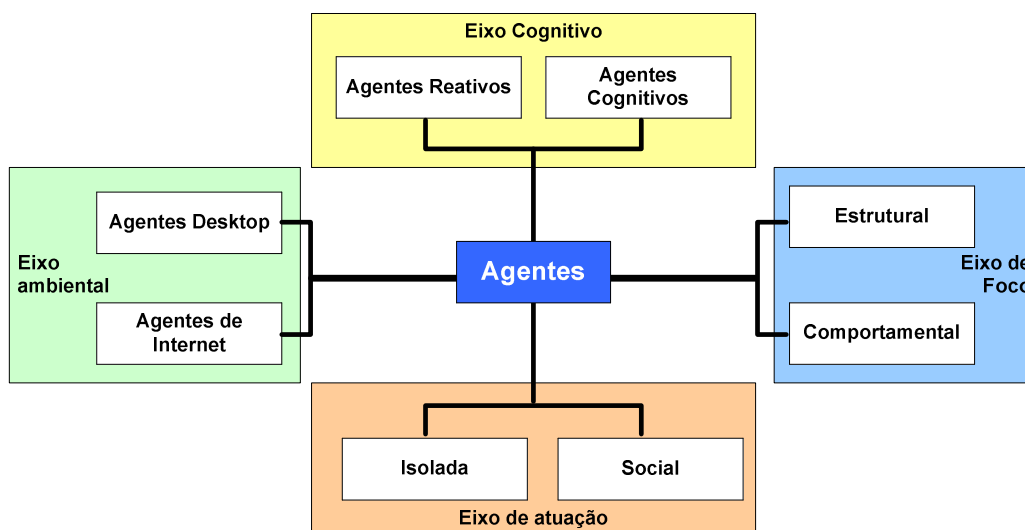


Figura 2.4: Taxonomia de agentes (RESENDE, 2005).

Os agentes inteligentes estão sendo utilizados para implementar diversos sistemas STI, uma vez que cada componente do ambiente pode ser implementado como um agente independente, possuindo facilidades de interação com os outros agentes. Existem diversos exemplos na literatura sobre a utilização de agentes inteligentes em sistemas educacionais (CHOU, 2003).

Segundo Shoham (1993), uma sociedade de agentes para aprender e ensinar pode ser a solução para a construção de ambientes de ensino e aprendizagem, se os agentes trabalharem de maneira concorrente e autônoma para alcançar seus objetivos. Os agentes em um ambiente de ensino/aprendizagem são considerados autônomos porque as atividades dos agentes individuais não requerem constante supervisão externa e não há autoridade central projetada para controlar todas as interações desempenhadas entre eles.

Este trabalho utiliza agentes na modelagem e projeto de um ILE. O agente MAE, seguindo a taxonomia de agentes de Resende (2005), apresenta como principais características: ser um agente cognitivo, de Internet, social e comportamental.

Segundo Giraffa (1999) a abordagem multiagente apresenta-se como uma alternativa bastante interessante para a construção de ambientes de ensino, pois permite a integração dos diversos componentes do ambiente de aprendizagem, permitindo um melhor tratamento nos seguintes aspectos: a distância entre estudantes e professores, o ritmo de aprendizagem de cada estudante e o acompanhamento individualizado dos estudantes, além de estabelecer uma verdadeira parceria entre os diversos atores (agentes) do sistema, sejam eles humanos ou artificiais. Quanto à modelagem do aluno, a tecnologia relacionada com os agentes cognitivos (deliberativos) permite a construção de modelos mais robustos.

Para Marietto (1997), a utilização de agentes possibilita o desenvolvimento de diferentes raciocínios e a integração de várias ações para alcançar um determinado objetivo. Além disso, a utilização de agentes inteligentes é uma boa opção para reduzir o custo destes sistemas, pois eles favorecem a modularização e a evolução. O estado da arte em STI, utilizando agente(s), pode ser avaliado em trabalhos como Silveira (2001), D'Amico (1999), Yager (2000), Bercht (2001), Vassileva (2001), Flores (2003) e Jaques(2004).

O grupo de pesquisa (GIA) em que este trabalho está inserido vem desenvolvendo STI com modelos do aluno e do tutor baseados em arquiteturas intencionais utilizando BDI (BRATMAN, 1990) para tratar da representação do conhecimento e de afetividade. O BDI é um paradigma para se descrever agentes e suas relações com o mundo que os contêm, bem como os estados mentais de crenças, desejos e intenções representam os principais requisitos na construção dos próprios agentes (BERCHT, 2001).

A nossa meta geral, como grupo, é a de ter sistemas mais adaptativos ao estudante. A abordagem BDI foi utilizada para modelar as habilidades cognitivas do estudante em (GIRAFFA, 1999), a motivação e estados afetivos foram tratados no trabalho de Bercht (2001) e algumas emoções foram mapeadas em (JAQUES, 2004). Esses trabalhos utilizaram trabalhos prévios do nosso grupo de pesquisa em BDI que resultaram na ferramenta X-BDI (MÓRA, 1998).

Nas seções 2.2 e 2.3 são abordados os trabalhos de Berth (2001) e Jaques (2004), os quais propuseram Sistemas Tutores Inteligentes com arquiteturas de agentes. O critério de seleção desses trabalhos deu-se em função das suas características e das suas contribuições para esta Tese de Doutorado. Ao final da descrição de cada ambiente, ressalta-se o tipo de contribuição que aquele trabalho ofereceu para este estudo.

2.2 Trabalho de Bercht

O trabalho de Bercht (BERCHT, 2001) propôs um STI com arquitetura multiagente, na qual os agentes são modelados através da metáfora de estados mentais – X-BDI proposto em Mora (MÓRA, 2000).

Nesse trabalho, a pesquisa focou o problema de decisão de um STI em que pese sua adaptabilidade (estratégias de interação e de ensino) ao processo de ensino e aprendizagem e que leve em conta os afetos e as emoções inferidas através de comportamentos observáveis do aluno em interação. Os comportamentos observáveis considerados incluíram a quantidade de vezes que um aluno desenvolve a mesma tarefa, a desistência na execução de um problema e o número de vezes que o sistema atua oferecendo ajuda ao aluno.

O modelo de aluno elaborado por (BERCHT, 2001) levou em conta os fatores motivacionais e afetivos. Assim, além da avaliação pedagógica tradicional de um STI (baseada em quanto um aluno conhece sobre um determinado tópico ou domina uma habilidade específica), foi adicionada a intensidade em que o aluno desenvolve o seu aprendizado. Como decorrência, Bercht salienta que um STI necessita estender o conhecimento e procedimentos relativos à detecção e análise dos estados afetivos do aluno.

O modelo de aluno elaborado por (BERCHT, 2001) é constituído de forma interativa e em tempo real, sendo composto por dois esquemas. São eles:

- Esquemas Afetivos: apresentam a modelagem do aluno quanto às suas características afetivas, podendo ser comportamentais, estilos de aprendizagem, condições fisiológicas e outras, à medida que se obtenham dados para a elaboração de tais modelagens;
- Esquemas Intelectuais: retêm as condições do aluno em relação ao domínio: seus acertos e erros, sua performance, os tópicos dominados e aqueles a desenvolver, e que além disso, contêm as regras, fatos, crenças que o tutor crê que o aluno possua em relação ao seu desempenho e sua competência no domínio.

A arquitetura formulada, ilustrada na Figura 2.5, engloba um agente pedagógico e um sistema perceptivo (Percepção) para o reconhecimento de sinais e fatores que auxiliem na identificação de possíveis estados afetivos de um aluno.

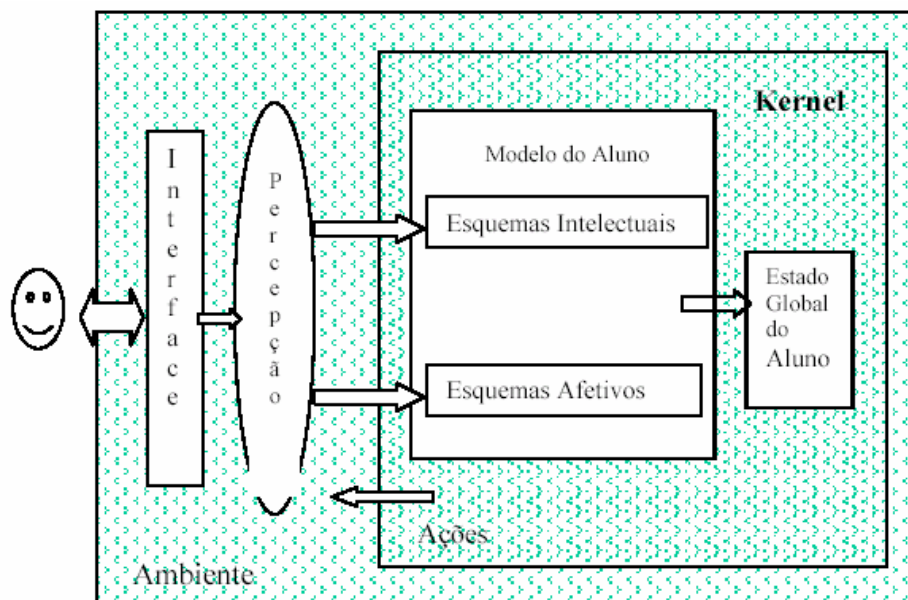


Figura 2.5: Arquitetura multiagente de Bercht (BERCHT, 2001).

A Percepção é composta por agentes especializados que trabalham juntos com a interface do STI e rastreiam a interação do aluno e do tutor, levantando os dados e ações realizadas pelo aluno, tais como, o tempo de resposta e quais as atitudes e comportamentos apresentados por ele frente a um determinado evento. O agente perceptivo, idealizado por Moissa (MOISSA, 2001), analisa as ações do aluno, compondo um histórico tanto de seu comportamento relativo ao desempenho e

competência no domínio quanto aos aspectos afetivos e motivacionais, capturando assim os comportamentos observáveis. Também as ações do Tutor estão sendo observadas, principalmente quanto ao tipo e número de suas intervenções, que tipo de ajudas foram disponibilizadas e quais as tarefas propostas. As informações obtidas pelo agente Percepção são enviadas para o agente pedagógico.

Os fatores que são utilizados para detecção dos estados afetivos e motivacionais do aluno são o esforço ou persistência (grau de dedicação à execução ou à fuga do evento), a confiança e a independência. Segundo Bercht (2001) esses fatores influenciam diretamente a motivação de aprender.

O agente pedagógico (tutor) está representado por um “kernel cognitivo” e possui mecanismos de raciocínio e decisão de planos e ações devido a sua arquitetura BDI e mantém um histórico de suas atuações.

O tutor, em detalhes na Figura 2.6, foi simulado no contexto do Eletrotutor III (BICA, 2000)(REIS, 2001)(SILVEIRA, 2002) e possui um módulo de inferência que identifica os estados mentais do aluno que estão associados a ações e aos fatores afetivos já reconhecidos pela interface (Percepção) (seta 2). O módulo Decisão, a partir do módulo estratégias (seta 4) e dos seus próprios estados mentais (seta 5), produz as ações pedagógicas (seta 6). E finalmente, a cada situação observável e estado mental do aluno identificável, uma indicação de ação é sugerida por cada subgrupo de táticas. Por fim as ações pedagógicas do tutor são representadas pela seta (7). As táticas baseadas no desempenho do aluno são as estipuladas em (SILVEIRA, 2001) e foram sugeridas ações do agente pedagógico sem, contudo, estipular o teor das mensagens e os detalhes da apresentação na interface.

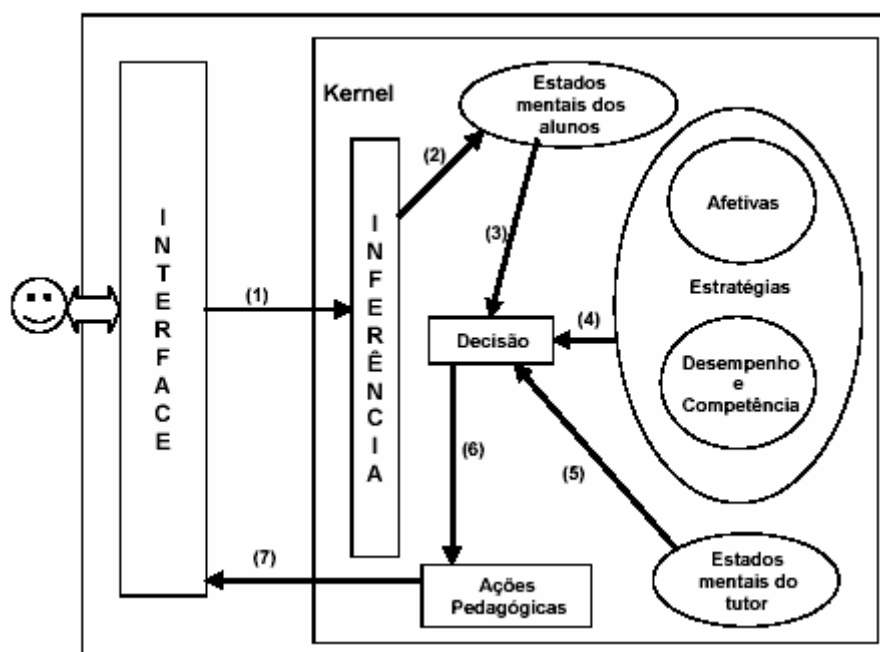


Figura 2.6: Arquitetura multiagente com kernel detalhado (BERCHT, 2001).

Também foram definidos elementos independentes de domínio, como: Problema/Tarefa (atividades a serem desenvolvidas englobam o material didático), Ajuda (dicas de como realizar a tarefa), Contribuição (mensagem específica em relação a um contexto) e Mensagem (mensagens de apoio, incentivo, sugestões, reflexões e indicações sobre as tarefas futuras). Para cada um desses elementos foram incluídos “Estados” e “Tipos” baseados no trabalho de (SOLDATO, 1995) como, por exemplo, o elemento “Ajuda”, que possui entre outros os estados “Rejeitada” e “Sugerida” e os tipos “Geral” e “Específica”. O tutor pode agir como Guia (atua de modo mais diretivo) ou Assistente (intervém menos que no modo Guia).

O estudo do STI, baseado na arquitetura de Bercht (2001), mostrou a possibilidade de modelar agentes cognitivos com estados mentais e também a possibilidade de modelar o aluno com elementos motivacionais e afetivos. O trabalho desenvolvido nesta Tese usa o conceito de esforço/persistência utilizado em Betcht (2001). Nesse trabalho, esforço e persistência são considerados como uma variável única.

2.3 Trabalho de Jaques

O trabalho proposto em Jaques (JAQUES, 2004) apresenta um agente pedagógico animado que possui o objetivo de fornecer suporte emocional ao aluno, para que ele tenha um melhor aprendizado através de motivação e encorajamento, fazendo-o acreditar em suas próprias habilidades e promovendo no mesmo um estado de espírito positivo. O agente chama-se Agente Mediador e é representado por um personagem animado chamado PAT (Pedagogical and Affective Tutor).

Esse agente utiliza táticas afetivas que são expressas através de comportamentos emotivos e mensagens de encorajamento do personagem animado. Para escolher as táticas afetivas adequadas, o agente deve conhecer as emoções do aluno. O agente infere as emoções do aluno através das ações que este realiza na interface do sistema educacional. São exemplos de comportamentos observáveis: tempo de execução de uma atividade, sucesso ou falha na execução de um exercício e pedido de ajuda. As seguintes emoções do aluno são inferidas: alegria e tristeza, satisfação e frustração, raiva e gratidão, e vergonha.

A inferência das emoções é fundamentada psicologicamente na teoria cognitiva das emoções, através do modelo OCC (ORTONY, CLORE, COLLINS, 1988) que é baseado na abordagem cognitivista das emoções e é possível de ser implementado computacionalmente.

Segundo Jaques (JAQUES, 2004) o surgimento das emoções alegria e tristeza ocorrem quando uma pessoa foca na desejabilidade de um evento de acordo com os seus objetivos. O modelo OCC define que alegria ocorre quando há um evento desejável e tristeza quando o evento é indesejável. As emoções de satisfação e frustração surgem quando uma pessoa tem a confirmação da realização (satisfação) ou confirmação de não realização (frustração) de um evento que esperava que pudesse se realizar. As emoções de gratidão e raiva são disparadas quando o agente avalia as ações de um outro agente em relação à interferência na realização de seus objetivos. Uma pessoa possui gratidão em relação à outra quando avalia que a ação desta foi boa e trouxe consequência positiva para ela. A raiva surge quando a ação de alguém é avaliada como censurável e que ainda trouxe uma consequência negativa. Se a ação avaliada é a própria ação,

emoções como vergonha ou orgulho podem ser disparadas. O orgulho surge quando uma pessoa aprova sua ação e a vergonha ocorre em caso contrário.

Para composição do agente animado PAT, Bocca (2003) e Jaques (2003) realizaram entrevistas com pedagogas, psicopedagogas, psicólogas e designers, das quais foram retiradas as seguintes informações como características que um agente tutor deve possuir:

- O personagem deve ser de corpo inteiro, homem ou mulher e de tamanho proporcional à tela, dando uma noção do todo, sendo mais próximo da realidade;
- Deve ter reações (expressões) faciais de alegria, tristeza, incentivo, apoio, espanto, admiração, calma. Que pudesse, ainda, pular, fazer careta, sentar e abaixar a cabeça, ficar de costas, tapar o rosto, ficar cabisbaixo, expressar emoções de acordo com o momento e fazer com que o usuário reflita porque não está indo bem nos exercícios, sem ter que interromper o usuário com uma intervenção escrita ou falada;
- O personagem deve aparecer o tempo todo, interagir com o usuário e entrar em ação com a postura adequada ao momento do acontecimento, saber o momento certo para responder com humor ou de maneira séria e colaborar com mensagens de incentivo sem chamar demais a atenção para si. As mudanças de postura e face devem ser de forma sutil, não de forma brusca como os desenhos das faces alegres e tristes dos cartazes de empresas;
- Ele deve se mover na tela, gesticular, mexer a boca, os braços. Deve ter posturas diferentes em momentos diferentes, mas de forma descontraída para não tornar monótono o personagem. Deve usar roupas normais, descontraídas não muito formais;
- Deve ser colorido por ser mais estimulante, mas não cores muito apagadas como cinza e nem muito vivas como vermelho-sangue. Cores como azul, amarelo, rosa, verde. Ele deve ser um personagem mesclado, isto é, não muito “certinho” e nem muito “atirado”, não um personagem modelo, perfeito. Deve falar e escrever, usando o balão para comunicação escrita.

A interface do personagem foi desenvolvida em Java, JavaScript e usa o Microsoft Agent. A Figura 2.7 ilustra esta interface, relacionando o porquê da utilização de algumas características do personagem, como o uso do óculos, corte de cabelo, roupa e cores.

O personagem apresenta comportamentos verbais e não verbais afetivos. O Módulo responsável por estes comportamentos é formado pelos componentes: seleção, montagem e apresentação. Para cada tipo de comportamento (por exemplo: comportamento encorajamento), existem várias animações diferentes que podem ser exibidas. Isso foi implementado para que o personagem pareça mais credível. Se o agente apresentasse sempre o mesmo comportamento para algumas situações, o agente pareceria monótono ao aluno. Como existe mais de uma animação possível para cada tipo de comportamento, o agente na hora da apresentação, deve escolher aleatoriamente uma destas animações para ser exibida. O PAT pode demonstrar uma ação enquanto fala, pode usar a contemplação, afirmação com a cabeça, expressões faciais que podem ser um *feedback* nas declarações dos alunos, sem a necessidade da comunicação verbal e ruptura do raciocínio do aluno durante a realização da tarefa.

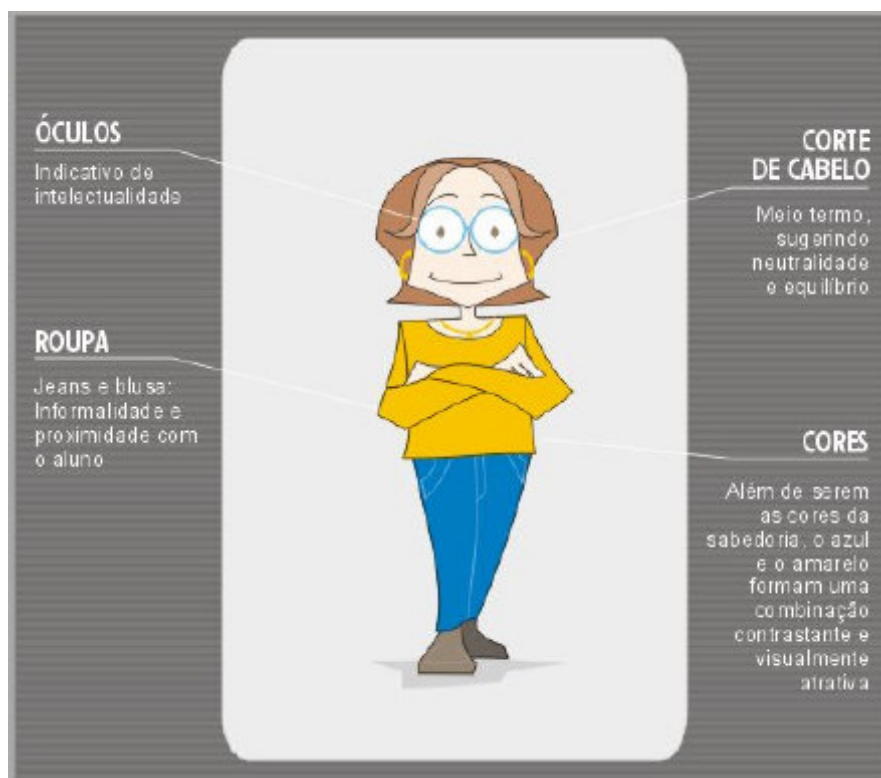


Figura 2.7: Interface do PAT (BOCCA, 2003)

Segundo BOCCA (2003) muitos pesquisadores em educação à distância têm apostado no uso de agentes animados como softwares educacionais devido a vantagens como demonstrar tarefas, empregar gestos e locomoção para focar a atenção dos alunos e expressa respostas emotivas para a situação de um tutorial, o que permite a estes agentes a ampliação da comunicação, prendendo a atenção e motivando o aluno num tutorial. Com esses agentes, o aluno pode aprender e praticar habilidades no mundo virtual e o computador pode interagir com os alunos através de diálogo tutorial no papel de professor ou companheiro aprendiz. O agente pedagógico animado apresenta as vantagens de aumentar a comunicação entre alunos e computadores, e incrementa a habilidade do computador para engajar e motivar o aluno.

Alguns dos comportamentos implementados no PAT serão utilizados neste trabalho. A Tabela 2.1 ilustra dois dos comportamentos físicos e verbais do agente, os quais são Encorajamento e Dar ajuda.

Tabela 2.1: Exemplos de Comportamentos Verbais e Físicos de PAT

Físico	Descrição Comportamento Físico	Verbal
Encorajamento	Pat está lutando Boxe e acerta um saco de pancadas, no qual está escrito “Minhas Dificuldades”	“Eu sei que você é capaz de nocautear as suas dificuldades”
Encorajamento	Pat deita de cansaço em um sofá	“Não desanime!”
Dar Ajuda	PAT está vestida como um sábio monge.	“Tenho muita sabedoria para te passar.”

Para implementar o modelo afetivo do aluno e o diagnóstico afetivo foi utilizada uma abordagem BDI. Como um caso de estudo, o agente é implementado como o Agente Mediador de MACES: um ambiente para ensino colaborativo a distância modelado com uma arquitetura multiagente e baseado psicologicamente na abordagem Sociocultural de Vygotsky (ANDRADE et al., 2001).

A arquitetura do agente é dividida em 2 partes: o módulo Corpo (Body) e o módulo Mente (Mind). O Corpo do agente é responsável por capturar as ações do aluno na interface do sistema, realizar a comunicação com os outros agentes e mostrar os comportamentos animados e mensagens escolhidos pelo módulo Mente.

O módulo Mente é responsável por reconhecer os estados afetivos do aluno a partir de seu comportamento observável e escolher as táticas pedagógicas afetivas de acordo com o modelo afetivo do aluno.

O agente Mediador troca informações com o Agente Diagnóstico e com o Semiótico. Ele fica observando os comportamentos do aluno e se verificar que pode ser inferido um estado afetivo a partir dessa informação seleciona uma tática e mostra a mesma ao aluno. Se a tática selecionada for de apresentação de conteúdo o agente Mediador requisita que outro agente realize esta tarefa.

O Agente Mediador (PAT) possui características interessantes, especialmente a possibilidade do agente ser representado por um personagem animado. Esse agente verifica estados afetivos a partir das ações do aluno e como retorno a esse aluno seleciona uma estratégia que pode ser um dos comportamentos afetivos verbais ou físicos do seu repertório.

O PAT é utilizado neste trabalho como um agente reativo que mostra ao aluno um dos *feedbacks* afetivos (comportamentos físicos e/ou verbais) que agrega. As táticas elaboradas no trabalho de Jaques (2004) são focadas em motivação. Neste trabalho, foram selecionadas táticas compatíveis com a Auto-Eficácia, que são descritas na seção 1.1.1. Neste trabalho, assim como em (JAQUES, 2004) e (AMES, 1990), utilizou-se dois tipos de objetivos de aprendizagem (intrínseco e extrínseco) e os *feedbacks* foram divididos de acordo com o grau de Auto-Eficácia e o tipo de objetivo.

2.4 Considerações do Capítulo

O modelo de aluno idealizado neste trabalho agrega informações a respeito da Auto-Eficácia de alunos inferidas pelo agente MAE. Seguindo a taxonomia de agentes de Resende (2005), esse agente apresenta como principais características: ser um agente cognitivo, de Internet, social (troca mensagens ponto a ponto) e comportamental.

Para a modelagem da Auto-Eficácia foram agregados os tipos de objetivos de aprendizagem utilizados em Jaques (2004) e o conceito de esforço/persistência utilizado em Bercht (2001). Sendo que em Bercht (2001) o esforço e a persistência são considerados como uma variável única, já neste trabalho são variáveis distintas.

3 AUTO-EFICÁCIA

O texto deste Capítulo é composto por uma introdução à Teoria da Auto-Eficácia, construída da Psicologia Social Cognitiva que corresponde à área dos estudos utilizada na elaboração do modelo do aluno deste trabalho.

A Teoria da Auto-Eficácia foi desenvolvida por Bandura (1977, 1982, 1986) e tem se mostrado uma variável chave na Psicologia clínica, educacional e social, do desenvolvimento e da saúde (SCHWARZER, 1996). Essa teoria defende que todos os processos de mudança psicológica e comportamental se operam a partir de alterações no sentido de maestria e auto-eficácia.

Bandura (1986) situa o conceito de determinismo recíproco, no qual três principais fatores influenciam e criam interações, resultando em uma tríade de influências da auto-eficácia. Os fatores são: (i) fatores pessoais na forma de cognição, afetos e eventos biológicos, (ii) comportamento e (iii) ambiente, sendo que os elementos influenciam uns aos outros, conforme mostra na Figura 3.1.

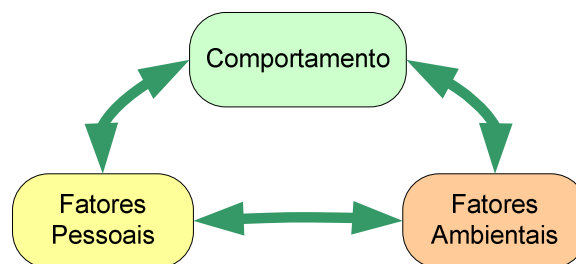


Figura 3.1: Elementos que influenciam a Auto-Eficácia

Este autor define como Auto-Eficácia "a crença do indivíduo sobre as suas capacidades de exercer controle sobre acontecimentos que afetam a sua vida" (BANDURA, 1989) "e a crença nas suas capacidades para mobilizar motivação, recursos cognitivos e implementar ações que lhe permitam exercer controle sobre tarefas exigidas" (BANDURA, 1990).

Dessa forma, a Auto-Eficácia diz respeito não às capacidades que um indivíduo possui para realizar determinada tarefa com sucesso, mas sim ao julgamento que ele faz sobre essas mesmas capacidades (MADDUX, 1995). As crenças acerca dessas

capacidades e recursos pessoais se constituem em um produto da interação entre diversos fatores, como experiências anteriores de sucesso ou fracasso.

Berger & McInman (1993) elaboram uma definição baseada nos mesmos processos que Bandura, salientando a existência de dois processos cognitivos: a crença que é capaz de realizar determinada tarefa; e a confiança na sua própria competência individual. Schunk (1991) especifica que, na área escolar, as crenças de Auto-Eficácia são convicções pessoais quanto a dar conta de uma determinada tarefa e num grau de qualidade definida.

Ressalta também (BZUNECK, 2004) que a Auto-Eficácia se trata de uma avaliação ou percepção pessoal quanto à própria inteligência, habilidades e conhecimentos, entre outros, representados pelo termo “capacidades”. Não é questão de se possuir ou não tais capacidades, pois não basta que estejam presentes. Trata-se de a pessoa **acreditar** que as possui. Além disso, essas são capacidades direcionadas para organizar e executar linhas de ação, o que significa uma expectativa de “eu posso fazer” determinada ação.

A Auto-Eficácia é definida como as crenças que os indivíduos possuem sobre as suas capacidades de produzirem, de realizarem algo. Tais crenças determinam como sentem e pensam, produzindo efeitos diversos em quatro principais processos os quais incluem a cognição, a motivação, a afetividade e a seleção. A Auto-Eficácia influencia, principalmente:

- O curso das ações;
- O esforço;
- A perseverança em face de obstáculos e falhas;
- A recuperação à adversidade;
- O estresse e depressão em situações de reprovação e sobrecarga; e
- O nível de realização.

Uma forte crença de eficácia garante que o indivíduo acredite em suas capacidades, encarando tarefas difíceis como desafios e não como algo que deve ser evitado [BANDURA, 1997]. Dessa forma, este indivíduo pode estabelecer metas desafiadoras e manter o compromisso de realizá-las. Pessoas com um bom nível de eficácia atribuem o fracasso a esforço insuficiente ou conhecimento deficiente, tendo em mente que podem adquirir as habilidades necessárias para realizarem novamente a tarefa com sucesso. Tal postura produz perspectivas de realizações pessoais, reduz a tensão, vulnerabilidade e depressão.

Em contraste, pessoas que duvidam de suas capacidades recuam de tarefas difíceis que, muitas vezes, são vistas como ameaças pessoais. Normalmente, esses indivíduos têm baixas aspirações e compromisso às metas que eles escolhem executar e enfatizam as deficiências pessoais, quando enfrentam tarefas difíceis, nos obstáculos e em todos os tipos de resultados adversos, ao invés de se concentrarem em como executar prosperamente a tarefa. Ainda, possuem baixo nível de esforço e desistem depressa em face das dificuldades, e recuperam muito lentamente o senso de eficácia quando ocorrem fracassos ou retrocessos, já que percebem o desempenho insuficiente como aptidão deficiente, não acreditando nas suas capacidades.

De acordo com a teoria de Bandura (1986; 1989; 1993), a Auto-Eficácia de uma pessoa determina seu nível de motivação da seguinte forma: é em função dessa crença

que essa pessoa tem um incentivo para agir e imprime uma determinada direção a suas ações pelo fato de antecipar mentalmente o que pode realizar para obter resultados. Sendo assim, a Auto-Eficácia influencia as escolhas de cursos de ação, o estabelecimento de metas, a quantidade de esforço e a perseverança em busca dos objetivos. Esses efeitos foram descobertos nas pesquisas originais de Bandura e de seus colaboradores com indivíduos de certas fobias e dependências sob tratamento clínico-psicológico (PAJARES, 1997).

No contexto acadêmico, Bzuneck (2004) declara que um aluno motivar-se-á a se envolver nas atividades de aprendizagem caso acredite que com os seus conhecimentos, talentos e habilidades poderá adquirir novos conhecimentos, dominar um conteúdo, melhorar suas habilidades, entre outros. Assim, esse aluno selecionará atividades e estratégias de ação que, segundo prevê, poderão ser executadas por ele e abandonará outros objetivos ou cursos de ação que não lhe representem incentivo porque sabe que não os poderá implementar.

Com fortes crenças de Auto-Eficácia, o esforço se fará presente desde o início e ao longo de todo o processo, de maneira persistente, mesmo que sobrevenham dificuldades e contratemplos. Por isso, Bandura (1986) considera que os julgamentos de Auto-Eficácia atuam como mediadores entre as reais capacidades que são as aptidões, conhecimentos e habilidades, e a própria performance. Isto é, esses outros fatores, que também contribuem para predição do desempenho, não produzirão as esperadas conseqüências, a menos que ocorra a mediação das crenças de Auto-Eficácia.

A Auto-Eficácia pode ser representada como um esquema ou modelo de funcionamento mental. O modelo de Auto-Eficácia proposto por Bandura possui como principais elementos: objetivos, padrão pessoal, processo avaliativo e *feedback*. A Figura 3.2 apresenta esse modelo e as relações entre seus elementos.

Seguindo os pressupostos de Bandura (1997), as crenças de Auto-Eficácia influenciam as escolhas dos objetivos por parte do aluno. No modelo computacional proposto, esses são considerados objetivos de aprendizagem e podem ser extrínsecos ou intrínsecos. Como objetivo intrínseco tem-se o domínio do conhecimento e como objetivo extrínseco, o desempenho.

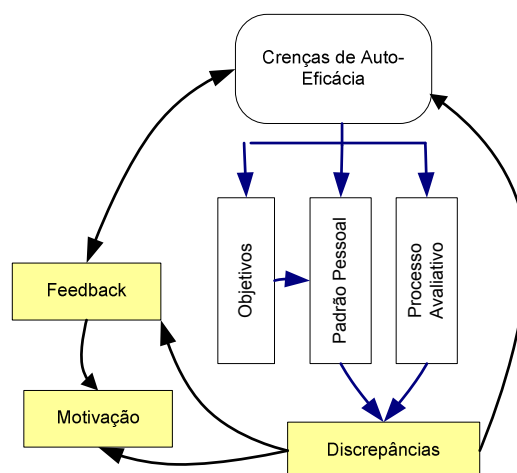


Figura 3.2: Modelo de Auto-Eficácia

Cerdeira (1995) e Bandura (1997) sustentam que quando se permite aos indivíduos a escolha de suas metas, estes assumem para com elas um compromisso, passando desse modo a considerarem-se responsáveis pelos progressos relativos a sua persecução, incrementando assim os sub-processos da auto-avaliação e, por isso também, o nível de desempenho e as expectativas de auto-eficácia.

Quando o aluno seleciona um objetivo, ele cria um padrão pessoal de si mesmo, ou seja, o que ele espera de si mesmo na realização de uma atividade. Contudo, no decorrer das suas ações pode acontecer dele se desviar do objetivo selecionado e através de um processo avaliativo, por exemplo, um processo interno, exercícios, provas ou tempo despendido na sessão de estudo, ele pode perceber discrepâncias. Estas discrepâncias afetam diretamente a sua motivação e as crenças de Auto-Eficácia.

Um sistema de *feedback* deve ser acionado quando ocorrerem tais discrepâncias. Segundo Lock (1990) e Bandura (1997), inicialmente os objetivos por si só servem de impulsionadores da ação, aumentando a motivação do aluno, mas se não houver um sistema de *feedback* que regule e controle as ações, os objetivos podem acabar perdendo a sua força.

Nesse contexto, o modelo do aluno proposto neste trabalho engloba as crenças da Auto-Eficácia, o objetivo de aprendizagem (padrão pessoal), o esforço e a persistência. O grau de esforço pode ser entendido como a intensidade na realização das atividades para atingir um alvo e é mapeado como o tempo no qual o aluno permaneceu fazendo uma tarefa (ARISON, et. al, 1990). Já a persistência pode ser entendida como a constância em uma atividade (SOLDATO, 1995).

A motivação referenciada no modelo de Bandura, pode ser entendida, segundo Sprinthall (1993), como uma força capaz de desencadear e manter uma ação, canalizando o comportamento para um determinado fim. Conseqüentemente, a motivação conduz a atitudes dinâmicas, ativas e persistentes.

A motivação é comumente dividida em intrínseca e extrínseca. A motivação intrínseca configura-se como uma tendência natural para buscar novidades e desafios. O indivíduo realiza determinada atividade pela própria causa, por considerá-la interessante, atraente ou geradora de satisfação, ou seja, quando um aluno tem vontade de aprender algo essa por si só é a sua motivação para aprender. Quando ele satisfaz essa necessidade, aprendendo o que queria, essa ação gera prazer e ao mesmo tempo serve como recompensa e cria nova motivação para aprender mais. É uma orientação motivacional que tem por característica a autonomia do aluno e a auto-regulação de sua aprendizagem. Já a motivação extrínseca tem sido definida como a motivação para trabalhar em resposta a algo externo à tarefa, como a obtenção de recompensas externas, materiais ou sociais, em geral, com a finalidade de atender solicitações ou pressões de outras pessoas, ou de demonstrar competências e habilidades (AMABILE et al., 1994). Por exemplo, a família cobrar que o aluno tire boas notas nas provas. O aluno se esforçará e estudará para conseguir isso, mas, passado o exame, pouco ou nada terá retido de tudo que estudou, pois os conhecimentos envolvidos não eram do seu interesse.

No contexto escolar, há indicadores de que a motivação intrínseca facilita a aprendizagem e o desempenho dos estudantes. O aluno intrinsecamente motivado envolve-se em atividades que oferecem a oportunidade para o aprimoramento de seus conhecimentos e de suas habilidades. Por sua vez, o indivíduo extrinsecamente

motivado realiza uma tarefa escolar para melhorar suas notas ou para conseguir prêmios e elogios (GUIMARÃES, 2003).

Santos (2002), considera que a aprendizagem será mais duradoura quando é sustentada pela motivação intrínseca do que quando é impulsionada por um reforço externo. Todavia, admite que a motivação extrínseca pode ser necessária para obrigar o aluno a iniciar certas atividades ou para ativar o processo de aprendizagem.

Considerando-se que um grande objetivo da educação é fazer com que todos os alunos tenham real chance de sucesso e de progresso, para alimentar as crenças de Auto-Eficácia parecem ser igualmente válidas, as mesmas estratégias que Stipek (1993) coletou de pesquisas para a promoção da motivação intrínseca. Dessas estratégias destacam-se as seguintes, ligadas às maneiras de se dar tarefas ou atividades aos alunos: (i) dar tarefas que contenham partes relativamente fáceis para todos e partes mais difíceis que possam ser atendidas somente pelos melhores; com isso, todos têm desafios e todos têm reais chances de acertos; (ii) para aqueles que tiverem concluído primeiro, dar atividades suplementares de enriquecimento e interessantes; (iii) permitir que às vezes os alunos possam escolher o tipo de tarefa; (iv) permitir que cada um siga seu próprio ritmo, sem qualquer pressão para que todos concluam juntos; e (v) alternar trabalhos individuais com trabalhos em pequenos grupos, desde que todos recebam a devida assistência.

A Auto-Eficácia vem sendo investigada na aprendizagem a distância e no uso de computadores. Eachus (1996) desenvolveu uma escala da Auto-Eficácia no uso do computador que avalia as crenças do estudante em relação às suas habilidades em usar o computador. Uma relação positiva foi encontrada entre a auto-eficácia e a experiência em utilizar o computador (HEAPERMAN, 2001). Os resultados das pesquisas de (LEVINE&DONITAS-SCHIMIDT, 1998) mostram que os alunos que têm alta taxa de Auto-Eficácia demonstram atitudes positivas em relação ao uso de computadores para sua aprendizagem. Joo et al (2000) investigou a influência da Auto-Eficácia na auto-regulação dos alunos em sua aprendizagem, no desempenho acadêmico, na Internet e no desempenho na instrução via Web, concluindo que a Auto-Eficácia é uma variável importante que determina o sucesso na aprendizagem.

Heaperman et al. (2001) desenvolveu um modelo de influências da auto-eficácia para estudantes de terceira idade em ambientes de ensino virtual. Esse modelo agrega fatores de influência que englobam a atitude, a ansiedade e as mudanças físicas e cognitivas devido à idade dos estudantes. Além disso, os autores apontam outros elementos que influenciam a auto-eficácia desses alunos: experiências passadas com tecnologia, estratégias de ensino, decisões pedagógicas, suporte e treinamento.

Em (RAMALINGAM et al., 2004) foi idealizado um modelo da performance de alunos iniciantes na linguagem de programação C++ baseado nos modelos mental e de auto-eficácia, como ilustra a Figura 3.3. As setas ilustradas no modelo representam as influências entre as variáveis.

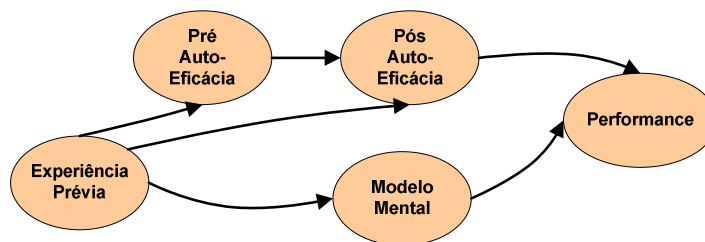


Figura 3.3: Modelo de fatores que afetam a performance do estudante (RAMALIGNAM et al., 2004)

Na pesquisa, foi utilizado um questionário para medir a auto-eficácia do aluno em relação ao uso do computador, e para verificar o modelo mental foram utilizados dois tipos de medidas, a compreensão de programas e a identificação de erros. Como resultado foi obtido que a auto-eficácia dos alunos foi aumentando durante o semestre de aplicação dos testes e que esses resultados sugerem que as mudanças na auto-eficácia do aluno são em função da sua pré-auto-eficácia.

3.1 Considerações do Capítulo

O estudo da Auto-Eficácia nos forneceu subsídios para a formulação da modelagem do aluno utilizada neste trabalho. Relacionamos o modelo funcional da Auto-Eficácia fornecido por Bandura (1997) com elementos que poderiam ser utilizados em um contexto de EAD.

Dessa forma, consideramos a importância do objetivo e da possibilidade do aluno escolhê-lo, a quantidade de esforço despendida pelo aluno enquanto executa as suas tarefas e de possíveis *feedbacks* extrínsecos positivos. Assim, a adaptabilidade do STI proposto porta aspectos cognitivos e afetivos inferidos através do aluno em interação.

Este trabalho utiliza um agente inteligente para inferir um modelo de aspectos da Auto-Eficácia baseado em Bandura (1997) e Ames(1990). Este trabalho não utiliza escalas ou questionários como em (RAMALINGAM et al., 2004) e (HEAPERMAN, 2001), trazendo o benefício de uma interação com os alunos de forma menos pré-determinada.

4 LÓGICA FUZZY

As teorias mais conhecidas para tratar da imprecisão e da incerteza são respectivamente a teoria dos conjuntos e a teoria de probabilidades. Essas teorias, embora muito úteis, nem sempre conseguem captar a riqueza da informação fornecida por seres humanos. A teoria dos conjuntos não é capaz de tratar o aspecto vago da informação e a teoria de probabilidades, na qual a probabilidade de um evento determina completamente a probabilidade do evento contrário, é mais adaptada para tratar de informações freqüentes do que aquelas fornecidas por seres humanos (SANDRI, 1999).

A teoria dos conjuntos nebulosos foi formalizada por Lotfi Zadeh em 1965 (ZADEH, 1965) com o intuito de processar informações subjetivas, de natureza vaga e incerta da linguagem natural, possibilitando o processo de situações nas quais o conhecimento é incompleto ou incerto. Na análise e na tomada de decisão, esta lógica vem sendo aplicada em diversas áreas, entre elas: análise de dados, construção de sistemas especialistas, controle e otimização, e reconhecimento de padrões.

A partir de 1978, Lotfi Zadeh desenvolveu a teoria de possibilidades (ZADEH, 1978), a qual trata a incerteza da informação, podendo ser comparada com a teoria de probabilidades.

Essa teoria, por ser menos restritiva, pode ser considerada mais adequada para o tratamento de informações fornecidas por seres humanos que a de probabilidades. Efetivamente, mesmo no discurso usual, percebemos que a noção de possibilidade é menos restritiva que aquela de probabilidade: é mais fácil dizer que algum evento é possível do que provável.

A teoria dos conjuntos nebulosos e a teoria de possibilidades são intimamente ligadas. O fato de essas teorias serem ligadas é importante no sentido de que é possível se tratar tanto à imprecisão quanto a incerteza de um conjunto de informações em um único ambiente formal. De fato, a maior parte do tempo não é necessário fazer a distinção entre um conjunto nebuloso e uma distribuição de possibilidades.

A teoria dos conjuntos nebulosos, quando utilizada em um contexto lógico, como o de sistemas baseados em conhecimento, é conhecida como lógica nebulosa, lógica difusa ou lógica *fuzzy*.

Ao contrário da lógica booleana, a lógica *fuzzy* é multi-valorada - ao invés de um elemento ser 100% pertencente a um conjunto ou outro, ou uma proposição ser inteiramente verdadeira ou falsa, a lógica *fuzzy* trata com graus de pertinência e graus de

veracidade, isto é, as mesmas coisas podem ser parcialmente verdadeiras e parcialmente falsas ao mesmo tempo. Nesse contexto, a lógica booleana passa a ser um caso particular da lógica difusa (ZADEH, 1965).

Ao definir um conjunto *fuzzy* como uma classe de objetos sem fronteira bem definida entre eles, Zadeh (1973) lançou bases para a modelagem matemática do raciocínio aproximado que trabalha com possibilidade e incerteza. Uma decisão baseada no enfoque *fuzzy* é semelhante ao processo intuitivo da decisão: uma escolha ou um conjunto de escolhas extraídas do conjunto das alternativas possíveis. A idéia central da lógica *fuzzy* é a possibilidade de realizar operações com palavras, nas quais os conjuntos *fuzzy* são os valores das palavras (BRAGA et al., 1995). Dessa forma, os conjuntos *fuzzy* são uma alternativa para aproximar o raciocínio humano à forma da máquina.

Nos conjuntos convencionais têm-se limites bruscos entre os elementos pertencentes ao conjunto e os elementos não pertencentes. Em um conjunto *fuzzy* a transição entre o membro e o não membro está numa faixa gradual, sendo associado um grau entre "0" (totalmente não membro) e "1" (totalmente membro).

Zadeh (1965) apresenta a noção de conjunto *fuzzy* como uma generalização da noção de conjunto ordinário. Assim como os conjuntos ordinários, os conjuntos difusos também são definidos sobre um domínio (Universo de Discurso), mas nestes os elementos podem ter uma pertinência parcial.

Formalmente, um conjunto *fuzzy* B é definido como um conjunto de pares ordenados contendo o elemento e seu grau de pertinência no conjunto:

$$B = \{(x, \mu_B(x)) \mid x \in X\}$$

onde, X é o domínio de objetos, também chamado universo de discurso, e $\mu_B(\cdot)$ é a função de pertinência associada ao conjunto B, representada matematicamente por:

$$\mu_B(x): X \rightarrow [0,1]$$

Portanto, um conjunto *fuzzy* B, definido no universo de discurso X é caracterizado por uma função de pertinência μ_B que mapeia os elementos de X para o intervalo [0,1]. Dessa forma, a função de pertinência associa a cada elemento x pertencente a X um número real $\mu_B(x)$ no intervalo [0,1], que representa o grau de possibilidade de que o elemento x venha a pertencer ao conjunto B, isto é, o quanto é possível para o elemento x pertencer ao conjunto B.

As funções de pertinência assumem diversas formas, sendo as mais utilizadas a triangular e a trapezoidal (OLIVEIRA, 1999). A Figura 4.1 apresenta as principais funções de pertinência geralmente utilizadas em projetos de controladores *fuzzy*.

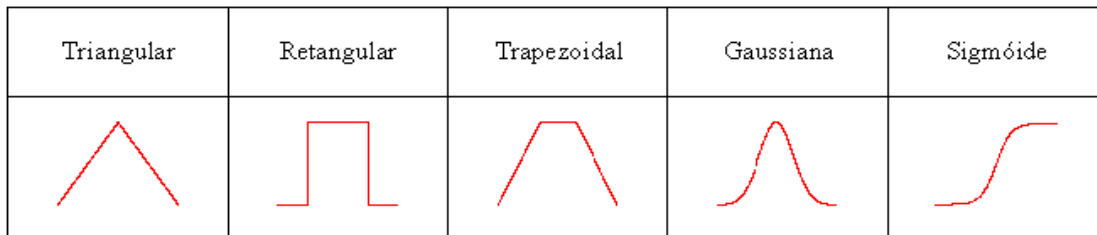


Figura 4.1: Funções de pertinência *fuzzy* (NASCIMENTO, 2000).

As operações *fuzzy* básicas executadas entre um conjunto ou conjuntos *fuzzy* são as seguintes (REZENDE et al., 2005):

- Complemento: o complemento de um conjunto *fuzzy* B do universo de discurso X pode ser denotado por $\neg B$, com a função de pertinência definida por $\mu_{\neg B}(x) = 1 - \mu_B(x)$. O complemento corresponde ao conectivo “NÃO”;
- União: a união entre dois conjuntos *fuzzy* A e B do universo de discurso X é definida de diversas formas na literatura, como por exemplo, $A \cup B$ ou $A + B$, e é definido pela função de pertinência $\mu_{A \cup B} = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$. A união corresponde ao conectivo “OU”;
- Interseção: a interseção entre dois conjuntos *fuzzy* A e B do universo de discurso X é definida de diversas formas na literatura, como por exemplo, $A \cap B$ ou $A - B$, e ainda pela função de pertinência $\mu_{A \cap B} = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$. A interseção corresponde ao conectivo “E”.

Um outro conceito subjacente à lógica *fuzzy* é o de variável lingüística. As variáveis lingüísticas cumprem na lógica *fuzzy* o mesmo papel que as variáveis numéricas nos modelos matemáticos convencionais, com a diferença de que os valores que podem assumir são conceitos expressos em linguagem natural, tais como "alto", "quente", "forte". Na lógica *fuzzy*, tais conceitos são representados por conjuntos difusos e com funções de pertinência representando suas fronteiras. Uma variável lingüística, portanto, é definida com um certo número de funções de pertinência, cada uma representando um valor ou conceito que a variável pode assumir, às quais são atribuídos termos lingüísticos apropriados.

Para expressar as relações entre as variáveis lingüísticas e os conjuntos *fuzzy* são formuladas as proposições ou regras *fuzzy*. Essas regras podem ser condicionais (exemplo: *if W is Z then X is Y*) ou não condicionais (exemplo: *X is Y*).

Para construir um controlador *fuzzy* é necessário definir os seguintes itens (SANDRI, 1999)(BRAGA, 1995):

- Definição do modelo e das características operacionais para estabelecer as particularidades da arquitetura do sistema e definição das propriedades operacionais do controlador *fuzzy* do projeto, como o tipo de controlador, operadores a serem utilizados, *defuzzificador*, entre outros;
- Definição dos termos lingüísticos de cada variável. Para garantir suavidade e estabilidade deve-se permitir que haja uma sobreposição parcial entre conjuntos nebulosos vizinhos;

- Definição do comportamento do controle, que envolve a descrição das regras que atrelam as variáveis de entrada às propriedades de saída do modelo.

Portanto, no projeto de um sistema *fuzzy* é necessário a definição de alguns parâmetros obtidos a partir da experiência do projetista ou através de experimentos. Tendo em vista um determinado processo, alguns desses parâmetros são fixos e denominados parâmetros estruturais (como, por exemplo: variáveis lingüísticas, funções de pertinência, conjunto de regras), e outros, os parâmetros de sintonização, são aqueles que variam com o tempo (universo de discurso das variáveis).

Após as definições prévias, um processo *fuzzy* (GOMIDE, 1995; OLIVEIRA, 1999) é dividido em três módulos: *Fuzzificação*, *Inferência* e *Defuzzificação*, conforme ilustra a Figura 4.2. O agente modelado neste trabalho possui na sua base de conhecimento o sistema *fuzzy* idealizado para a modelagem da Auto-Eficácia.

Acompanhando a Figura 4.2 observa-se que o processo é iniciado pela entrada de variáveis precisas ou “crisp” (não *fuzzy*) resultantes de medições ou observações. Em virtude disto, é necessário efetuar um mapeamento desses dados precisos para os conjuntos *fuzzy* (de entrada) relevantes, o que é realizado no estágio de *fuzzificação*. Assim, na *fuzzificação* as variáveis de entrada são normalizadas em um universo de discurso padronizado. Esses valores são então *fuzzificados* com a transformação da entrada “crisp” em conjuntos *fuzzy* para que eles se tornem instâncias de variáveis lingüísticas.

Após, ocorre a ativação das regras relevantes para uma dada situação de entrada. As regras podem ser fornecidas por especialistas, em forma de sentenças lingüísticas, e se constituem em um aspecto fundamental no desempenho de um sistema de inferência *fuzzy*. As regras são formadas por estruturas do tipo IF <premissa> THEN <conclusão>.

Estas regras, juntamente com os dados de entrada, são processadas pelo procedimento de inferência que infere as ações de controle de acordo com o estado do sistema, aplicando o operador de implicação conforme o procedimento de inferência.

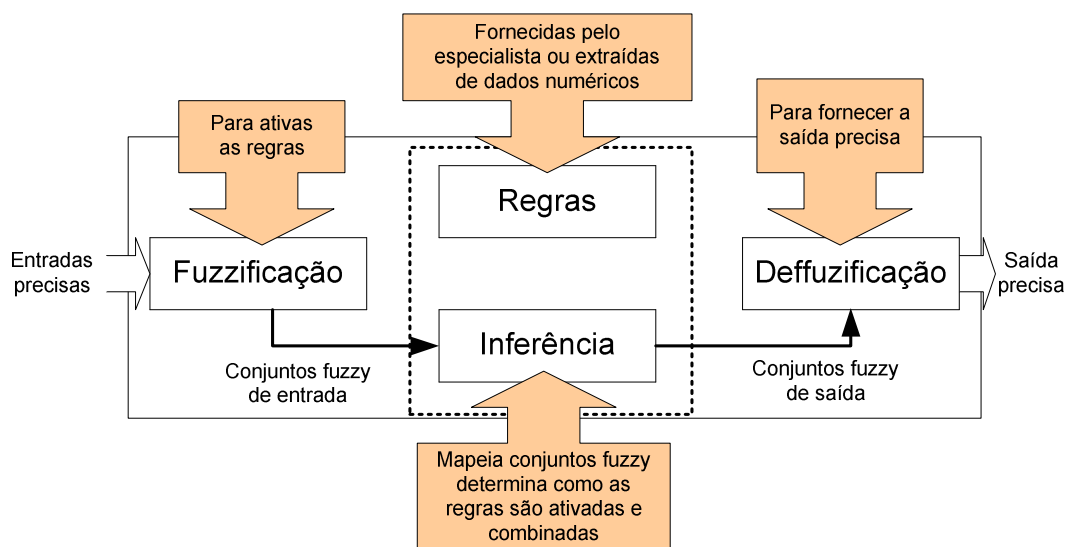


Figura 4.2: Módulos de um Sistema de Inferência *Fuzzy* (REZENDE, 2005).

Em um dado controlador *fuzzy*, é importante que existam tantas regras quantas forem necessárias para mapear totalmente as combinações dos termos das variáveis, isto é, que a base seja completa, garantindo que sempre exista ao menos uma regra a ser disparada para qualquer entrada. Também é essencial a consistência, onde se procura evitar a possibilidade de contradições e a interação entre as regras (SANDRI, 1999).

No estágio de inferência ocorrem as operações com conjuntos *fuzzy* propriamente ditos: combinação dos antecedentes das regras e implicação. Os operadores composicionais de inferência mais utilizados são o Max-min ($\mu_B(y) = \max\{\min[\mu_A(x), \mu_R(x,y)]\}$) e o Max produto ($\mu_B(y) = \max\{\mu_A(x) \cdot \mu_R(x,y)\}$). O Max-min é utilizado no modelo Mandani (MANDANI, 1974).

Uma vez obtido o conjunto *fuzzy* de saída através do processo de inferência, no estágio de *defuzzificação* é efetuada uma interpretação dessa informação. Isto se faz necessário pois em aplicações práticas são geralmente requeridas saídas precisas, ou seja, o valor das variáveis lingüísticas de saída será traduzido para um valor discreto numérico, com o objetivo de se obter o que melhor represente o valor desejado. Existem diversos métodos de *defuzzificação*, entre eles:

- Primeiro Máximo (SOM): Encontra o valor de saída através do ponto em que o grau de pertinência da distribuição da ação de controle atinge o primeiro valor máximo;
- Método da Média dos Máximos (MOM): Encontra o ponto médio entre os valores que têm o maior grau de pertinência inferido pelas regras;
- Método do Centro da Área (COA): O valor de saída é o centro de gravidade da função de distribuição de possibilidade da ação de controle.

Jang e Gulley (1997) apresentam algumas vantagens do uso da Lógica *Fuzzy* em relação à abordagem clássica (Crisp): a naturalidade de sua abordagem a torna conceitualmente fácil de entender; sua flexibilidade; sua tolerância a dados imprecisos; poder ser construída com base na experiência de um especialista; simplificar a solução do problema e a aquisição da base de conhecimento, proporcionar um rápido protótipo dos sistemas e ser baseada em linguagem natural, base da comunicação humana.

Como exemplos da utilização da Lógica *Fuzzy* neste contexto tem-se o trabalho de Yager (2000), que apresenta a utilização da modelagem *Fuzzy* para construir agentes inteligentes no âmbito do comércio eletrônico, e o tutor FLAME (*Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions*), idealizado por Nasr et al. (2000), que utiliza a lógica *fuzzy* para representar as emoções do aluno por intensidade e mapeia os eventos e expectativas para os comportamentos e estados emocionais do aluno.

4.1 Considerações do Capítulo

O estudo da Lógica *Fuzzy* mostrou as possibilidades existentes de utilizá-la na modelagem da máquina de inferência de agentes cognitivos e evidenciou o seu potencial para tratar as questões de imprecisão e subjetividade que implicam em um modelo de aluno.

Nesta tese a Lógica *Fuzzy* é utilizada como máquina de inferência do agente idealizado. Esta máquina de inferência engloba o modelo para aspectos da Auto-Eficácia e o conhecimento e inferência que o agente possui sobre a mesma.

5 O PROJETO DO AGENTE MEDIADOR DA AUTO-EFICÁCIA

O agente proposto neste trabalho, denominado agente Mediador da Auto-Eficácia (MAE) está inserido em um ambiente de ensino e aprendizagem na WEB. Esse agente é capaz de perceber a Auto-Eficácia do aluno através de comportamentos observáveis (correspondem ao curso das ações do aluno na interface) e prover o modelo do aluno com esta nova variável (BICA, 2006). O agente MAE, quando necessário, seleciona *feedbacks* (táticas afetivas) que são apresentados ao aluno durante a sua sessão de estudo, através do agente PAT (descrito na seção 2.3), na tentativa de aumentar a Auto-Eficácia do mesmo e contribuir com a sua aprendizagem.

Seguindo os pressupostos de Russel (RUSSEL, 1994), o agente MAE possui sensores e atuadores. Os sensores captam informações vindas do ambiente no qual ele coabita e da sua base de conhecimento. Os atuadores afetam diretamente a condição desse ambiente, através do *feedback* mostrado pelo PAT. A Figura 5.1 ilustra o ambiente abstrato e os agentes participantes: agentes humanos representados pelo Aluno e dois agentes artificiais, o MAE e o PAT.

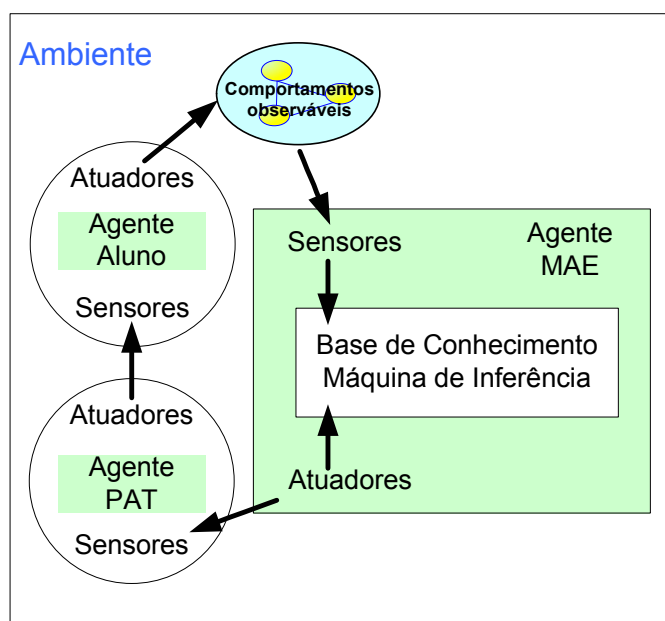


Figura 5.1: Ambiente abstrato composto por agentes humanos (Aluno) e dois agentes artificiais (MAE e PAT).

O agente MAE é um agente que possui as seguintes características:

- Conhece o seu mundo, ou seja, percebe dinamicamente as condições do ambiente, interpretando percepções, resolvendo problemas e extraindo inferências. O conhecimento a respeito do seu mundo está representado na sua Base de Conhecimento;
- Toma decisões que afetam condições do ambiente, com o auxílio de uma máquina de inferência *fuzzy*, determinando suas possíveis ações. Ou seja, é um agente baseado em conhecimento e raciocínio.

A comunicação entre os agentes MAE e PAT é *peer-to-peer* (ponto-a-ponto), sendo que apenas o agente MAE envia mensagens. O agente PAT, nesse trabalho, é utilizado como um agente reativo, ou seja, comporta-se num modo estímulo-resposta, sempre executando as ações de acordo com as mensagens recebidas do agente MAE. A mensagem é composta por um texto ou por uma referência de comportamento físico. Esses textos e referências são explanados na seção 1.1.1.

Para que o agente MAE realize as suas atividades, é necessário que o aluno no início da sua sessão de estudo se identifique, selecione o tempo que almeja permanecer na sessão e escolha o objetivo da aprendizagem. Na interface com o aluno, o objetivo de aprendizagem é denominado “Objetivo Pessoal” e os períodos de tempo existentes são: “Até 30 minutos”, “30 a 60 minutos” e “60 a 120 minutos”. Na primeira modelagem de Auto-Eficácia optou-se por não utilizar essa variável de tempo, visto que a mesma pode não representar o tempo real que o aluno permaneceu na sessão, uma vez que, por exemplo, o tipo de conexão a Internet utilizada pelo aluno é um fator que dificulta essa medida. Portanto, nesse momento, o tempo na sessão é uma variável do modelo do aluno, contudo não está relacionada a Auto-Eficácia capturada do mesmo.

Neste trabalho, assim como em (JAQUES, 2004) e (AMES, 1990), utilizou-se dois tipos de objetivos de ensino. Esses objetivos estão relacionados com a motivação intrínseca e extrínseca, exposta no Capítulo 3. Dessa forma, o objetivo intrínseco selecionado é o domínio do assunto (aprendizagem) e o objetivo extrínseco é o desempenho.

Segundo Locke (1991) a auto-definição dos objetivos aumenta a satisfação, mas não garante avanços no desempenho. Contudo, a auto-definição dos objetivos pode ter mais influência no desenvolvimento de habilidades de alunos que possuem dúvidas sobre suas próprias capacidades, ou seja, a definição do objetivo pelo aluno pode ajudar no aumento da Auto-Eficácia do mesmo em relação as suas capacidades.

Cerdeira (1995) e Bandura (1986) sustentam que quando se permite aos indivíduos as escolhas de suas metas, esses assumem para com elas um compromisso, passando desse modo a considerarem-se responsáveis pelos progressos relativos a sua persecução, incrementando assim os sub-processos da auto-avaliação e, por isso, também, o nível de desempenho e as expectativas de Auto-Eficácia.

De acordo com Ames (1990), os alunos podem ter objetivos orientados à aprendizagem ou ao desempenho. Alunos que têm objetivo de aprendizagem são orientados a desenvolver novas habilidades, tentar entender seu trabalho, aperfeiçoar o seu nível e competência, e aprender novos conteúdos. Já os alunos que possuem objetivo de desempenho acreditam que o desempenho é importante e eles querem mostrar que têm capacidade. Eles sentem que obtiveram sucesso quando agradam o

professor ou pais, ou quando se saem melhor que seus colegas, ao invés de quando aprenderam algo novo.

Ames (1990) afirma que os alunos que selecionam o objetivo de aprendizagem intrínseco tentam fazer mais esforços para aprender algo novo ou quando se defrontam com tarefas desafiantes. Quando esses alunos enfrentam dificuldades, eles aumentam os seus esforços porque acreditam que o esforço é necessário para o sucesso.

Ames (1990) alega que os alunos que são motivados extrinsecamente, e por conseqüência selecionaram o objetivo de aprendizagem desempenho, quando enfrentam dificuldades não aumentam os seus esforços porque isso significa falta de capacidade para eles. Esse comportamento indica que esses alunos podem ter menos controle sobre a auto-regulação da sua aprendizagem que os alunos que selecionam domínio do assunto.

Após a seleção do tempo, na seção e do objetivo de aprendizagem, o aluno tem acesso ao material didático disponível no ambiente piloto que está descrito no Capítulo 7. A navegação do aluno no material didático é livre. As suas escolhas e o tempo em que ele permanece nas páginas percorridas, assim como o desempenho nos exercícios são armazenados em uma base de dados, mais precisamente no *Log* do ambiente. É através desse *Log* que o agente MAE captura as variáveis para começar o seu objetivo que é o de inferir a Auto-Eficácia do aluno, conforme ilustrado na Figura 5.2.

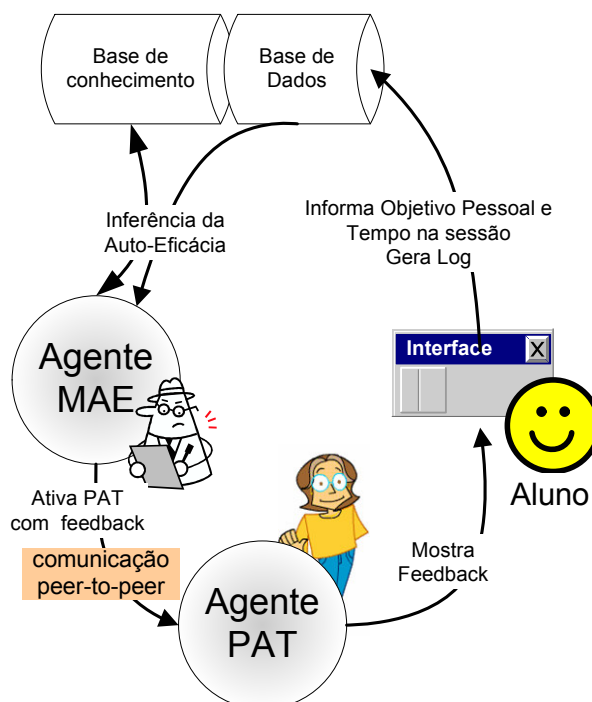


Figura 5.2: Funcionamento geral da interação entre os agentes MAE e PAT e um aluno.

Durante o processo de interação do aluno com o ambiente, a base do conhecimento do agente MAE é constantemente atualizada. É na base de conhecimento que o modelo do aluno, táticas (*feedbacks*) e demais variáveis utilizadas na inferência da Auto-Eficácia estão armazenadas.

As variáveis identificadas no modelo são inicialmente capturadas a partir dos comportamentos observáveis dos alunos através dos *Logs* gerados por suas respectivas

escolhas dentro das opções oferecidas no ambiente. Essas variáveis precisam ser pré-processadas. Para isso, o agente separa os *Logs* do aluno para calculá-las e armazená-las na sua base de conhecimento.

Essa base inclui as percepções (conhecimento) e o raciocínio (regras de inferência) do agente. As percepções incluem por aluno (modelo do aluno) os seguintes dados: Auto-Eficácia, esforço, persistência, padrão pessoal, número de vezes que realizou os exercícios, desempenho médio nos exercícios, tempo estimado (informado no início da sessão), tempo de fato (calculado pelo agente no início da sessão subsequente), *feedback* selecionado e histórico desses dados por sessão. O raciocínio inclui o modelo *fuzzy*, que possui conjuntos e variáveis lingüísticas, regras de inferência e funções de pertinência. O agente também possui armazenadas na sua base as táticas afetivas selecionadas de (JAQUES, 2004), agrupadas por Padrão Pessoal e Auto-Eficácia.

Assim como em (BERCHT, 2001) utiliza-se o esforço e medidas de desempenho no modelo do aluno e que também foram utilizados em (JAQUES, 2004). Em (JAQUES, 2004) é utilizado um questionário para averiguar o tipo de motivação (intrínseca, extrínseca) que o aluno possui. Já no trabalho aqui proposto é realizada uma pergunta direta sobre qual é o objetivo pessoal do aluno na sessão de estudo e é através do seu comportamento que o agente MAE verifica se este objetivo está sendo cumprido.

5.1 As Atividades do Agente MAE

As atividades realizadas pelos sensores e atuadores do Agente MAE, para realizar o processo de inferência da Auto-Eficácia do aluno estão ilustradas na FiFigura 5.3 e são as seguintes: Percepção, Fuzzificação, Inferência, Seleção do Feedback e Comunicação com PAT.

Na percepção o agente recupera o *Log* do aluno e pré-processa as informações para transformá-las em variáveis da sua base de conhecimento, ou seja, o agente MAE, calcula as variáveis (esforço em minutos, persistência em porcentagem e desempenho em média) e as armazena na sua BC (Modelo do Aluno).

Na fuzzificação o agente, através do modelo *fuzzy* armazenado na sua BC, transforma as entradas *crisp* de esforço, persistência e desempenho em valores *fuzzy* e recupera os respectivos graus de pertinência para cada um dos termos lingüísticos. Essas pertinências advêm de funções matemáticas (crescente, decrescente, trapezoidal e triangular) armazenadas na sua BC (modelo *fuzzy*).

No procedimento de inferência *fuzzy* o agente recupera as regras de inferência da sua BC e substitui os termos lingüísticos por suas respectivas pertinências, verificando qual(is) regra(s) são mais pertinentes. O agente utiliza o operador composicional de inferência MIN para descobrir qual é a pertinência resultante de cada regra de inferência (a escolha desse operador se deve ao fato das regras de inferência utilizam o conetivo E). Após, o agente agrupa as regras por termo lingüístico do conjunto de saída, selecionando apenas a regra que resulte na maior pertinência. Sendo assim, no máximo uma regra é recuperada por termo lingüístico. A partir do(s) resultado(s) da(s) regra(s) têm-se o(s) termo(s) do conjunto de saída que devem ser cortados de acordo com a pertinência resultante do operador MIN.

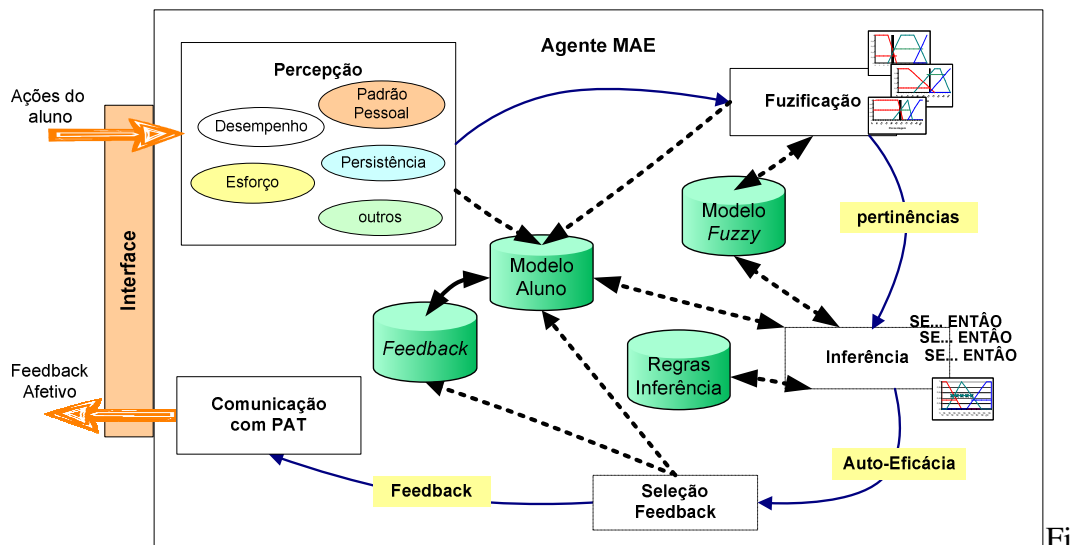


Figura 5.3: Arquitetura do MAE.

O procedimento de inferência *fuzzy* finaliza com a inferência do valor de saída (medida de Auto-Eficácia), que corresponde ao termo lingüístico mais pertinente (operador composicional de inferência MAX). Não é necessário realizar a defuzzificação já que as táticas foram divididas pelos termos lingüísticos (baixa, média, alta) do conjunto de saída (Auto-Eficácia) e não por um valor numérico discreto.

Tendo descoberto a medida de Auto-Eficácia, o agente seleciona um feedback coerente com essa medida e com o padrão pessoal selecionado pelo aluno no início da sessão de estudo. As táticas do agente PAT estão divididas por tipo de padrão pessoal e medida de Auto-Eficácia, assim, o agente sorteia uma das táticas possíveis.

No modelo da Auto-Eficácia, Bandura (1997) aponta a importância do *feedback*. O *feedback* pode ser intrínseco, ou seja, é realizado internamente pelo aluno (por seus órgãos sensoriais) e extrínseco que é dependente de fonte externa. Dessa forma, o *feedback* extrínseco selecionado para este trabalho consiste em táticas afetivas verbais (textuais) e físicas (animação) apresentadas pelo agente pedagógico PAT, idealizado por Bocca (2003) e Jaques (2004), descrito na seção 2.3.

Os Agentes pedagógicos segundo (GIRAFFA, 1999; ARAFA, 2000; JOHNSON, 2004) são aqueles utilizados em sistemas que usam o paradigma de agentes desenvolvidos para fins educacionais, podendo atuar como tutores virtuais, estudantes virtuais, ou ainda companheiros virtuais de aprendizagem, e que têm como objetivo auxiliar os estudantes no processo de ensino-aprendizagem. O agente pedagógico animado apresenta a vantagem de aumentar a comunicação entre alunos e computadores, e de incrementar a habilidade do computador para engajar e motivar o aluno, além de também poder aumentar a motivação do estudante, assim como a sua atenção.


Cabe salientar, que neste trabalho o PAT é utilizado como um agente com função de parceria e não de intervenção. Quando o agente MAE achar necessário, o PAT é acionado com uma mensagem que corresponde a um *feedback* e após mostrar a tática se oculta aguardando a próxima mensagem do agente MAE.

No trabalho de Jaques (2004) foram elaboradas táticas verbais e físicas de acordo com uma série de eventos como: “Resposta do exercício correta”, “aluno pede ajuda”, “aluno desabilita agente”, entre outros. As táticas eram utilizadas de acordo com as emoções alegria e tristeza, satisfação e frustração, raiva e gratidão e vergonha captadas do aluno. Dessas táticas foram selecionadas as que se adaptavam ao contexto deste trabalho, sendo que alguns comportamentos verbais tiveram o texto modificado.

A Tabela 5.1 a Tabela 5.6 ilustram as táticas para padrão pessoal Intrínseco e a para o padrão pessoal Extrínseco, ambas divididas por medida de Auto-Eficácia. As tabelas descrevem os seguintes dados: na primeira coluna o nome da tática e se essa é verbal ou física, a segunda coluna contém uma breve descrição da animação se for uma tática física e por fim, na terceira coluna está o texto ou uma imagem correspondente a animação que a PAT mostra ao aluno. Os números entre parênteses representam as referências dessas táticas no trabalho de Jaques (2004).

O sistema de controle de *feedback* proposto por Bandura (1997) funciona como um motivador, interferindo assim na auto-eficácia e motivação do aluno. Dessa forma, neste trabalho, foram selecionadas as seguintes táticas afetivas verbais e físicas do trabalho de Jaques (2004): Empatia (física), Encorajar (física, verbal), Mostrar Curiosidade (física), Aumentar Esforço do Estudante (verbal), Reconhecer o Esforço do Estudante (verbal), Nova Habilidade (física, verbal), Congratular (física, verbal), Aumentar Persistência (verbal). Cabe ressaltar que algumas táticas são mistas, ou seja, após um comportamento físico (animação) o PAT apresenta um comportamento verbal.

Tabela 5.1: Táticas para Padrão Pessoal Intrínseco e Auto-Eficácia Baixa

Auto-Eficácia Baixa		
Tática	Descrição Animação	Imagem/Texto
Empatia (física)	(6). Pat dá 2 piscadinhas rápidas para o aluno (Ref. idle2)	
Encorajar (verbal)		(30). Juntos vamos superar! O importante é continuar tentando! (31). Vamos em frente! Você conseguirá!

Auto-Eficácia Baixa





<p>Encorajar (física/mista)</p>	<p>(7). Pat dá uma piscadinha e sorri. (Ref. estímulo4)</p> <p>(8). Pat está lutando boxe e ela acerta um saco de pancadas onde está escrito “minhas dificuldades” (Ref. tutorial1)</p> <p>(9). Pat deita de cansaço em um sofá. Não desanime! (Ref. estímulo7)</p>	  <p>Texto: “Não desanime!”</p>  <p>Texto: “Eu sei que você é capaz de nocautear as suas dificuldades.”</p> 
<p>Aumentar Esforço Estudante (verbal)</p>		<p>(46). É apenas necessário fazer um pouco mais de esforço! Vamos tentar mais uma vez?</p>

Tabela 5.2: Táticas para Padrão Pessoal Intrínseco e Auto-Eficácia Média



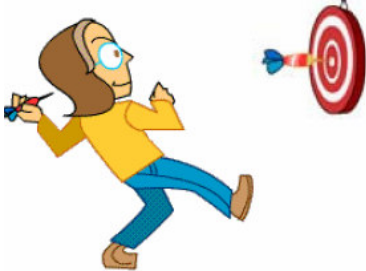



Auto-Eficácia Média		
Tática	Descrição Animação	Imagem/Texto
Nova Habilidade (verbal)		(54). O sucesso nessa atividade mostra que você adquiriu novas habilidades. (alterada)
Nova Habilidade (física/mista)	<p>(18). Pat se torna uma super heroína e voa na tela. (Ref. tutoria7)</p> <p>(19). Pat faz malabarismos com bolas. (Ref. tutoria8)</p>	 <p>Texto: “Você adquiriu novos super-poderes.”</p> 
Aumentar Esforço do Estudante (verbal)		<p>(48). Continue com os seus esforços que o sucesso está a caminho.</p> <p>(46). É apenas necessário fazer um pouco mais de esforço! Vamos tentar mais uma vez?</p> <p>(50). Você é um vencedor! Lembre de tudo que você já conseguiu fazer! (alterada)</p>

Tabela 5.3: Táticas para Padrão Pessoal Intrínseco e Auto-Eficácia Alta

Auto-Eficácia Alta		
Tática	Descrição Animação	Imagem/Texto
Nova Habilidade (física/verbal)	Idem Nova Habilidade (físico/verbal) Auto-Eficácia Média – Padrão Pessoal Intrínseco	
Congratular(física)	(1). Pat joga dardos e acerta. (Ref. estímulo8)	
	(2). Pat chuta bola de futebol e faz gol. (Ref. estímulo2)	
	(3). Pat aplaude aluno. (Ref. estímulo1)	
	(4). Pat participa do campeonato de corrida dos jogos olímpicos e vence. Tem varias pessoas a esperando e a aplaudindo. (Ref. estímulo3)	


Auto-Eficácia Alta		
Congratular(física) (continuação)	(5). Pat joga brinquedo de circo e acerta (Ref. estímulo9)	
Congratular(verbal)		(25). Uauuuuu! Você arrasou! Parabéns pelos esforços que você fez! (27). Parabéns! Você conseguiu! A sua performance foi estupenda! (28). Parabéns pelos seus esforços! Você se saiu muito bem! (31). Vamos em frente! Você conseguirá!
Reconhecer Esforço do Estudante (verbal)		(59). Continue assim! O esforço é a chave do sucesso! (60). Parabéns pelos esforços que tem feito. Continue assim!

Tabela 5.4: Táticas para objetivo extrínseco e Auto-Eficácia Baixa

Auto-Eficácia Baixa		
Tática	Descrição Animação	Imagem/Texto
Aumentar Persistência(verbal) (nova)		(47). Não desista! Vamos em frente! Para ter bons resultados é necessário ser persistente.(alterada) (49). Eu sei que você é capaz de acertar!
Encorajar(física)	Idem Encorajamento - Auto-Eficácia Baixa – Padrão Pessoal Intrínseco	

Tabela 5.5: Táticas para objetivo extrínseco e Auto-Eficácia Média

Auto-Eficácia Média		
Tática	Descrição Animação	Imagem/Texto
Nova Habilidade (verbal/físico)	Idem Nova Habilidade (físico/verbal) Auto-Eficácia Média – Padrão Pessoal Intrínseco	
Aumentar Persistência (verbal)		(47). Não desista! Vamos em frente! Para ter bons resultados é necessário ser persistente. (alterada) (50). Você é um vencedor! Lembre de tudo que você já conseguiu fazer! (alterada)

Tabela 5.6: Táticas para objetivo extrínseco e Auto-Eficácia Alta

Auto-Eficácia Alta		
Tática	Descrição Animação	Imagem/Texto
Nova Habilidade (verbal/física)	Idem Nova Habilidade (físico/verbal) Auto-Eficácia Média – Padrão Pessoal Intrínseco	
Congratular(verbal)		(26). Parabéns! Você conseguiu um ótimo resultado! Continue assim! (27). Parabéns! Você conseguiu! A sua performance foi estupenda! (29). Parabéns! Você atingiu um bom resultado! (31). Vamos em frente! Você conseguirá!
Congratular(física)	Idem Congratulações(físico) Auto-Eficácia Alta – Padrão Pessoal Intrínseco	

Algumas das táticas verbais advindas de (JAQUES, 2004) foram alteradas, já que o contexto em que elas estavam sendo utilizadas era diferente. Se a tática verbal tiver sido alterada a palavra “alterada” entre parênteses foi incluída no final do texto, ou ainda, se a tática for nova foi inserido a palavra “nova” entre parênteses após o nome da tática nas Tabela 5.1 a Tabela 5.6.

As mensagens que o agente PAT recebe do agente MAE possuem como conteúdo os Textos da terceira coluna se forem táticas verbais ou, se forem táticas físicas, contêm as

referências (nome) dispostas na segunda coluna descritas em (**Ref. nome_tática**). O PAT reconhece através das referências qual comportamento deve animar.

O MAE seleciona uma das táticas previamente divididas na Tabela 5.1 a Tabela 5.6. de acordo com o grau da Auto-Eficácia inferida e o objetivo selecionado pelo aluno no início de cada sessão de estudo. Pode ocorrer de um estudante em uma sessão de estudo visualize mais de uma vez mesmo *feedback*.

Finalmente, após a seleção do feedback, o agente envia uma mensagem para o PAT (envio de mensagem *peer-to-peer*) com o *feedback* selecionado.

5.2 O Modelo Computacional da Auto-Eficácia

Para que o agente MAE pudesse mediar a Auto-Eficácia do aluno, foi necessário identificar o conhecimento do domínio (modelo da Auto-Eficácia). Esse modelo foi baseado em Bandura (1997) e Ames (1990) e agregou-se a ele a hipótese da utilização da persistência e do desempenho como variáveis para a inferência da Auto-Eficácia, além do esforço e padrão pessoal sugerido no modelo de Bandura (BICA, 2006).

Sendo assim, como ponto de partida para a modelagem computacional, formulamos o pressuposto *P*: “A Auto-Eficácia está relacionada ao objetivo (padrão pessoal), esforço, persistência e desempenho”.

A Figura 5.4 ilustra o modelo construído, no qual diferentes variáveis são utilizadas para capturar a Auto-Eficácia do aluno e, baseando-se no Padrão Pessoal, diferentes táticas são selecionadas para aumentar a Auto-Eficácia do mesmo. Cabe ressaltar que o objetivo de aprendizagem/objetivo pessoal antes mencionado é denominado Padrão Pessoal no modelo idealizado, para seguir a nomenclatura proposta por Bandura(1997).

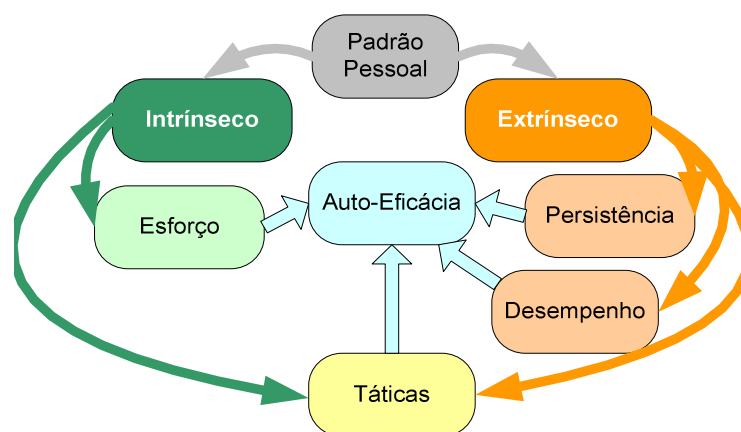


Figura 5.4: Modelo da Auto-Eficácia idealizado.

Seguindo a Figura 5.4 tem-se que a variável mapeada, relacionada mais fortemente com o Padrão Pessoal Intrínseco é o Esforço. O grau de Esforço pode ser entendido como a intensidade na realização das atividades para atingir um alvo (Arison, et. al, 1990) e é pré-processado como o tempo no qual o aluno permaneceu fazendo uma tarefa. Em Bercht (2001) o esforço é calculado em função da persistência.

Para o Padrão Pessoal Extrínseco, as variáveis relacionadas mais fortemente são a Persistência e o Desempenho. A persistência pode ser entendida como a constância em uma atividade (Soldato, 1995). Neste trabalho essa variável é pré-processada pela porcentagem de completude nas tarefas selecionadas. O Desempenho diz respeito à média dos acertos nos exercícios. As táticas foram divididas em dois grupos: táticas para os alunos que selecionam padrão pessoal intrínseco e táticas para os alunos que selecionam padrão pessoal extrínseco.

Portanto, as variáveis utilizadas no modelo proposto são o padrão pessoal, esforço, persistência e desempenho. Após a modelagem computacional da auto-eficácia, foi possível utilizá-lo para realizar inferências. O construto da auto-eficácia apresenta uma grande quantidade de incertezas e ruídos e o processo de inferência é incompleto e pode ser baseado em conhecimento inconsistente. Esses fatores levaram à seleção da Lógica *Fuzzy* para representar o modelo computacional. A Lógica *Fuzzy* (ZADEH, 1978) permite um raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações *fuzzy*, e, além disso, permite a redução de complexidade de projeto e implementação.

Os trabalhos do grupo (GIRAFFA, 1999; BICA, 2000; BERCHT, 2001, JAQUES, 2004) utilizaram BDI para modelagem do aluno, contudo essa abordagem foi revista neste trabalho devido à performance deficitária que esse método apresenta e à dificuldade para modelar a auto-eficácia devido a sua natureza incompleta. A Auto-Eficácia de um indivíduo é formada pela influência de vários fatores pessoais (presentes e passados) na forma de cognição, afetos e eventos biológicos, comportamento e ambiente, resultando na impossibilidade da captura de todos esses fatores, justificando assim a sua natureza.

5.2.1 O modelo *fuzzy* da Auto-Eficácia

A máquina de inferência *fuzzy* do agente MAE engloba a definição do modelo *fuzzy* da Auto-Eficácia (BICA, 2006), que compreende em B conjuntos de entrada e um conjunto C de saída. Para cada um dos conjuntos são definidos V termos lingüísticos e suas respectivas funções de pertinência $F(V)$, e por fim, regras de comportamento que definem as relações entre os V termos dos conjuntos B e C .

Os conjuntos $B = \{B_1, B_2, \dots, B_k\}$, onde B_i ($i = 1, 2, \dots, k$) é a palavra ou sentença que descreve os k comportamentos observáveis do aluno que servem como entrada do sistema *fuzzy*. Os k comportamentos são medidos e correspondem a um valor numérico positivo do conjunto U_i . As entradas numéricas $X = \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_k\}$, onde $x_i \in U_i$ e U_i é o universo de discurso das entradas, cada $U_i \subset \mathfrak{R}^+$ ($i = 1, 2, \dots, k$) representam a medida dos valores de B_i e formula as entradas do processo.

Partindo-se do pressuposto P foram definidas três variáveis lingüísticas B_1, B_2 e B_3 associadas aos comportamentos observáveis do aluno, que são: $B_1 =$ “esforço”, $B_2 =$ “persistência” e $B_3 =$ “desempenho”.

Cada conjunto B_i ($i = 1, 2, \dots, k$) é uma variável lingüística, a qual pode conter um número diferente de termos lingüísticos. O número de termos lingüísticos f_i e seus nomes V_1, V_2, \dots, V_f são definidos como um conjunto $T(B_i) = \{V_1, V_2, \dots, V_f\}$.

Para cada um dos conjuntos de entrada devem ser especificadas as funções de pertinência. Essas funções delimitam cada um dos V_i termos lingüísticos existentes nos conjuntos de entrada B_i e retornam a pertinência μ de um valor x para cada um desses

termos, sendo que $x \in \mathfrak{R}$ e $\mu_{V_i}(x) \in [0,1]$. Cabe ressaltar que, para cada material didático inserido no ambiente, devem ser igualmente inseridas na BC do agente os V_i termos lingüísticos de entrada e suas respectivas funções de pertinência.

A saída do sistema *fuzzy* representa o valor da Auto-Eficácia inferida e é representada pelo variável lingüística C ="auto-eficacia", a qual também possui termos lingüísticos. O número de termos lingüísticos g_i e seus nomes V_1, V_2, \dots, V_g são definidos como um conjunto $T(C) = \{V_1, V_2, \dots, V_g\}$.

Para estipular os termos lingüísticos do conjunto de saída C a teoria de Bandura (1997) foi interpretada. Normalmente, Bandura (1997) divide a Auto-Eficácia em "Alta" e "Baixa" ou ainda utiliza o termo "forte senso" de Auto-Eficácia. Dessa forma, foram selecionados os termos "baixa" e "alta" e inclui-se o termo "média" na tentativa de aumentar a capacidade de inferência do modelo. Assim sendo, a variável C possui os termos $T(C)=\{\text{baixa, media, alta}\}$.

A Tabela 5.6 apresenta os termos e definições dos pontos (x,y) do conjunto de saída (auto-eficácia) e sua delimitação de 0 a 100. Os pontos (x,y) apresentados geram o gráfico ilustrado na Figura 5.5, que representa a função de pertinência do conjunto auto-eficácia, delimitando os termos lingüísticos. Essas funções foram selecionadas empiricamente, uma vez que não há uma especificação formal na teoria de Bandura (1997) do quanto representa a medida de auto-eficácia baixa ou alta.

Tabela 5.7: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto auto-eficácia

Nome do Termo	Definição dos Pontos (x, y)		
baixa	(0, 1)	(40, 0)	(100, 0)
média	(0, 0)	(10, 0)	(40, 1)
alta	(50, 0)	(80, 0)	(80, 1)

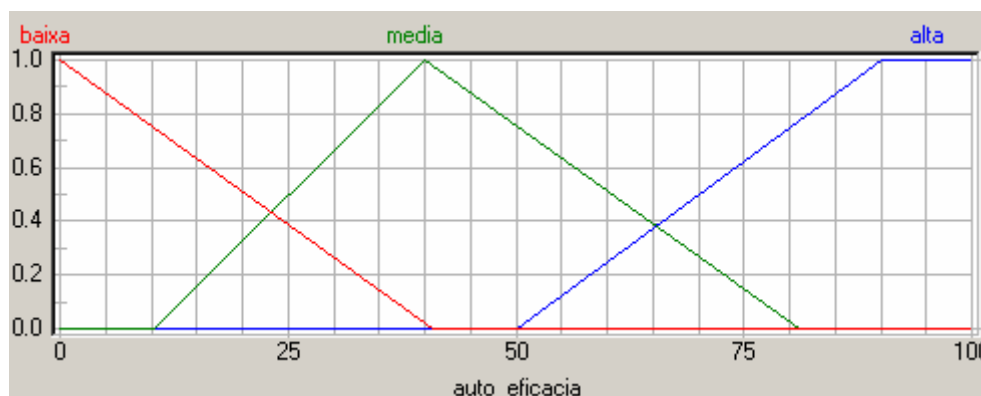


Figura 5.5: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto Auto-Eficácia

O próximo passo é a definição das regras de inferência. No modelo apresentado, as características dos alunos são representadas pelos conjuntos e termos lingüísticos associados. Sendo assim, as regras de inferência envolvem variáveis *fuzzy* e possuem o seguinte formato:

“SE B_1 é V_{1i_1} E B_2 é V_{2i_2} E B_3 é V_{3i_3} ENTÃO C é V_{i_g} ”

onde $i_g = 1, 2, \dots, f$.

Todas as combinações possíveis das pré-condições são denotadas como PCP e são representadas por um conjunto cartesiano dos conjuntos $T = \{ T(B_1), \dots, T(B_k) \}$: $PCP = T(B_1) \times \dots \times T(B_k)$. A definição destas regras deve levar em consideração a relação entre os conjuntos (e seus termos lingüísticos) e qual a possível saída de Auto-Eficácia. Só é possível definir as regras após o especialista do conteúdo especificar os V_i termos dos conjuntos de entrada.

A Figura 5.6 apresenta o modelo *fuzzy* da Auto-Eficácia idealizado na máquina de inferência do agente MAE. Foram pré-definidos 3 conjuntos de entrada e o conjunto de saída. Para o conjunto de saída foram previamente definidos os termos lingüísticos e suas respectivas funções de pertinência.

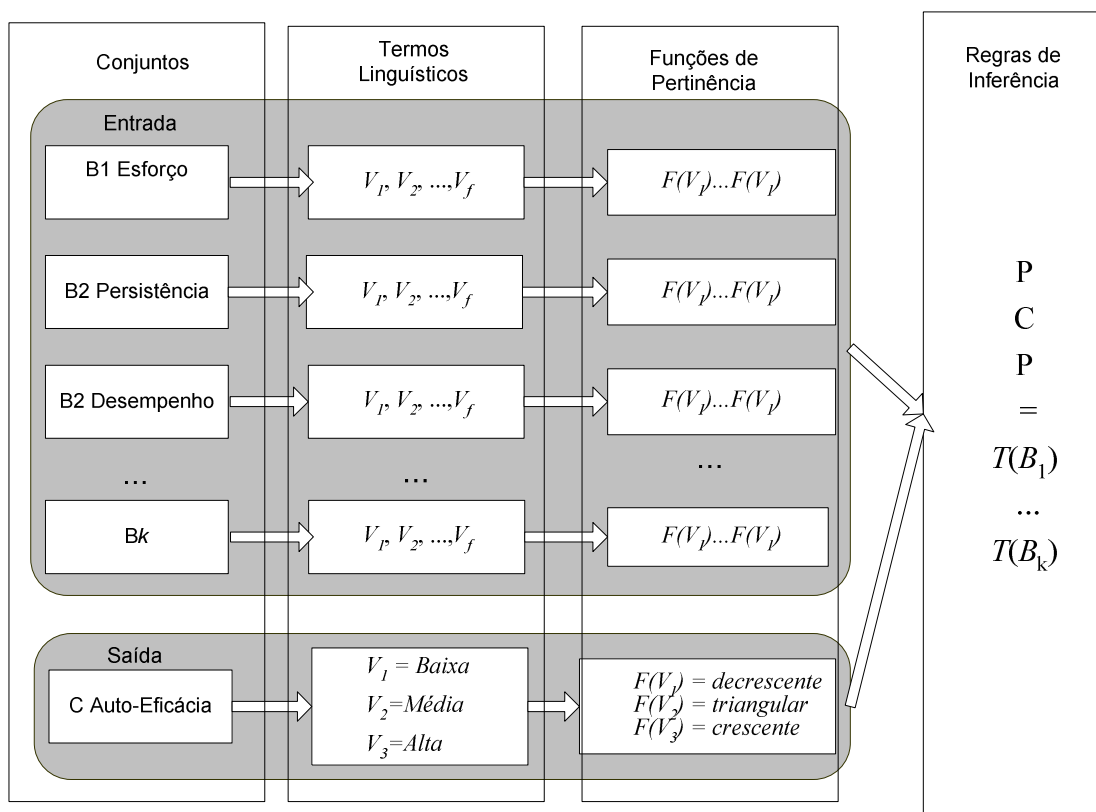


Figura 5.6: Modelo Fuzzy da Auto-Eficácia

Os termos lingüísticos dos conjuntos de entrada e suas funções de pertinência advêm das definições do especialista (professor responsável pela criação do material didático) e inferências da teoria de Bandura (1997) e Ames (1990). Outras teorias poderão ser utilizadas, dependendo dos k conjuntos de entrada que poderão ser inseridos no modelo.

As regras de inferência devem refletir a interação entre os k conjuntos de entrada e o conjunto C de saída, essas regras devem ser idealizadas através do conhecimento do especialista e teorias utilizadas para compor os k conjuntos de entrada.

5.3 Exemplo da utilização do Modelo *Fuzzy* da Auto-Eficácia

O agente MAE está inserido em um ambiente de ensino e aprendizagem na WEB denominado InteliWeb, descrito no Capítulo 7, no qual foi disponibilizado um material didático sobre o conteúdo FLOR, em três formas de apresentação. O professor (especialista) responsável por esse conteúdo nos auxiliou a elaborar parte do modelo *fuzzy* da Auto-Eficácia.

Através da experiência do professor em sala de aula e da interpretação da teoria, se chegou aos termos lingüísticos para as variáveis lingüísticas $B_1 = \text{“esforço”}$, $B_2 = \text{“persistência”}$ e $B_3 = \text{“desempenho”}$. Sendo assim, os termos lingüísticos de cada uma das variáveis são: $T(B_1) = \{\text{baixo, médio, alto}\}$, $T(B_2) = \{\text{curta, média, longa}\}$ e $T(B_3) = \{\text{insuficiente, bom, ótimo}\}$.

Para cada um dos conjuntos de entrada foram especificadas, juntamente com o especialista, as funções de pertinência, que incluem as funções: trapezoidal, triangular, crescente e decrescente. Essas funções delimitam cada um dos V_i termos lingüísticos existentes nos conjuntos de entrada B_i e retornam a pertinência μ de um valor x para cada um desses termos, sendo que $x \in \mathfrak{X}$ e $\mu_{V_i}(x) \in [0,1]$.

Como o ambiente piloto idealizado permite que o aluno percorra o material em todas as formas de apresentação, foi necessário elaborar funções de pertinência diferenciadas por tipo de apresentação para o conjunto esforço, uma vez que cada um possui extensão diferente apesar de pertencer ao mesmo tópico. A Figura 5.7 a Figura 5.9 ilustram a função de pertinência característica do conjunto esforço para cada um dos tipos de apresentação. O eixo y representa o grau de pertinência $[0,1]$ e o eixo x o esforço em minutos.



Figura 5.7: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto Esforço na Forma de Apresentação HTML com figuras.

A Tabela 5.1 apresenta os termos e definição dos pontos (x,y) dos conjuntos Esforço na forma de apresentação HTML com figuras. Esse conjunto, nessa forma, é delimitado de 0 a 12 minutos. Os pontos (x,y) apresentados geram o gráfico ilustrado na Figura 5.7.

Tabela 5.8: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto Esforço na forma HTML com figuras

Nome do Termo	Definição dos Pontos (x, y)		
baixo	(0, 1)	(3, 1)	(5, 0)
medio	(0, 0)	(3, 0)	(6, 1)
alto	(0, 0)	(9, 0)	(10, 1)

A Tabela 5.2 apresenta os termos e definição dos pontos (x,y) do conjunto Esforço na forma de apresentação FLASH. Esse conjunto, nessa forma, é delimitado de 0 a 5 minutos. Os pontos (x,y) apresentados geram o gráfico ilustrado na Figura 5.8.

Tabela 5.9: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto Esforço na forma FLASH

Nome do Termo	Definição dos Pontos (x, y)		
baixo	(0, 1)	(1, 1)	(2, 0)
medio	(0, 0)	(1, 0)	(3, 1)
alto	(0, 0)	(2.5, 0)	(3.75, 1)

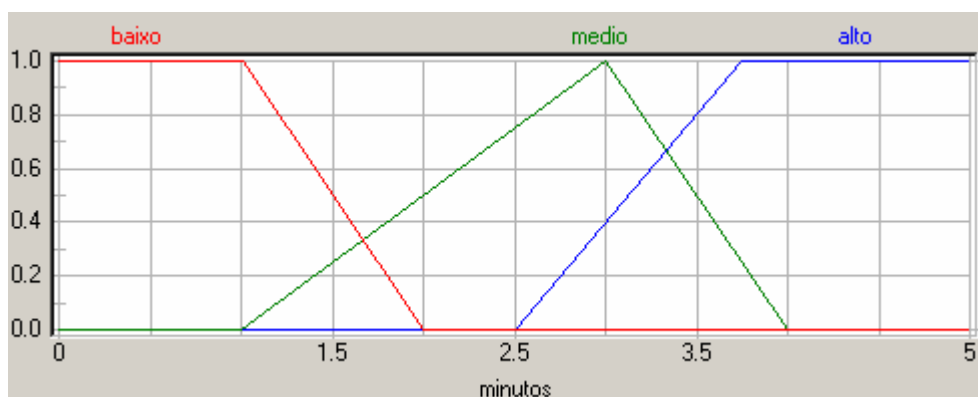


Figura 5.8: Função de Pertinência para os termos linguísticos do conjunto Esforço na Forma de Apresentação FLASH

A Tabela 5.3 apresenta os termos e definição dos pontos (x,y) do conjunto Esforço na forma de apresentação VIDEO. Esse conjunto, nessa forma, é delimitado de 0 a 3 minutos. Os pontos (x,y) apresentados geram o gráfico ilustrado na Figura 5.9.

Tabela 5.10: Termo e definição dos pontos (x,y) dos conjuntos Esforço na forma VIDEO

Nome do Termo	Definição dos Pontos (x, y)		
baixo	(0, 1)	(0.8, 1)	(2, 0)
medio	(0, 0)	(1, 0)	(2, 1)
alto	(2.4, 0)	(3, 1)	

A Figura 5.9 apresenta o conjunto esforço na forma VIDEO, cujos termos lingüísticos são delimitados pelos seguintes valores: baixo de 0 to 2 minutos, médio de 1 a 2.4 minutos e alto de 2.2 a 3 minutos.

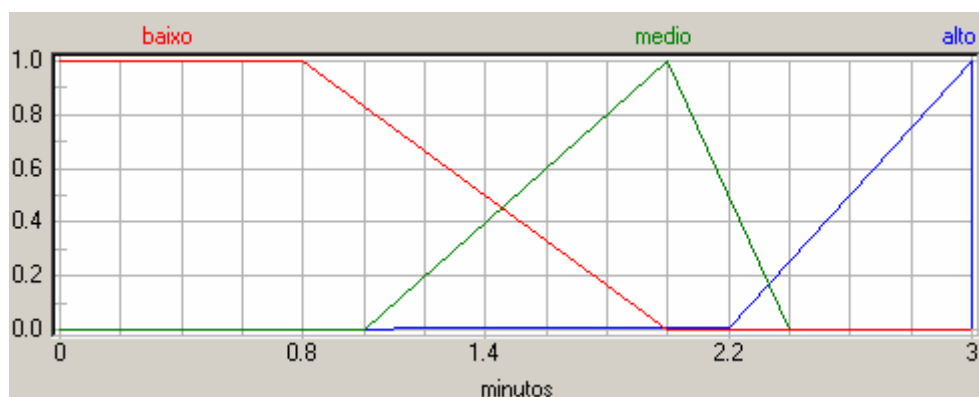


Figura 5.9: Função de Pertinência para os termos lingüísticos do conjunto Esforço na Forma de Apresentação VIDEO

A Tabela 5.11 apresenta os termos e definição dos pontos (x,y) do conjunto Persistência, o qual é delimitado por uma porcentagem de 0 a 100. Os pontos (x,y) apresentados geram o gráfico ilustrado na Figura 5.10, o qual representa a função de pertinência do conjunto persistência, delimitando os termos lingüísticos.

Tabela 5.11: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto persistência

Nome do Termo	Definição dos Pontos (x, y)		
Curta	(0, 1)	(50, 1)	(60, 0)
Media	(0, 0)	(40, 0)	(65, 1)
Longa	(80, 0)	(70, 0)	(100, 1)

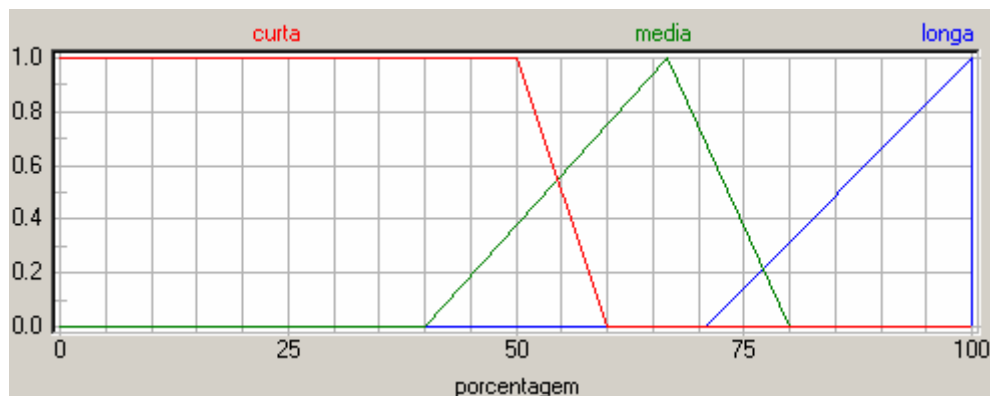


Figura 5.10: Função de Pertinência para os termos linguísticos do conjunto persistência

A Tabela 5.5 apresenta os termos e definição dos pontos (x,y) do conjunto desempenho, o qual é delimitado por uma média de 0 a 100. Os pontos (x,y) apresentados geram o gráfico ilustrado na Figura 5.11 e que representa a função de pertinência do conjunto desempenho, delimitando os termos linguísticos.

Tabela 5.12: Termo e definição dos pontos (x,y) do conjunto desempenho

Nome do Termo	Definição dos Pontos (x, y)		
insuficiente	$(0, 1)$	$(20, 1)$	$(60, 0)$
bom	$(0, 0)$	$(30, 0)$	$(70, 1)$
ótimo	$(80, 1)$	$(100, 0)$	
ótimo	$(0, 0)$	$(70, 0)$	$(100, 1)$

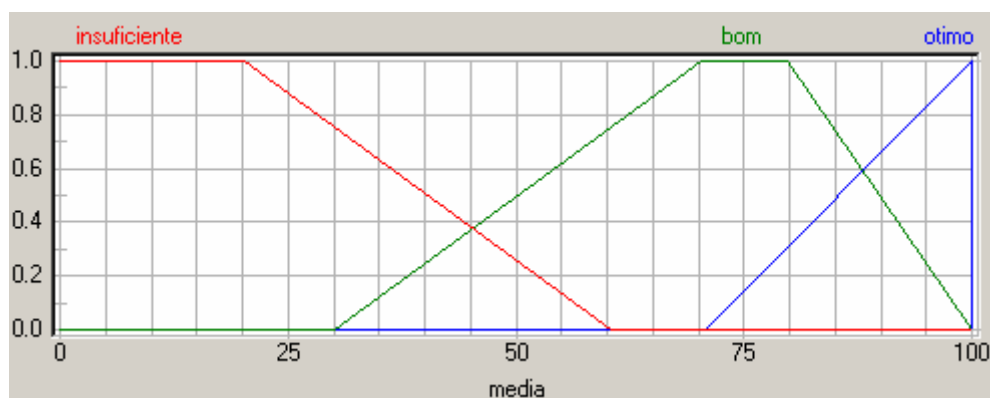


Figura 5.11: Função de Pertinência para os termos linguísticos do conjunto desempenho

Optou-se por três termos linguístico para cada conjunto de entrada visto que, quanto maior o número de termos, maior o número de regras de inferência e tempo de processamento do agente. Portanto, nesse primeiro modelo, simplificou-se o número de termos e regras para testar a operacionalidade do mesmo. Contudo, pretende-se aumentar o número de termos e conseqüentemente o número de regras na tentativa de aumentar o poder de inferência do agente.

Após a definição dos V_i termos e respectivas funções de pertinência, é necessário a definição das regras de inferência. Esse estágio representa o conhecimento do especialista e das teorias utilizadas na forma de regras IF-THEN. Sendo assim, foram elaboradas 27 regras, as quais especificam a Auto-Eficácia em relação aos comportamentos observáveis (esforço, persistência e desempenho) e padrões pessoais utilizados. As regras estipuladas são as seguintes:

“Se esforço é baixo E persistência é curta E desempenho é insuficiente

ENTÃO auto-eficácia é baixa”

“Se esforço é baixo E persistência é curta E desempenho é bom

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é baixo E persistência é curta E desempenho é ótimo

ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é baixo E persistência é média E desempenho é insuficiente

ENTÃO auto-eficácia é baixa”

“Se esforço é baixo E persistência é média E desempenho é bom

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é baixo E persistência é média E desempenho é ótimo

ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é baixo E persistência é longa E desempenho é insuficiente

ENTÃO auto-eficácia é baixa”

“Se esforço é baixo E persistência é longa E desempenho é bom

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é baixo E persistência é longa E desempenho é ótimo

ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é médio E persistência é curta E desempenho é insuficiente

ENTÃO auto-eficácia é baixa”

“Se esforço é médio E persistência é curta E desempenho é bom

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é médio E persistência é curta E desempenho é ótimo

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é médio E persistência é média E desempenho é insuficiente

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é médio E persistência é média E desempenho é bom

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é médio E persistência é média E desempenho é ótimo

ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é médio E persistência é longa E desempenho é insuficiente
ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é médio E persistência é longa E desempenho é bom
ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é médio E persistência é longa E desempenho é ótimo
ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é alto E persistência é curta E desempenho é insuficiente
ENTÃO auto-eficácia é baixa”

“Se esforço é alto E persistência é curta E desempenho é bom
ENTÃO auto-eficácia é baixa”

“Se esforço é alto E persistência é curta E desempenho é ótimo
ENTÃO auto-eficácia é baixa”

“Se esforço é alto E persistência é média E desempenho é insuficiente
ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é alto E persistência é média E desempenho é bom
ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é alto E persistência é média E desempenho é ótimo
ENTÃO auto-eficácia é média”

“Se esforço é alto E persistência é longa E desempenho é insuficiente
ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é alto E persistência é longa E desempenho é bom
ENTÃO auto-eficácia é alta”

“Se esforço é alto E persistência é longa E desempenho é ótimo
ENTÃO auto-eficácia é alta”

A princípio, segundo as características mais expressivas dos alunos que selecionam um ou outro tipo de padrão pessoal (AMES, 1990), algumas regras serão verdadeiras apenas para um dos padrões pessoais. Exemplificando:

Regra: “*Se esforço é baixo E persistência é curta E desempenho é ótimo ENTÃO auto-eficácia é alta*”,

observa-se que mesmo com o esforço e a persistência inferiores, a auto-eficácia foi considerada alta porque o desempenho foi máximo. Essa regra, a princípio, será verdadeira para os alunos que escolherem o padrão pessoal desempenho. Já no caso da

Regra: “*Se esforço é alto E persistência é longa E desempenho é insuficiente ENTÃO auto-eficácia é alta*”,

está sendo priorizado o aluno com o padrão pessoal domínio do assunto.

5.4 Exemplos práticos do funcionamento da máquina de inferência Fuzzy do agente MAE

Um aluno, após identificar-se no ambiente, seleciona o padrão pessoal extrínseco (desempenho) e inicia suas escolhas na interface do InteliWeb. A partir desse momento, o agente MAE monitora o *Log* do ambiente. Quando o agente percebe que o aluno finalizou uma tarefa, ele busca informações do *Log* sobre os comportamentos observáveis do aluno na realização da mesma.

5.4.1 Exemplo 1

Suponhamos que os comportamentos sejam: esforço (HTML): 4.5 minutos; persistência: 80%; desempenho: 60.9 de média. Acompanhando a Figura 5.12, os valores de entrada crisp são *fuzzificados*, transformando-se em termos lingüísticos com suas respectivas pertinências. Com isso, tem-se:

$$\text{esforço}((\mu_{\text{baixo}(4.5)}=0.25, \mu_{\text{médio}(4.5)}=0.5, \mu_{\text{alto}(4.5)}=0))$$

$$\text{persistência}(\mu_{\text{curta}(80)}=0, \mu_{\text{média}(80)}=0, \mu_{\text{longa}(80)}=0.4)$$

$$\text{desempenho}(\mu_{\text{insuficiente}(60.9)}=0.021, \mu_{\text{bom}(60.9)}=0.9, \mu_{\text{ótimo}(60.9)}=0.22)$$

Nessa situação o agente recupera 6 regras com resultado diferente de zero:

Regra 7 “Se esforço é 0.25 E persistência é 0.4 E desempenho é 0.021 ENTÃO auto-eficácia é baixa” $\rightarrow \mu_{\text{Auto-Eficácia Baixa}}(\min(0.25, 0.4, 0.021) = 0.021$

Regra 8 “Se esforço é 0.25 E persistência é 0.4 E desempenho é 0.9 ENTÃO auto-eficácia é média” $\rightarrow \mu_{\text{Auto-Eficácia Média}}(\min(0.25, 0.4, 0.9) = 0.25$

Regra 9 “Se esforço é 0.25 E persistência é 0.4 E desempenho é 0.22 ENTÃO auto-eficácia é alta” $\rightarrow \mu_{\text{Auto-Eficácia Alta}}(\min(0.25, 0.4, 0.22) = 0.22$

Regra 16 “Se esforço é 0.5 E persistência é 0.4 E desempenho é 0.021 ENTÃO auto-eficácia é média” $\rightarrow \mu_{\text{Auto-Eficácia Média}}(\min(0.5, 0.4, 0.021) = 0.021$

Regra 17 “Se esforço é 0.5 E persistência é 0.4 E desempenho é 0.9 ENTÃO auto-eficácia é alta” $\rightarrow \mu_{\text{Auto-Eficácia Alta}}(\min(0.5, 0.4, 0.9) = 0.4$

Regra 18 “Se esforço é 0.5 E persistência é 0.4 E desempenho é 0.22 ENTÃO auto-eficácia é alta” $\rightarrow \mu_{\text{Auto-Eficácia Alta}}(\min(0.5, 0.4, 0.22) = 0.22$

Agrupando as regras por termo de saída, tem-se:

Regra 7: $\mu_{\text{Auto-Eficácia Baixa}}(\min(0.25, 0.4, 0.021) = 0.021$

Regra 8: $\mu_{\text{Auto-Eficácia Média}}(\min(0.25, 0.4, 0.9) = 0.25$

Regra 9: $\mu_{\text{Auto-Eficácia Média}}(\min(0.5, 0.4, 0.021) = 0.021$

Regra 16: $\mu_{\text{Auto-Eficácia Alta}}(\min(0.25, 0.4, 0.22) = 0.22$

Regra 17: $\mu_{\text{Auto-Eficácia Alta}}(\min(0.5, 0.4, 0.9) = 0.4$

Regra 18: $\mu_{\text{Auto-Eficácia Alta}}(\min(0.5, 0.4, 0.22) = 0.22$

Dadas essas regras e pertinências, o termo lingüístico “baixa” do conjunto de saída é cortado em 0.021, o termo “média” em 0.25 e o termo “alta” em 0.4. Entre termos iguais o agente considera a pertinência mais alta, uma vez que, a união em conjuntos *fuzzy* é o somatório dos valor, retornando o maior valor.

Com as pertinência dos termos de saída calculadas o agente aplica o operador MAX, $\mu_{\text{auto-eficácia}}(\text{Max}(0.021, 0.25, 0.4))$, resultando no grau de pertinência 0.4, o que neste caso equivale a dizer que a saída *fuzzy* é auto-eficácia alta.

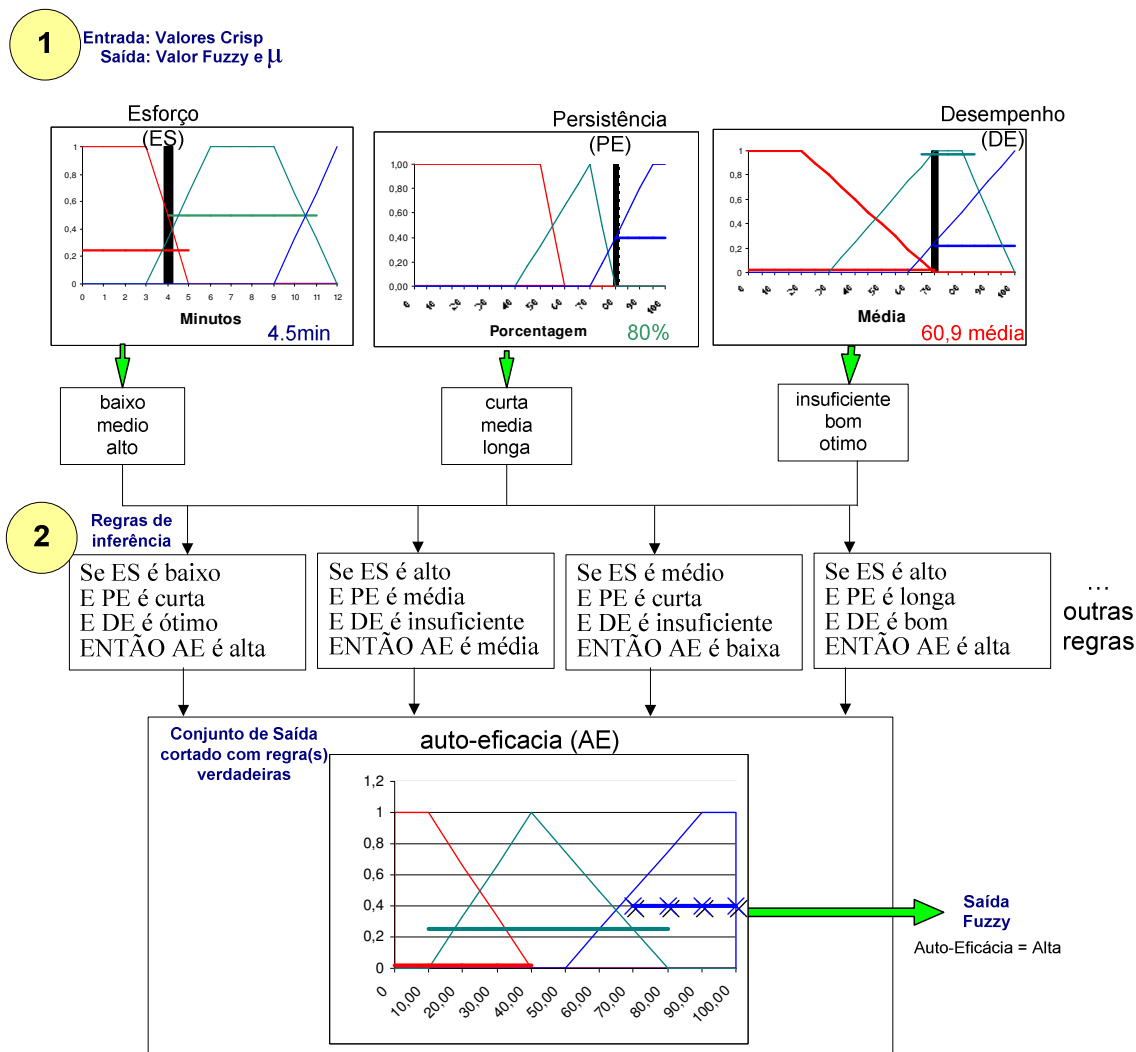


Figura 5.12: Exemplo 1 - Processo *Fuzzy* da Auto-Eficácia

Para que o agente MAE acione o *feedback* é necessário que ocorra o processo exemplificado e a saída escolhida seja a que obtiver o maior μ . Dessa forma, o agente PAT será acionado ao término de cada atividade. Cabe salientar que uma atividade consiste na seleção de um tópico em uma das formas de apresentação ou nessa seleção, seguida da realização de exercícios ou, ainda, da realização de exercícios seguida da seleção de um tópico. A realização de um exercício retorna ao agente MAE a variável desempenho. A cada conjunto de exercícios respondido, como descrito anteriormente, vai sendo computado como a média entre acertos e o número de vezes que aluno os

realizou. Já as variáveis de esforço e persistência são zeradas e computadas a cada nova escolha de tópico.

Com isso, o agente PAT seria acionado para mostrar uma tática de auto-eficácia inferida para padrão pessoal intrínseco.

5.4.2 Exemplo 2

Suponhamos que os comportamentos sejam: esforço (HTML): 10 minutos; persistência: 55%; desempenho: 60.0 de média. Acompanhando a Figura 5.13, os valores de entrada crisp são *fuzzificados*, transformando-se em termos lingüísticos com suas respectivas pertinências. Com isso, tem-se:

$$\text{esforço}(\mu_{\text{baixo}}(10))=0.0, \mu_{\text{médio}}(10)=0.66, \mu_{\text{alto}}(10)=0.33$$

$$\text{persistência}(\mu_{\text{curta}}(55))=0.5, \mu_{\text{média}}(55)=0.5, \mu_{\text{longa}}(55)=0$$

$$\text{desempenho}(\mu_{\text{insuficiente}}(60.0))=0.19, \mu_{\text{bom}}(60.0)=0.75, \mu_{\text{ótimo}}(60.0)=0$$

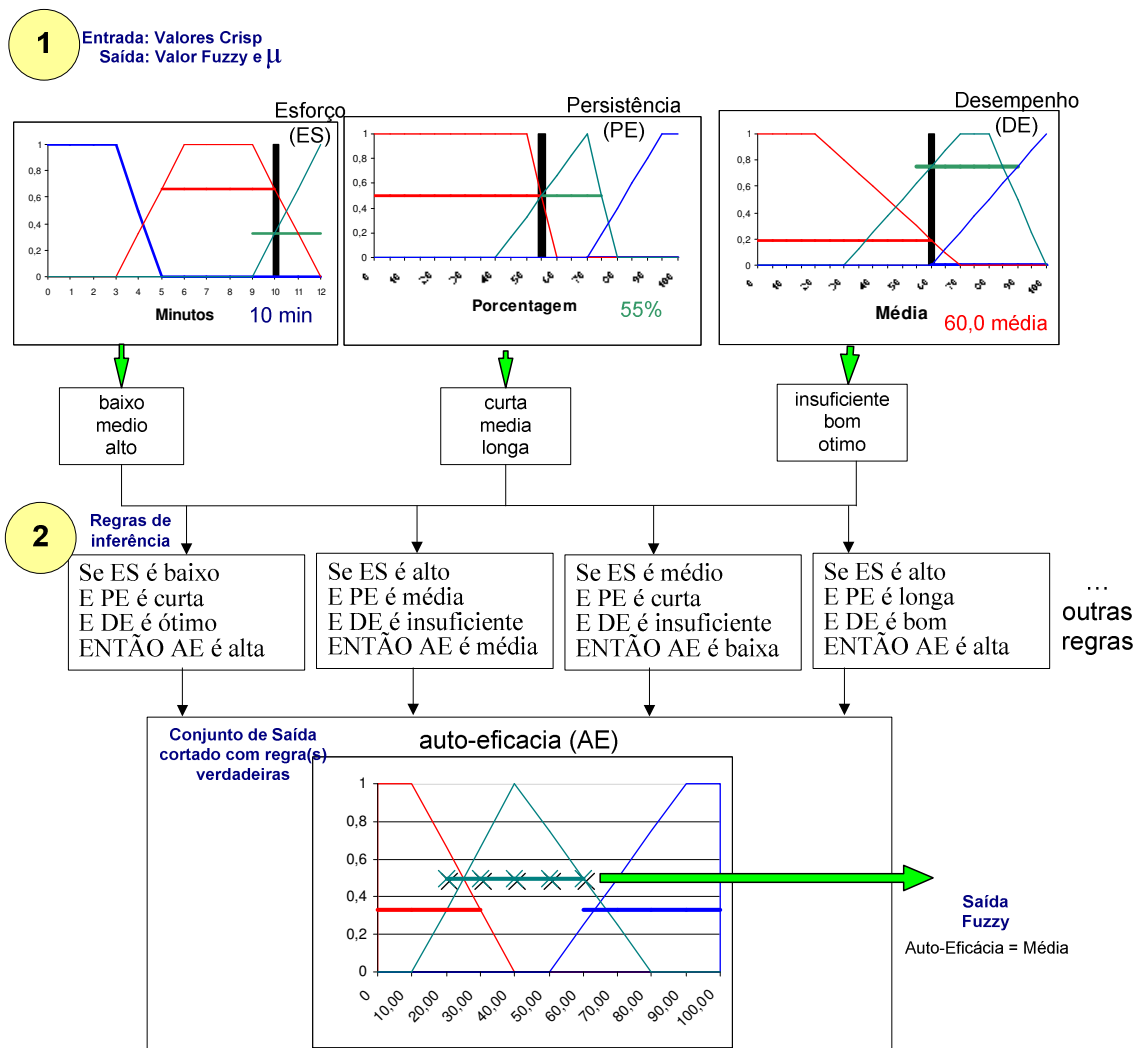


Figura 5.13: Exemplo 2 - Processo Fuzzy da Auto-Eficácia

Nessa situação as regras acionadas, com as maiores pertinências, são as seguintes:

“SE *esforço=medio* E *persistencia=curta* E *desempenho=bom* ENTÃO *autoeficacia=media*” $\rightarrow \mu_{media}(\min(\mu_{medio(10)}=0.66, \mu_{curta(55)}=0.5, \mu_{bom(60,0)}=0.75)) = 0.5$

“SE *esforço=alto* E *persistencia=curta* E *desempenho=bom* ENTÃO *autoeficacia=baixa*” $\rightarrow \mu_{baixa}(\min(\mu_{alto(10)}=0.33, \mu_{curta(55)}=0.5, \mu_{bom(60,0)}=0.75)) = 0.33$

“SE *esforço=alto* E *persistencia=media* E *desempenho=bom* ENTÃO *autoeficacia=alta*” $\rightarrow \mu_{alta}(\min(\mu_{alto(10)}=0.33, \mu_{media(55)}=0.5, \mu_{bom(60,0)}=0.75)) = 0.33$

Assim, o termo lingüístico “baixa” do conjunto de saída é cortado em 0.33, o termo “média” em 0.5 e o termo “alta” em 0.33, sendo assim o $\mu_{auto-eficácia}(\text{Max}(0.5, 0.33))$ resulta no grau de pertinência 0.5 o que neste caso, equivale a dizer que a saída *fuzzy* é auto-eficácia média.

Com isso, o agente PAT seria acionado para mostrar uma tática de auto-eficácia inferida para padrão pessoal extrínseco.

5.5 Considerações

Este trabalho utiliza agentes na modelagem e projeto de um STI, seguindo uma arquitetura envolvendo cognição e emoção como em Bercht (2001) e Jaques (2004). Desses trabalhos foram utilizados os conceitos de persistência e motivação e o personagem animado PAT juntamente com suas táticas afetivas. Em Berch (2001) as variáveis persistência e esforço são consideradas como uma única variável.

Estes trabalhos utilizaram BDI na modelagem do agente. A fundamentação filosófica para a concepção de agentes deliberativos BDI vem do trabalho de Dennett (1987) sobre sistemas intencionais e de Bratman (1987) sobre raciocínio prático. Lógicas BDI são lógicas multimodais com um operador modal para cada uma das atitudes mentais do modelo BDI, além dos operadores usuais da lógica temporal de tempo ramificado e da lógica de ação. As arquiteturas BDI são um segmento da IA que tem explorado modelos de agentes baseados em crenças, desejos e intenções. A idéia básica da abordagem BDI é descrever o processamento interno do estado de um agente utilizando um conjunto de categorias mentais (crença, desejo e intenções) e definir uma arquitetura de controle através da qual o agente seleciona racionalmente o curso de suas ações. Essas categorias mentais seriam correspondentes aos estados mentais humanos, que apresentam um vínculo com o mundo em termos da sua existência e significância.

Os trabalhos citados, descritos no Capítulo 2, utilizam o formalismo BDI proposto por Móra (1998), a qual é uma teoria computacional de uso imediato e de baixa complexidade para descrição de agentes denominada X-BDI.

Essa abordagem foi revista neste trabalho, devido à dificuldade para modelar a Auto-Eficácia, pela sua natureza incompleta dentro do contexto que este trabalho está inserido e, também, pelo fato do X-BDI apresentar uma performance deficitária. Dessa forma, a abordagem selecionada foi a Lógica *Fuzzy*, apresentada no Capítulo 4. A força da Lógica *Fuzzy* deriva da sua habilidade em inferir conclusões e gerar respostas

baseadas em informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas. Neste aspecto, os sistemas de base *Fuzzy* têm habilidade de raciocinar de forma semelhante à dos humanos, o que acarreta na construção de sistemas compreensíveis e de fácil manutenção.

O Modelo *Fuzzy* da Auto-Eficácia elaborado é dividido em definições advindas da teoria de Bandura (1997) e Ames (1990). A Figura 5.14 apresenta as partes que compõem o modelo e explicita a origem das definições de cada uma dessas partes.

O modelo *fuzzy* da Auto-Eficácia é representado por k conjuntos de entrada e um conjunto de Saída. Os conjuntos de entrada já especificados são o Esforço, Persistência e Desempenho. Os V_f termos lingüísticos e funções de pertinência dos conjuntos de entrada devem ser definidos pelo especialista.

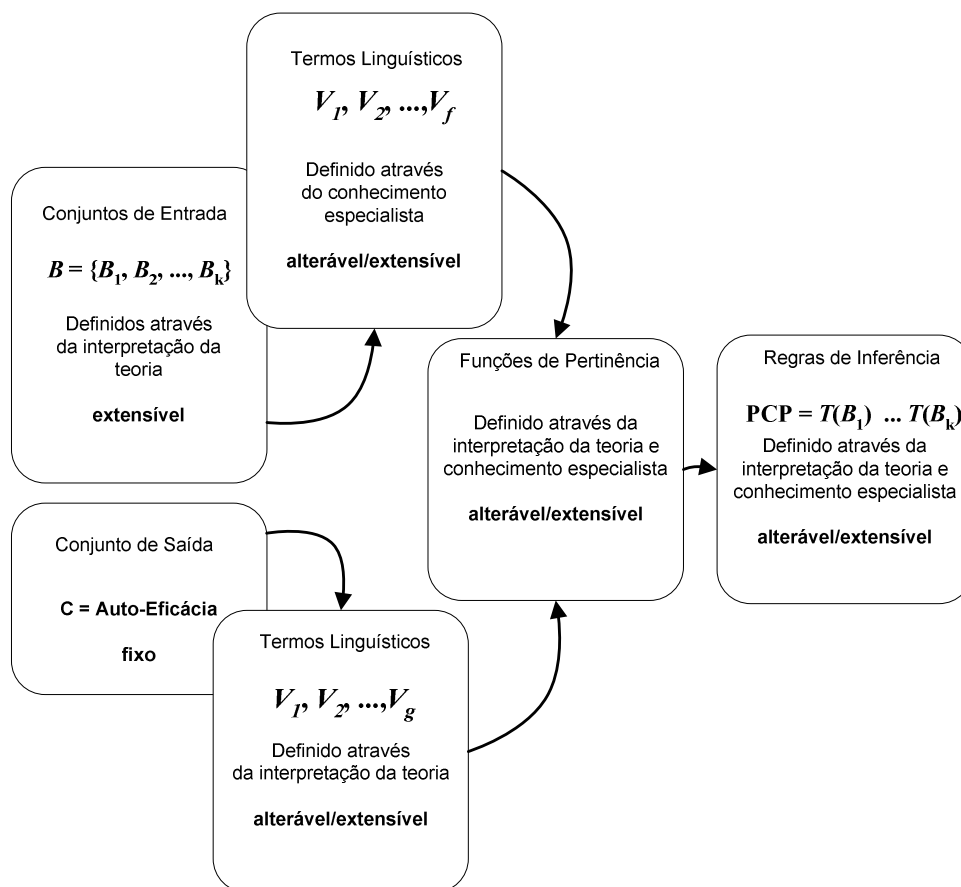


Figura 5.14: Modelo *fuzzy* idealizado para a Auto-Eficácia

Já o conjunto de saída é representado pelo conjunto denominado Auto-Eficácia. Os V_g termos lingüísticos e funções de pertinência do conjunto de saída foram elaborados através da interpretação da teoria de Bandura (1997) e Ames (1990).

As regras de inferência refletem as influências entre a combinação de V_f e V_g termos lingüísticos e devem seguir a interpretação da teoria e o conhecimento do especialista. O número de regras depende do número de termos lingüísticos determinado.

O modelo proposto foi validado, uma vez que, o professor responsável pelo primeiro material disponibilizado no ambiente definiu os termos e funções de pertinência a ele requerido. Outros fatores são abordados no Capítulo 8.

6 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação deste trabalho foi realizada em três partes: a primeira engloba o ambiente InteliWeb, a segunda o agente MAE e ajustes no agente PAT e por fim a inclusão dos agentes no ambiente. Nas seções 6.1 a 6.3 esses procedimentos são explicitados.

6.1 InteliWeb

O ambiente InteliWeb foi inicialmente elaborado em uma disciplina de Projeto de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Computação, abordado no Capítulo 7. Este ambiente foi desenvolvido na linguagem Java, utilizando Servlet e JSP - *JavaServer Pages* (Murach, 2003). A Figura 6.1 apresenta a estrutura desenvolvida na qual o aluno faz a sua requisição através de um navegador Web. A interface é gerada a partir de páginas JSP, as quais enviam comandos ao *Servlet* denominado “Curso”, armazenado no servidor. A página, por sua vez, acessa o Banco de Dados quando necessário (autenticação do aluno, recuperação de material didático, criação do *Log*) e redireciona, conforme a opção desejada, para a página JSP, para a página gerada pelo Servlet ou para o material didático selecionado. Como servidor HTTP está sendo utilizado o Tomcat (Apache Software Foundation) (TOMCAT, 2004).

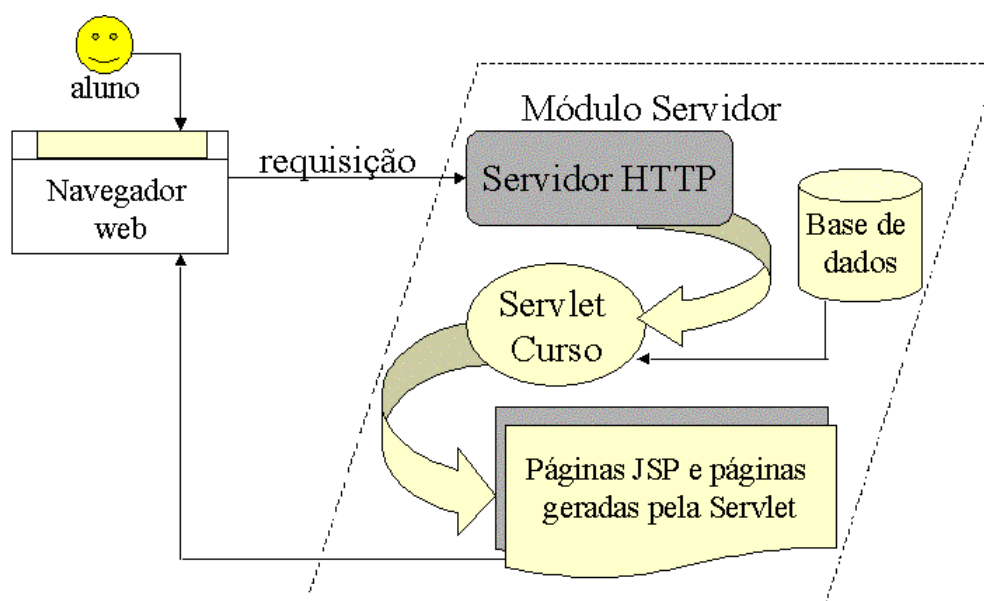


Figura 6.1: Estrutura desenvolvida.

Dentro da estrutura desenvolvida, tem-se que conteúdo “FLOR” é dividido nos tópicos do Capítulo 7 e que estes podem ser visualizados nas três formas de apresentação. Além da estrutura do material existe uma apresentação do ambiente, da Ementa e dos objetivos propostos pelo professor e dos exercícios.

Na implementação foram elaboradas quatro principais classes: sendo um Servlet (Curso.java) responsável pelo gerenciamento do ambiente, uma classe de definição de objetos de usuário (User.java), objetos de e-mail (Mail.java), os quais são utilizados pela classe do usuário e uma classe de acesso ao Banco de dados utilizada pelo Servlet (SqlBean.java). O diagrama das classes está ilustrado na imagem Figura 6.2.

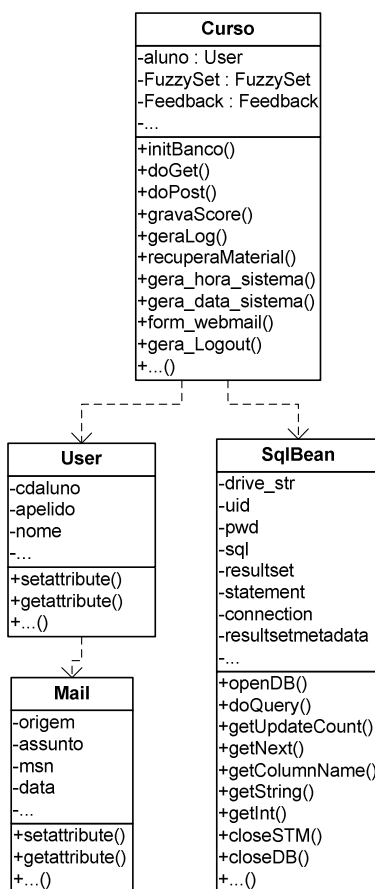


Figura 6.2: Diagrama de Classes

As reticências presentes no diagrama de classes representam outros atributos e propriedades menos importantes que não foram especificados na imagem.

A interface é composta por cinco páginas JSP e o banco de dados foi estruturado de acordo com o ER ilustrado na Figura 6.3. O banco de dados contém informações do curso estruturadas em 10 tabelas, dentre elas: Curso, Autor, Conteúdo, Tópico, Subtópico, Modelo (formas de apresentação) e URL (link para a página HTML, flash ou vídeo a ser apresentado). Os dados relacionados a alunos estão armazenados nas Tabelas: Aluno, Log (escolhas do aluno no ambiente, seja de conteúdo ou opções da interface) e Mail (mensagens recebidas pelo aluno).

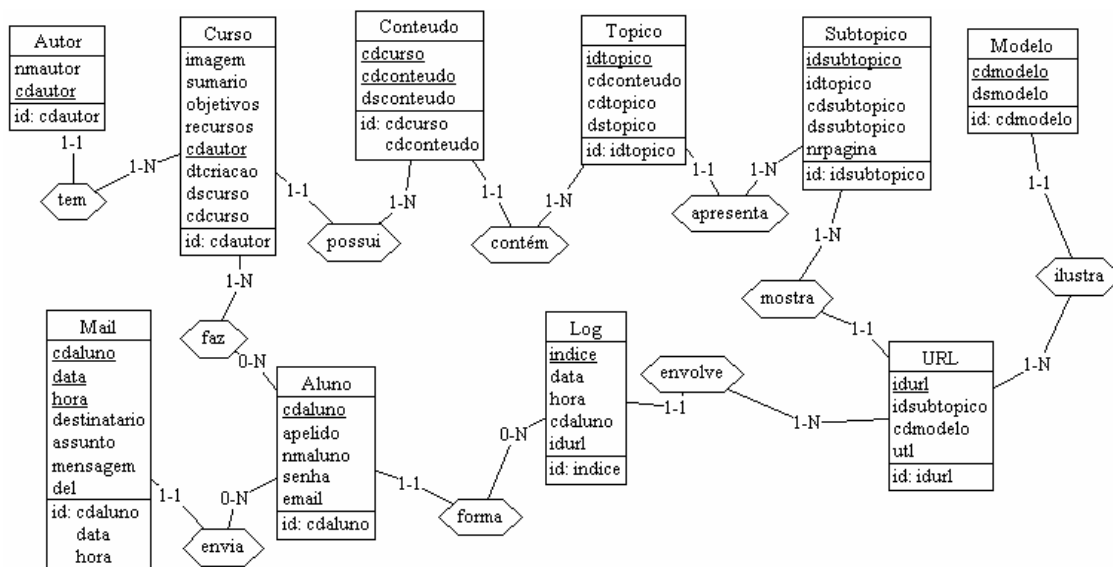


Figura 6.3: Modelo E-R do ambiente InteliWeb

6.2 Telas do InteliWeb

As telas do InteliWeb são divididas em dois principais grupos, os quais são: Telas de Inicialização, que incluem a tela de apresentação e autenticação do aluno e Telas de Interface que são a interface do ambiente, na qual o aluno realiza as suas escolhas no material didático e demais opções disponíveis.

Após a tela de apresentação (ilustrada na Figura 6.4) e de identificação e autenticação do aluno, como mostra a Figura 6.5, o mesmo pode interagir com a interface do Ambiente, como mostra a Figura 6.6. Essa interface é composta por três partes: **Pastas** (Início, Mail, Conteúdo); **Barra de Ferramentas** com várias funcionalidades disponibilizadas e um **Espaço Visual** (visualização do material didático ou demais opções da Ferramenta).

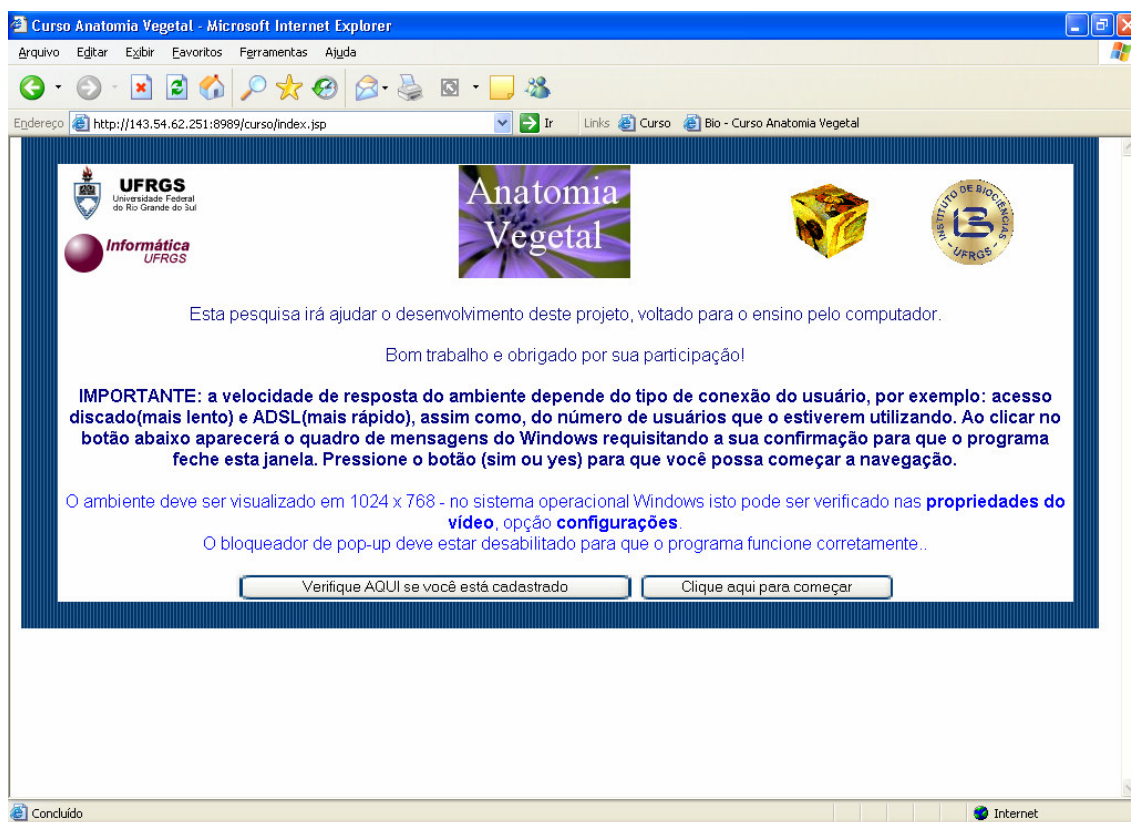


Figura 6.4: Tela de apresentação do ambiente

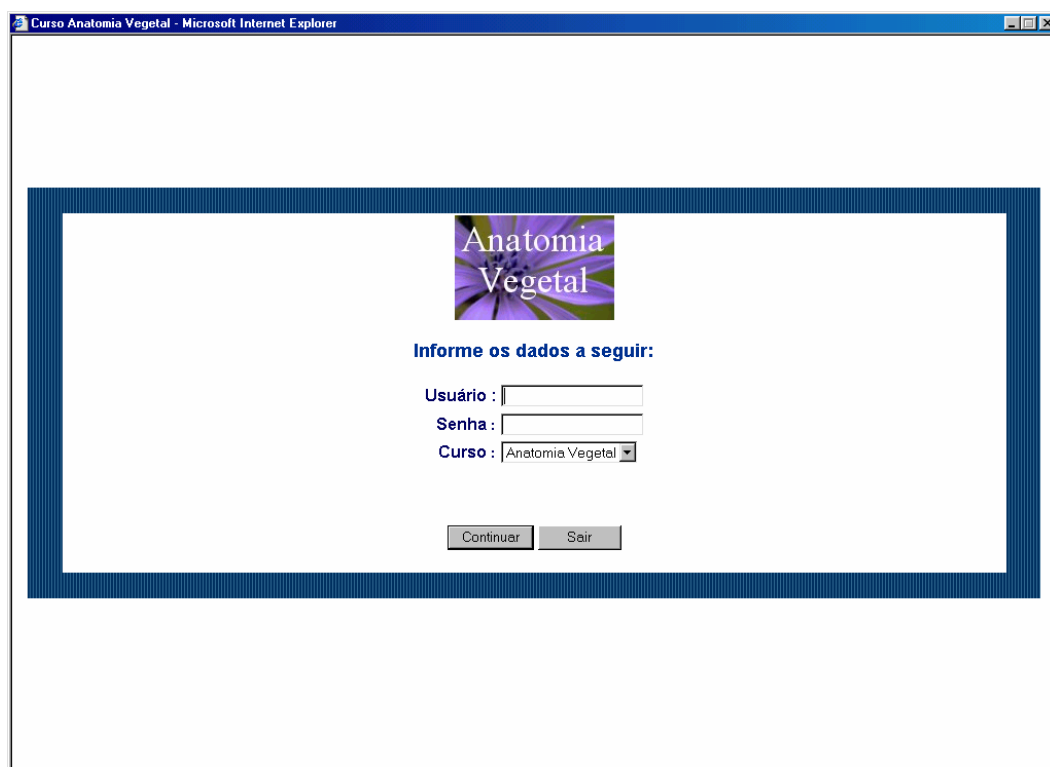


Figura 6.5: Tela de identificação do usuário

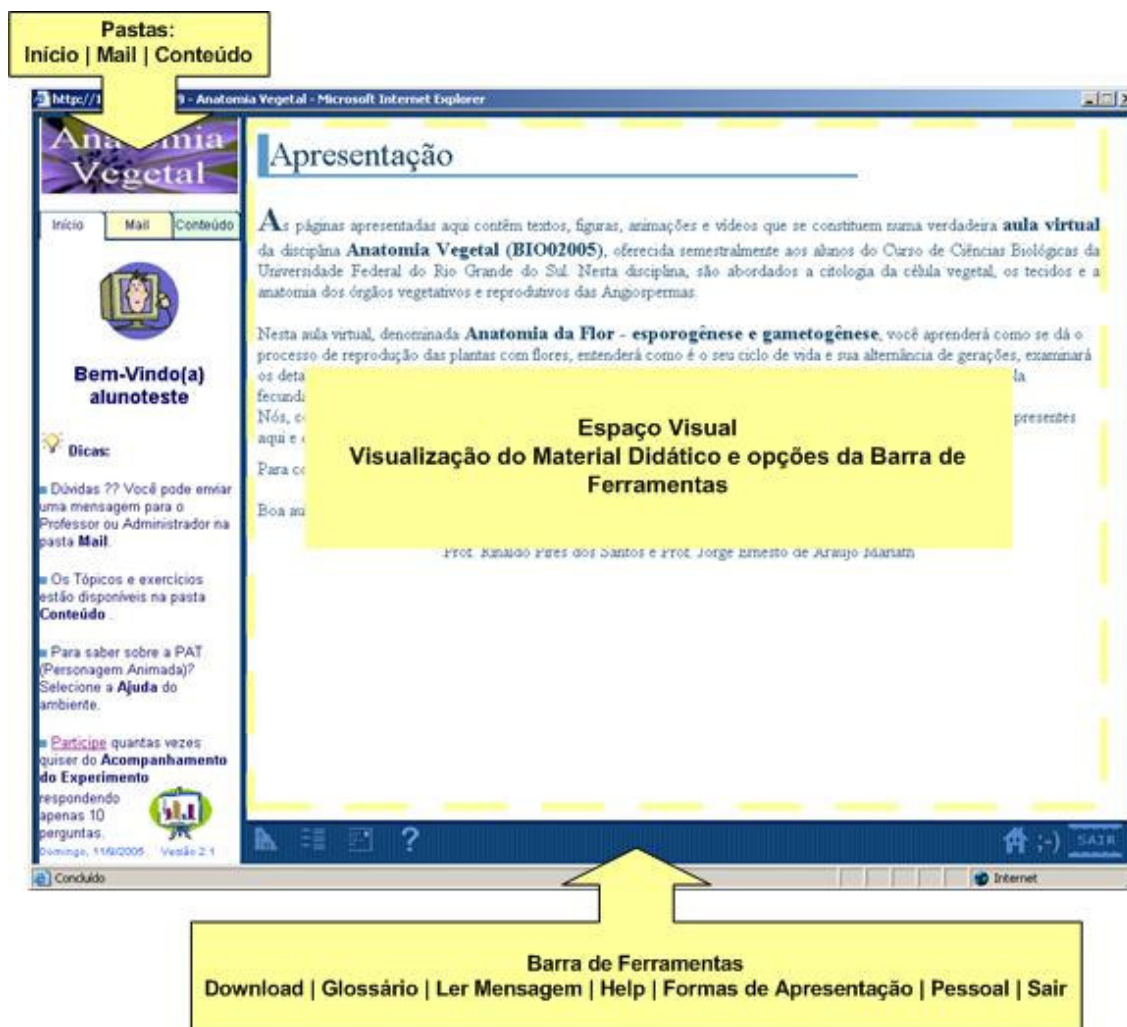


Figura 6.6: Interface do ambiente desenvolvido: composta por Pastas, Barra de Ferramentas e Espaço Visual. O Espaço Visual está mostrando a apresentação do ambiente e os objetivos propostos pelo professor.

As pastas existentes são: Início, Mail e Conteúdo e estão ilustradas na Figura 6.7. A pasta **Início** apresenta uma mensagem de boas Vindas, dicas e eventuais mensagens da Ferramenta ao aluno, como por exemplo: “Mensagem enviada com sucesso.” e “Destinatário não cadastrado”. Já Na pasta **Mail** é possível enviar mensagens para usuários cadastrados (aluno, professor ou administrador). Por fim, a pasta **Conteúdo** apresenta o sumário do curso a ser acessado pelo aluno na sessão de estudo.

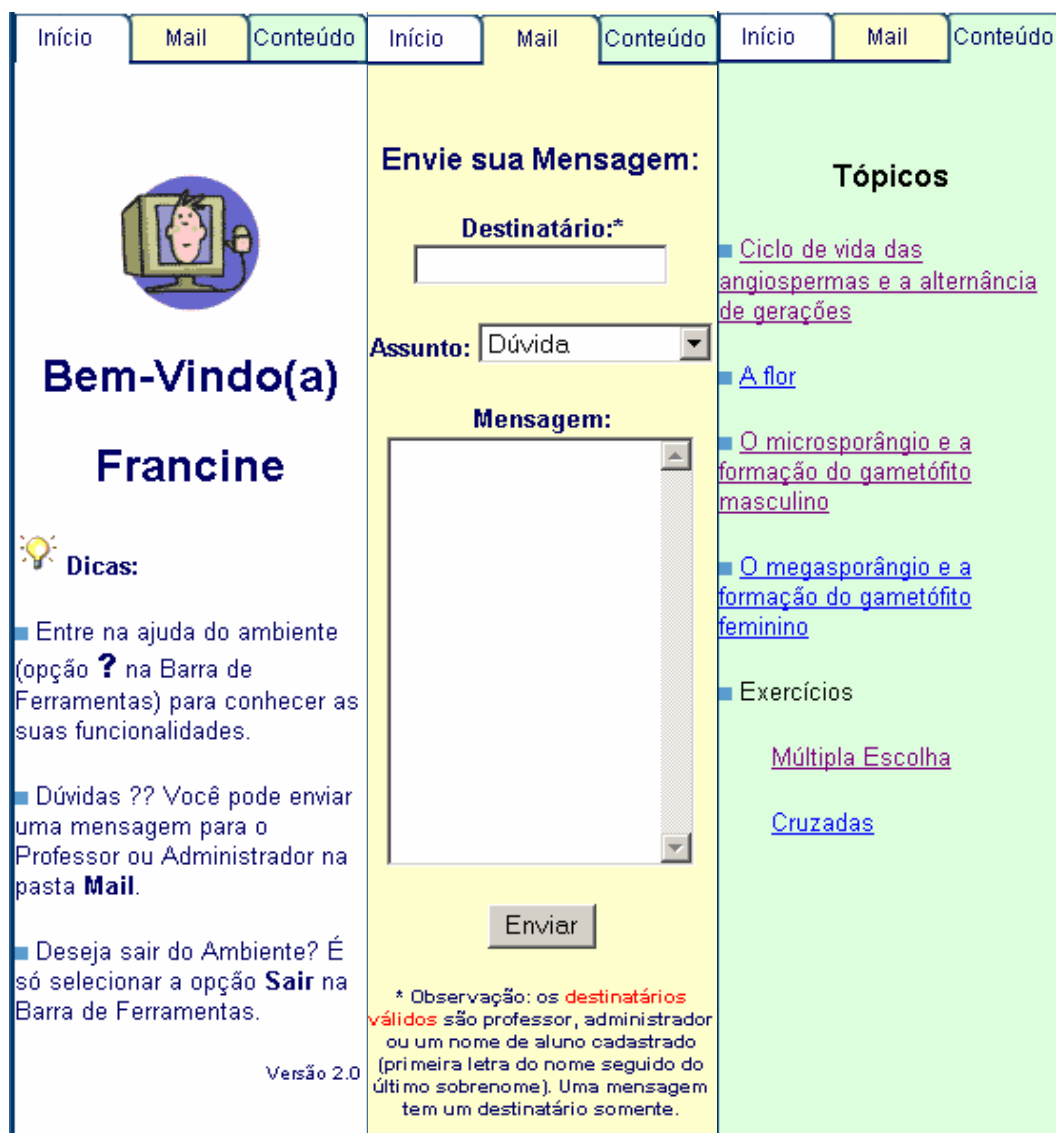


Figura 6.7: Mensagens e opções das pastas: Início, Mail e Conteúdo.

A Barra de Ferramentas apresenta sete opções. São elas (da esquerda para a direita): **Download** (material didático disponível para *download*); **Glossário** (apresenta um vocabulário das palavras citadas no material didático) o material didático na forma HTML possui referências (*links*) para o glossário, parte do glossário está ilustrado na Figura 6.8; **Ler Mensagem** (opção de leitura/exclusão/resposta a mensagens recebidas), tela ilustrada na Figura 6.9; **Help** (ajuda do Sistema – informações de como utilizar as opções disponíveis na ferramenta) um trecho do Help é ilustrado na Figura 6.10; **Formas de Apresentação** (cada vez que é escolhido um material didático o ambiente requer a escolha de uma das três formas de apresentação desse material – o material pode ser visualizado várias vezes e em qualquer forma que o aluno selecionar) – ilustrado na Figura 6.11; **Pessoal** (troca de senha e dados pessoais do aluno, como por exemplo, rendimento no material) e, finalmente, **Sair** (finaliza a sessão e fecha a janela do navegador).

Glossário

A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z

A

Acitocinética (mitose-). Divisão mitótica na qual não ocorre divisão do citoplasma. Gera células com vários núcleos.

Andrófito. É a planta sexuada masculina ou gametófito masculino ou pé masculino. O mesmo que microgametófito. Nas Angiospermas, o andrófito é o grão de pólen e está reduzido a duas células (a célula vegetativa e a generativa) ou três células (a célula vegetativa e os dois gametas). É o resultado da "germinação" do andrósporo, a qual acontece no interior da esporoderme (endosporia).

Androgametogênese. Ver gametogênese.

Androsporângio. O mesmo que microsporângio.

Andrósporo. O mesmo que micrósporo.

Androsporogênese. Ver esporogênese.

Arquespório. Tecido meristemático, localizado no interior dos esporângios das Angiospermas, formado por células no estágio S (síntese, quando ocorre duplicação do ADN) do ciclo celular meiótico (interfase meiótica). Nas células do arquespório, o ciclo normal de divisões mitóticas é cancelado. O termo arquespório é erroneamente usado para o tecido, com características meristemáticas, que dá origem ao tecido esporogênico e à camada parietal primária, no androsporângio. Este tecido é formado pelas células - mãe de arquespório.

C

Calose. Polímero polissacarídico (β -1,3-glucanos) encontrado em pequenas quantidades nas paredes celulares de alguns tecidos vegetais, como o floema, depositado em plasmodesmos e sobretudo, o constituinte da parede especial encontrada ao redor dos andrósporos e ginósporos durante a meiose. É uma substância com propriedades especiais e grande importância fisiológica - já que pode ser rapidamente sintetizada e degradada com igual facilidade.

Figura 6.8: Tela do Glossário do Ambiente.

WebMail

usuário → Francine		Atualizar Caixa de Entrada		Excluir todas as Mensagens	
Caixa de Entrada					
Assunto:		De:	Recebido em:		
Ler	Dúvida	at1	18/3/2005-18:13:22		Excluir
Ler	Solicitação	at1	18/3/2005-18:13:46		Excluir
Ler	Resposta	at1	6/5/2005-17:30:18		Excluir
Ler	Dúvida	at1	6/5/2005-17:31:31		Excluir
Ler	Contribuição	at1	6/5/2005-17:31:54		Excluir
Ler	Erro	at1	6/5/2005-17:32:19		Excluir
Ler	Sugestão	at1	6/5/2005-17:33:5		Excluir
Ler	Solicitação	at1	6/5/2005-17:34:5		Excluir

Figura 6.9: Tela de Para Ler e Responder Mensagens.

Ajuda

Tópicos

- [Explicando a Interface.](#)
- [Funções das opções das Pastas.](#)
- [Funções das opções da Barra de Ferramentas.](#)
- [Problemas para visualizar vídeos ou animações](#)
- [Problemas para visualizar a PAT \(Personagem Animada\)](#)

💡 Se você não encontrar a informação que está procurando envie um mail com a sua dúvida para o Professor ou para o Administrador, voce receberá a resposta em breve e poderemos complementar este documento.

Explicando a Interface

A interface é composta de três partes, uma delas possui [Pastas](#) (Início, Mail, Conteúdo), a outra uma [barra de ferramentas](#) com várias das funcionalidades disponibilizadas e finalmente, um espaço reservado para mostrar o conteúdo didático formulado. A imagem abaixo ilustra as três partes que compõem a interface.

Figura 6.10: Tela de Ajuda do Ambiente.



Figura 6.11: Tela de Escolha da Forma de Apresentação do Material Didático.

6.3 Implementação dos Agentes e integração ao InteliWeb

O agente MAE foi implementado como um Servlet Java. A seleção de sua implementação por um Servlet se deve à estrutura prévia do InteliWeb (cliente-servidor) e ao fato de um Servlet, por sua natureza, possuir continuidade temporal. Dessa forma, grande parte das atividades do Servlet Curso foi atribuída às páginas JSP que compõem a interface do InteliWeb e esse Servlet foi transformado no agente MAE e implementa as atividades do agente MAE descritas no Capítulo 5. A nova estrutura cliente-servidor é ilustrada na Figura 6.12, sendo que os programas utilizados no lado servidor são os mesmos anteriormente citados.

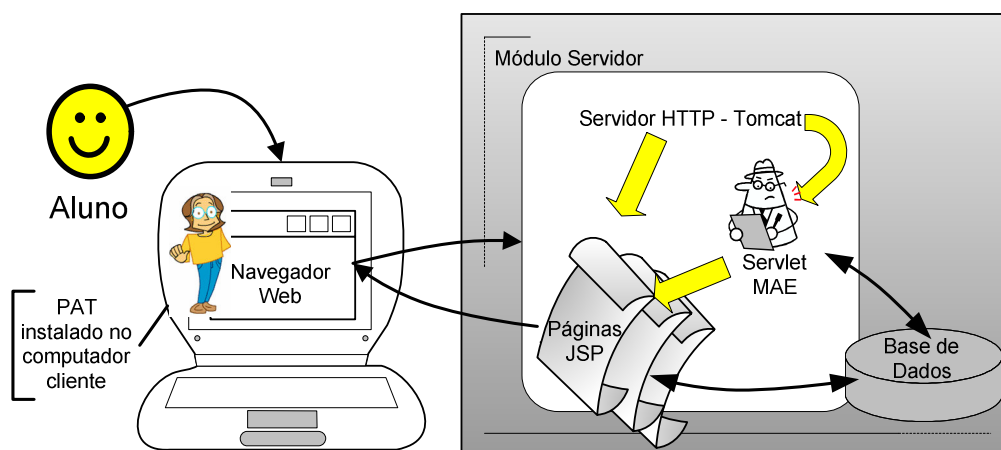


Figura 6.12: Nova Estrutura – InteliWeb e Agentes.

Assim como na estrutura anterior, o aluno faz a sua requisição através de um navegador Web. Acompanhando a Figura 6.12, as setas pretas indicam a requisição realizada e o retorno desta ao aluno, ou ainda, os acessos ao banco de dados. As setas largas indicam os caminhos pelos quais as requisições podem passar, ou seja, diretamente pelas páginas JSP ou pelo agente MAE. A interface do InteliWeb formada por páginas JSP informa ao agente MAE, a partir de chamadas *get* ou *post*, as opções selecionadas pelo aluno.

Para implementação do agente MAE foi necessária a formalização das classes de composição do processamento *Fuzzy* denominadas: *FuzzySet.java*, *FuzzyRule.java*, *TermSet.java*, *Pertinence.java*, *FunctionType.java* e *Inference.java*. O diagrama de classes ilustrado na Figura 6.13 apresenta as classes constituintes do agente MAE. A classe *SqlBean* foi representada nesse diagrama pois é através dela que o agente faz alterações e consultas à base de dados. As reticências presentes no diagrama de classes representam outros atributos e propriedades menos importantes que não foram especificados na imagem. Os métodos *getAttribute()* e *setAttribute()* representam todos métodos *get* (recupera valor do atributo) e *set* (atribui valor ao atributo) presentes nas classes. Um diagrama de seqüência de utilização das classes pelo Agente MAE é ilustrado na Figura 6.14. Nesse diagrama são apresentados os principais passos do agente.

A classe *User.java* (dados do aluno durante a sessão de estudo) foi alterada para englobar os dados de referência ao processamento *Fuzzy*. Os *feedbacks* do agente PAT são tratados na classe *Feedback.java*. A BC do agente MAE engloba as classes citadas uma vez que estas compõem os dados e a máquina de inferência.

Conforme a Figura 6.12, para que o agente PAT execute é necessário que ele tenha sido previamente instalado no computador cliente, no diretório “MSAGENT\CHARS”, dentro da pasta na qual o sistema operacional Windows tenha sido instalado. A instalação do PAT corresponde a um arquivo com extensão “ACS” (MS Agent).

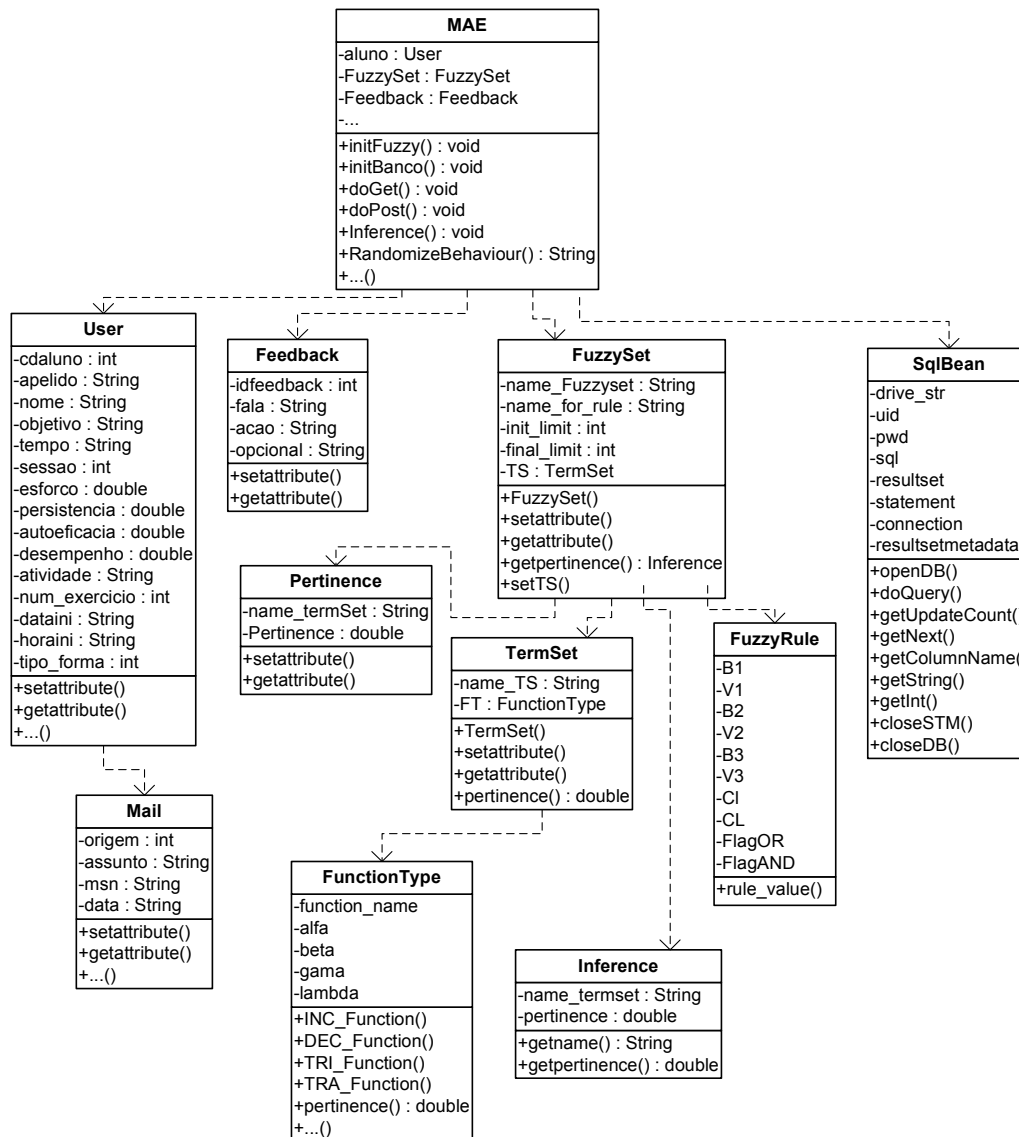


Figura 6.13: Diagrama de Classes do Agente MAE.

O agente PAT foi integrado às páginas JSP referentes à interface do ambiente. O retorno de chamadas *get* recebidas pelo agente MAE, quando necessário, resulta em mensagens para o agente PAT, como por exemplo: “Animar ('tutorial')”, “Animar ('estímulo7’)” e “Falar ('Juntos vamos superar! O importante é continuar tentando!)”. É através dessas mensagens que o agente PAT concebe qual comportamento deve seguir, como ilustrado na Figura 6.15, na qual o agente realiza quatro dos seus comportamentos afetivos. Para este trabalho, a comunicação ponto a ponto utilizada foi considerada adequada.

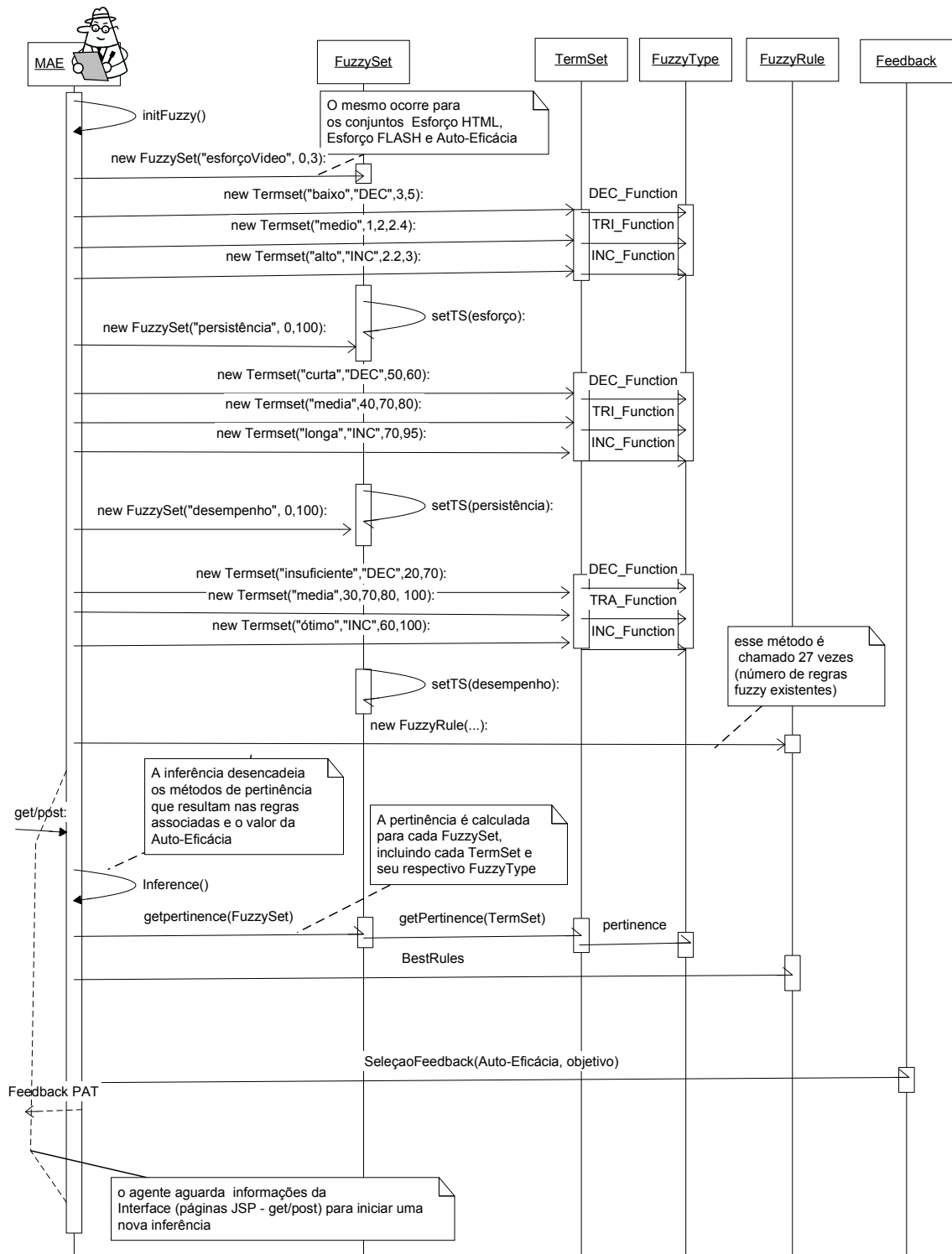


Figura 6.14: Diagrama de Seqüência ilustrando os principais passos da execução do agente MAE.

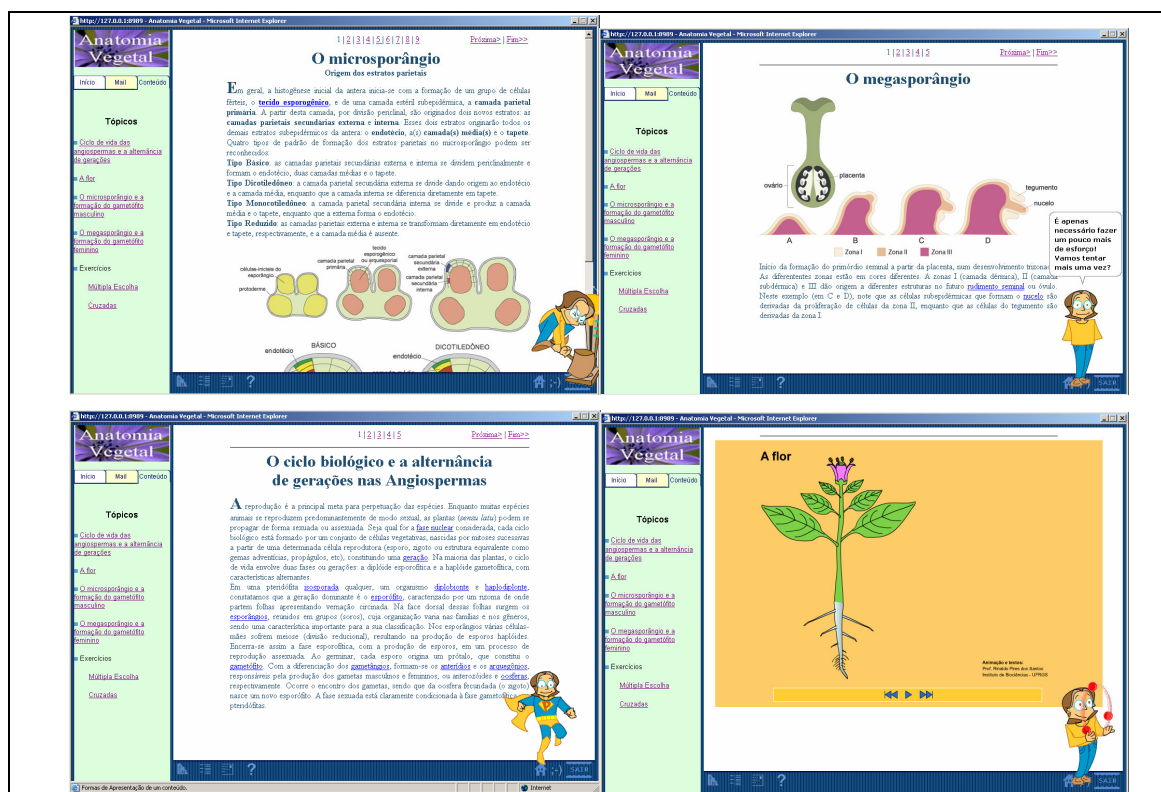


Figura 6.15: Exemplos do agente PAT integrado a Interface do InteliWeb.

O agente MAE necessita de informações de Objetivo Pessoal e Tempo Estimado de estudo. Então, essas questões foram incluídas na tela de identificação. A Figura 6.16 ilustra as alterações na tela de identificação.

The screenshot shows the identification screen of the 'Anatomia Vegetal' website. It features a header with the site's logo and the text 'Informe os dados a seguir:'. Below this, there is a form with the following fields:

- Usuário:** A text input field containing the value 'atl'.
- Senha:** A password input field with a small eye icon to toggle visibility.
- Curso:** A dropdown menu currently showing 'Anatomia Vegetal'.
- Objetivo Pessoal:** A dropdown menu currently showing 'Domínio do Assunto'.
- Tempo Estimado de estudo:** A dropdown menu currently showing 'até 30 minutos'.

 At the bottom of the form are two buttons: 'Continuar' and 'Sair'. The browser's address bar shows 'http://127.0.0.1:8989 - Curso Anatomia Vegetal - Microsoft Internet Explorer'.

Figura 6.16: Nova Tela de Identificação, com a inclusão de Objetivo Pessoal e Tempo estimado de estudo.

Foram acrescentadas 6 tabelas no banco de dados idealizado anteriormente: Sessão, Objetivo, Tempo, *Feedback*, Tática e ModeloAluno. O novo E-R estabelecido está ilustrado na Figura 6.17. As novas tabelas estão marcadas com um retângulo ao redor dos respectivos nomes.

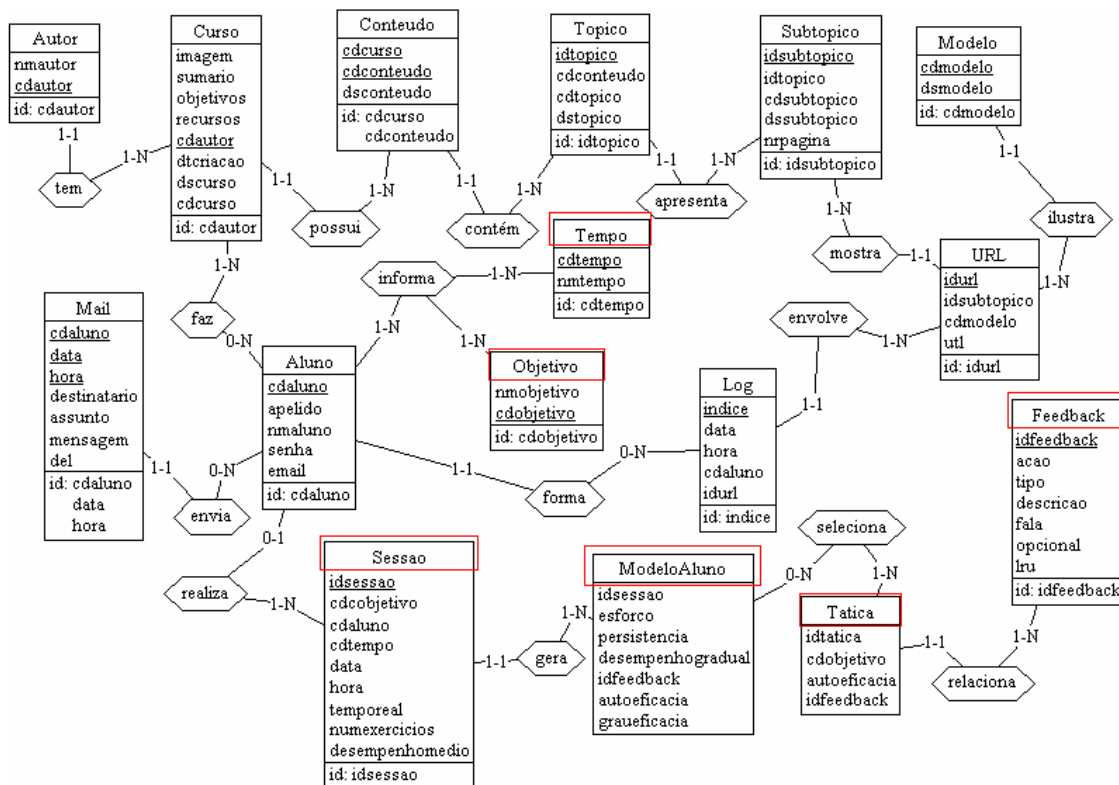


Figura 6.17: Novo E-R.

As tabelas Objetivo e Tempo possuem, respectivamente, os objetivos e tempos cadastrados já explicitados no Capítulo 5. A tabela *Feedback* corresponde aos comportamentos afetivos físicos e verbais do agente PAT, sendo que sua estrutura manteve-se de acordo com Jaques (2004). Na tabela Tática, os *feedback* foram agrupados de acordo com o objetivo pessoal e o grau da auto-eficácia inferida.

As demais tabelas (Sessão e ModeloAluno) possuem informações sobre o aluno. Na tabela Sessão é gravada por sessão: data/hora de início da seção e escolhas de objetivo e tempo do aluno. Quando o aluno inicia uma nova sessão, o agente MAE calcula o tempo total da sessão anterior. Já na tabela ModeloAluno, o agente MAE grava e recupera os dados de aluno. A cada obtenção do grau de auto-eficácia é gerada uma linha nesta tabela, formando assim, um histórico do aluno sobre a sua auto-eficácia e demais variáveis envolvidas no processo de captura da mesma.

7 INTELIWEB – PROJETO PILOTO

A idealização do InteliWeb teve início no âmbito do projeto “Aplicação de Técnicas Psicopedagógicas para promover a interatividade do aluno mediado por computador”, foi desenvolvida na disciplina CMP30(x) Projeto de Pesquisa, sob a orientação da profa. Rosa Vicari. A equipe formada incluiu os professores do curso de Biociências, Jorge E. A. Mariath (diretor do Instituto de Biociências) e Rinaldo P. Santos (autor do material didático); a aluna de doutorado do PGCC, Francine Bica e a aluna de doutorado do PGIE, Regina Verdin.

Foi criado um ambiente para Web, denominado InteliWeb, que contém um material didático sobre tópicos do conteúdo ‘FLOR’, sendo que este é parte do material da disciplina Anatomia Vegetal do curso de Biociências (UFRGS). Esse material envolve a análise do ciclo biológico em diferentes grupos taxonômicos, bem como o estabelecimento da geração esporofítica e gametofítica, e o detalhamento da esporogênese e gametogênese em angiospermas.

As etapas desse projeto incluem 8 principais atividades denominadas tarefas (A) a (H) e que incluem planejamento (tarefas (A) a (D)), implementação (tarefas (E) e (F)), testes (tarefa (G)) e avaliação do protótipo (tarefa (H)). As tarefas elaboradas foram as seguintes:

A) Delineamento instrucional com o especialista em Biociências;

B) Discutir com o especialista sobre a formatação do material adquirido, o qual contenha a seleção dos pontos de avaliação, a determinação do inter-relacionamento dos conteúdos e a determinação das atividades e dos objetivos a serem realizados e alcançados no curso;

C) Estabelecer com o especialista os diferentes modelos de apresentação dos conteúdos e tipos de tecnologias adequadas a esses modelos (animação, simulações, textos, figuras, etc.);

D) Adaptar o conteúdo desses modelos de apresentação à cognição do aluno;

E) Construir uma ferramenta na linguagem Java e uma base de dados para disponibilizar o material didático;

F) Desenvolver e implementar um material didático a ser disponibilizado na rede Internet;

G) Disponibilizar material na Internet através da ferramenta criada com recursos da linguagem Java e banco de dados para testes do ambiente como um todo;

H) Selecionar método de avaliação do ambiente junto aos alunos que participarem da pesquisa.

Os itens (A) a (H) são explanados nas seções 7.1 a 7.5

7.1 Delineamento do Material Didático (item A)

O conteúdo selecionado pelo professor especialista foi o “FLOR”. Dentro desse assunto mais amplo é abordada a citologia da célula vegetal, os tecidos e a anatomia dos órgãos vegetativos e reprodutivos das Angiospermas.

7.2 Formatação do Material Didático (item B)

Dentro do conteúdo FLOR, o professor selecionou os tópicos “O Ciclo de vida das angiospermas e a alternância de gerações”(ciclo), “A Flor”(flor), “O Microsporângio e a formação do gametófito masculino”(micro) e “O Megasporângio e a formação do gametófito feminino” (mega).

Nessa proposta de material didático leva-se em consideração o nível cognitivo **compreensão** (BLOOM, 1972) e espera-se detectar alguns subsídios de modelagem que possam ser aplicados em outros níveis cognitivos como, por exemplo, os de síntese, análise, etc. O conteúdo do ambiente foi elaborado pelo professor da disciplina (denominado professor conteudista/especialista), que juntamente com a assessoria da psicóloga instrucional do projeto procurou desenvolver um material interativo para intensificar a compreensão, absorção e domínio do assunto pelo aluno.

O objetivo, segundo o professor especialista, da aula virtual denominada “Anatomia da Flor - esporogênese e gametogênese”, é: o aluno poderá visualizar como se dá o processo de reprodução das plantas com flores; como é o seu ciclo de vida e sua alternância de gerações; os detalhes de formação das células envolvidas nas etapas da reprodução assexuada e sexuada; e como se dá a dupla fecundação, o evento que leva à formação do embrião e do endosperma no interior da semente das Angiospermas. Sendo assim, os objetivos do professor em relação aos alunos, interagindo com o material disponibilizado, podem ser sintetizados por: aprender, entender e examinar.

7.3 Modos de apresentação do conteúdo (itens C, D e F)

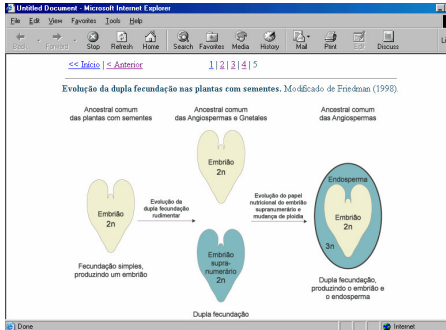
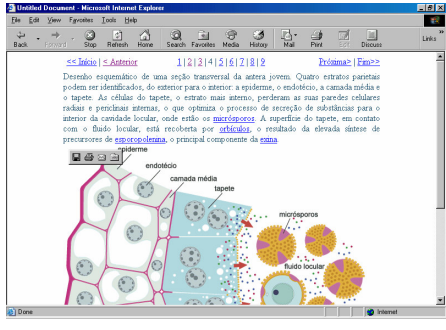
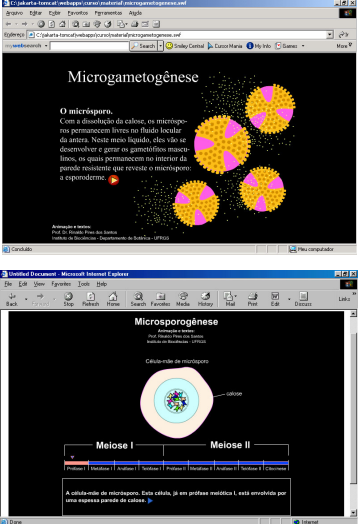
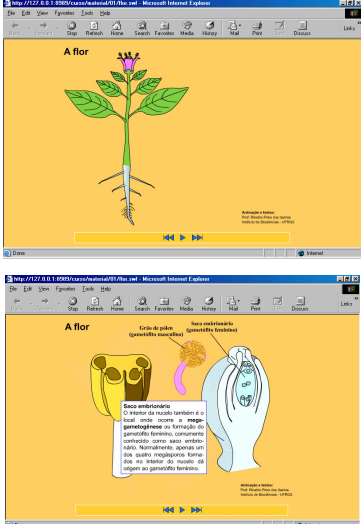
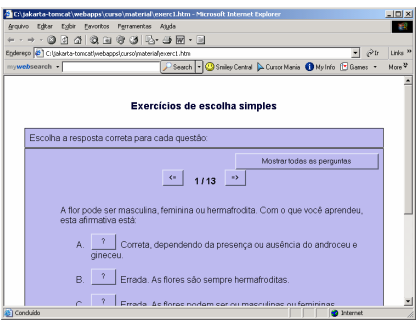
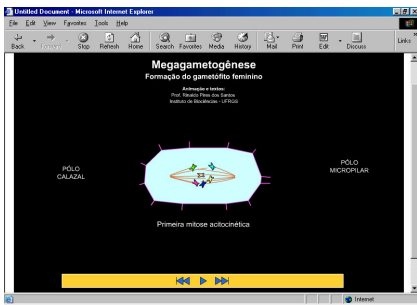
A interatividade entre o material e o aluno é possibilitada mediante o uso de suportes audiovisuais e hipermídia interativa e entre o aluno e o professor, mediante os meios de comunicação disponíveis (e-mail e encontros presenciais, visto que a disciplina é presencial).

O material construído possui três formas de apresentação e dois tipos de exercícios, exemplificados na Tabela 7.1, os quais são:

- Formas de Apresentação: HTML (*Hypertext Markup Language*) com figuras, animações FLASH e Vídeos explicativos;
- Exercícios: palavra-cruzada e perguntas com respostas de escolha simples.

Os tópicos do conteúdo “FLOR” desenvolvidos possuem quantidades diferentes de páginas HTML: Ciclo possui 5 páginas, Flor 7 páginas, Micro 9 páginas e Mega 5 páginas.


Tabela 7.1: Exemplos de Material Didático

 <p>Ciclo biológico em HTML</p>	 <p>Microsporângio em HTML</p>
 <p>Microgametogênese em animação FLASH</p>	 <p>Partes da Flor em animação FLASH.</p>
 <p>Exercício em JSP.</p>	 <p>Megagametogênese em animação FLASH</p>


Os exercícios de escolha simples compreendem dezessete questões que abordam todo o conteúdo descrito. Cada vez que o aluno seleciona esse tipo de exercício o ambiente monta a tela dos exercícios com cinco questões aleatórias. Quando o aluno pressiona no botão de resultado, o ambiente elabora uma página com o total de acertos, repetindo as questões selecionadas com as justificativas das respostas corretas ou informando que a resposta dada pelo aluno está incorreta, como ilustra a Figura 7.1. As justificativas foram igualmente elaboradas pelo professor conteudista.

Você acertou 4 de um total de 5 questões. Confira abaixo...


1. O gametófito masculino, nas Angiospermas, pode ser liberado pela antera na forma bicelular ou tricelular. Quando bicelular, o gametófito é formado:

 Você respondeu pelas célula vegetativa e generativa. Está correto! Na forma bicelular, o grão de pólen apresenta uma célula vegetativa, normalmente com grãos de amido ou oleosomos (gotas de óleo) como substâncias de reserva, e uma célula generativa, a qual dará origem aos dois gametas masculinos no tubo polínico.

2. O estrato da antera responsável pela sua deiscência é _____, o qual permite que a antera se abra numa região de células especializadas denominado _____. As palavras que completam corretamente esta afirmativa são, respectivamente:

 Você respondeu o endotécio e o estômio. Correto. O endotécio possui células com paredes espessadas que, quando desidratadas, tem sua forma alterada, permitindo a abertura da antera no estômio, levando a saída dos grãos de pólen.

3. Qual a sequência correta da microsporangêese que ocorre no interior dos microsporângios?

 Você respondeu célula-mãe de micrósporo, diáde, tétrade de micrósporos, micrósporos livres. Está Correto!

4. Após a dupla fecundação, o encontro dos gametas masculinos provenientes do tubo polínico com os gametas femininos, no interior do nucelo, leva à formação do:

Resposta Incorreta... Tente Novamente!

5. A unidade germinativa masculina é a associação entre os _____ ou a _____ e o _____. Pode ser encontrada no interior do _____ ou _____. Qual sequência de sentenças completa corretamente as lacunas?


 Você respondeu gametas masculinos; célula generativa; núcleo vegetativo; tubo polínico ou grão de pólen. A unidade germinativa masculina é muito importante para a saída e transporte simultâneo do conteúdo genético do gametófito masculino até o gametófito feminino, no interior do rudimento seminal.

Figura 7.1: Tela gerada pelo ambiente com as questões e justificativas das respostas corretas.

7.4 Construção da Ferramenta (item E)

A implementação do Ambiente e tabelas do banco de dados estão descritos na seção 6.1.

7.5 Disponibilizar o Ambiente na Internet (itens G e H)

As aplicações do ambiente são descritas no Capítulo 8.

8 PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DO AMBIENTE INTELIWEB

O ambiente InteliWeb foi utilizado na disciplina de Anatomia Vegetal como uma ferramenta de complementação da aula presencial, sendo considerado um modelo semi-presencial de EAD (Peters (2001)), característica de ambientes de EAD na UFRGS, como por exemplo o Portal Claroline (PORTAL, 2005).

O ambiente passou por duas etapas de testes antes de ser disponibilizado para as turmas. A primeira etapa de testes incluiu o funcionamento da interface, o funcionamento dos links, a busca no banco de dados dos links do material didático selecionado e a gravação no Log gerada pelas escolhas na interface. Após esta verificação ocorreu a primeira aplicação, no ano de 2004, em uma turma da disciplina de Anatomia Vegetal do Curso de Biociências da UFRGS. A segunda etapa de testes incluiu o funcionamento dos agentes, a interação entre eles e a gravação no banco de dados do modelo de aluno captado pelo agente MAE e o *feedback* selecionado pelo agente MAE e apresentado pelo agente PAT. A segunda aplicação foi realizada em 2005 em uma turma da disciplina de Anatomia Vegetal do Curso de Biociências da UFRGS. As aplicações se sucederam conforme a disciplina Anatomia Vegetal, com a utilização do ambiente no laboratório, com a explicação do professor e por acessos extra-classe.

O experimento é composto por uma primeira aplicação do ambiente sem os agentes (Grupo 1) e uma segunda aplicação com os agentes (Grupo 2). A variável analisada é a Auto-Eficácia para os dois grupos. A variável independente - ação de *feedback* do Agente pedagógico PAT também é captada. Segundo o modelo de Bandura(1997), o *feedback*, que neste trabalho é fornecido pelo agente PAT, atua sobre as crenças de auto-eficácia, que por sua vez irá atuar sobre o esforço, persistência e desempenho. No Grupo 2 as táticas são divididas por tipo de padrão pessoal e medida de Auto-Eficácia.

8.1 Amostra

A amostra deste trabalho constitui-se de 24 alunos de graduação do curso de Biociências, sem conhecimento prévio sobre o conteúdo 'FLOR'.

8.1.1 As Variáveis e suas medidas

Para este trabalho a análise das variáveis é avaliada estatisticamente a partir do Modelo do Aluno registrado pelo agente MAE dentro da base de dados do ambiente de aprendizagem. A escolha do teste estatístico seguiu os seguintes parâmetros avaliando o número de amostras e tipo de dados:

- Tamanho e disponibilidade da amostra
- Relação entre as amostras
- A forma pela qual os dados são registrados
- a distribuição dos dados
- a dependência ou não entre as variáveis.

Sob a perspectiva destes parâmetros, a especialista em estatística Professora Jandira Fachel, da faculdade de Matemática e Estatística da UFRGS apontou a aplicação do teste estatístico t-Student (MURTEIRA, 2001).

8.2 Aplicação do ambiente sobre o Grupo 1

O objetivo da aplicação do ambiente sobre o Grupo 1 foi de avaliar a interface e material instrucional, assim como obter dados de *Log* sobre a navegação dos alunos.

A aplicação do ambiente para o Grupo 1 foi realizada no semestre 2004/1. Esta aplicação se baseou no protocolo de planejamento e métodos descritos em [YIN, 2005]. Nesse estágio o agente MAE não estava ainda finalizado. A turma foi dividida em duas, sendo que 25 alunos tiveram aula presencial (expositiva com o professor) e dos demais 25 alunos que se propuseram a participar do experimento, 12 alunos efetivamente o fizeram. Então essa amostra corresponde a 12 alunos (6 homens e 6 mulheres na faixa etária entre 17 e 19 anos).

Todos os alunos responderam ao questionário “Nível de Competência Tecnológica”, impresso no ANEXO I. Este questionário foi elaborado por (COSTA, 2002) e detecta o nível em que se encontra o aluno no que diz respeito à utilização do computador. A pontuação nos fornece o valor que permite compreender melhor o nível de competência na utilização do computador. Os resultados obtidos foram que 42% dos alunos que se submeteram à aula virtual são principiantes no uso do computador, enquanto que 58% têm experiência assinalável. Este questionário foi utilizado para saber o nível de competência tecnológica da turma e se o resultado desse influenciaria na utilização do ambiente. Conforme observado, mesmos os alunos principiantes no uso do computador não tiveram dificuldades em utilizar a interface do ambiente.

Os alunos que participaram do experimento responderam a um pós-questionário denominado “Acompanhamento do Experimento”. Esse questionário é um procedimento para captar as percepções dos alunos quanto ao material didático, incluindo os recursos didáticos (teoria e exercícios), as formas de apresentação para a teoria (HTML, FLASH e VÍDEO), exercícios (múltipla escolha e cruzadas) e facilidade ao usar a interface. Este questionário está impresso no ANEXO II.

Como resultado, obteve-se um parecer favorável quanto ao material teórico e exercícios. Os alunos também acharam a interface agradável e fácil de utilizar. As categorias do pós questionário respondido pelos estudantes do experimento e um

resumo dos resultados de validação do domínio do ambiente piloto está ilustrado na Tabela 8.1.

Tabela 8.1: Categoria do Pós questionário e resumo dos resultados

Categorias		
Navegação	Experiência com o material	Outras Sugestões
-Dificuldades de conexão com o ambiente -Pouco tempo para navegar no site	- Diferentes formas de apresentação estimulam o interesse - Animações Flash ajudam nos processos de aprendizagem e compreensão - Os vídeos são mais estimulantes que as aulas expositivas	- interface fácil de utilizar -Mais links no texto em HTML

O número médio de acessos na interface do ambiente, por aluno, foi de 77 passos e o tempo médio de acesso de 3 horas e 24 minutos.

No final do semestre 2004/1, duas semanas após a realização do experimento, os alunos fizeram uma prova descritiva ministrada pelo professor da disciplina. O professor nos forneceu as notas relativas às questões pertinentes à teoria exposta no ambiente. As médias sobre dez foram as seguintes: alunos que participaram do experimento obtiveram nota 6,6 e alunos que não participaram nota 5,1. Para o professor a aplicação no Grupo 1 foi uma experiência satisfatória. O resumo dessa aplicação foi esboçado no Anexo III.

Com a finalização do Agente MAE foi possível recuperar do *Log* os valores da auto-eficácia dos alunos no Grupo 1. Com esses resultados foi verificada, em porcentagem, a quantidade de vezes que cada um dos termos lingüísticos da auto-eficácia foi averiguado pelo agente MAE. As medidas encontradas nas 214 atividades realizadas pelos 12 alunos são as seguintes: 18% das atividades foram consideradas com auto-eficácia média, 36% com auto-eficácia alta e 46% com auto-eficácia baixa.

Através dos *Logs* gerados pelos 12 alunos participantes foi possível identificar a curvatura da auto-eficácia desses alunos sem a presença do *feedback*. O gráfico ilustrado na Figura 8.1 exemplificam a auto-eficácia calculada por atividade para um dos aluno participantes. O eixo X ilustra a atividade e o eixo Y apresenta a pertinência da auto-eficácia no intervalo de [0,1].

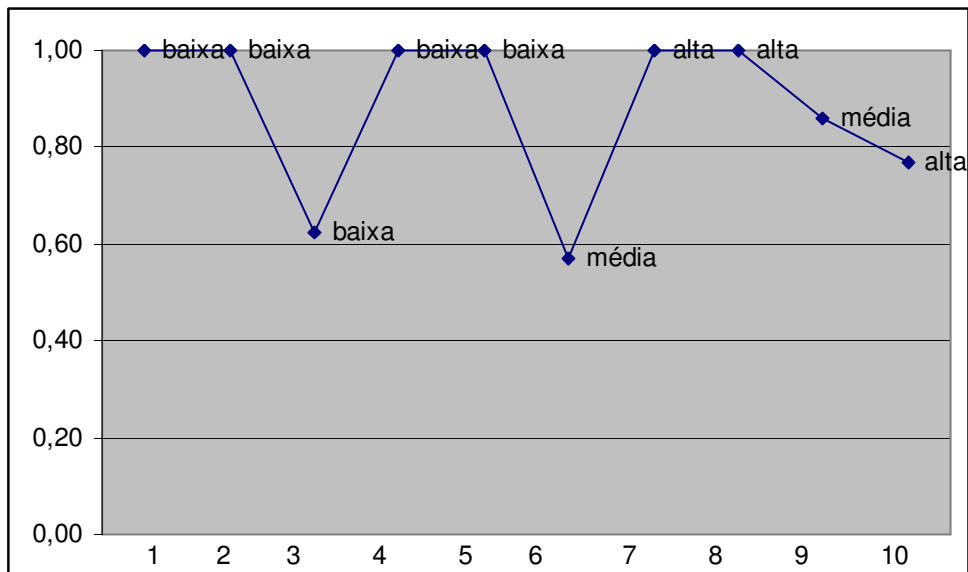


Figura 8.1: Medidas da Auto-Eficácia resultantes da interação de um aluno do Grupo 1 no IntelliWeb. O eixo X apresenta a atividade e o eixo Y a pertinência de cada termo no intervalo de [0,1].

Foi calculada a média ponderada das auto-eficácias (baixa, média, alta) encontradas na amostra dos 12 alunos, gerando uma auto-eficácia única para cada aluno. Para a auto-eficácia alta foi multiplicado o fator 3, auto-eficácia média o fator 2 e auto-eficácia baixa o fator 1, resultando nos dados da Tabela 8.2.

Tabela 8.2: Auto-Eficácia única, calculada através de Média Ponderada

Grupo 1	
Aluno	Auto-Eficácia
1	1,5795
2	1,800625
3	1,669048
4	2,086863
5	1,126094
6	1,761607
7	2,268571
8	1,684211
9	1,235714
10	1,91
11	1,481
12	2,7275

Esses dados são usados posteriormente no teste t-Student descrito na seção 8.4.

8.3 Aplicação do ambiente sobre o Grupo 2

O objetivo da aplicação do ambiente sobre o Grupo 2 foi avaliar o desempenho do agente MAE e qual o impacto do feedback mostrado pelo agente PAT sobre os alunos.

A aplicação do ambiente para o Grupo 2 foi realizada no semestre 2005/2. Esta aplicação se baseou no protocolo de planejamento e métodos descritos em [YIN, 2005]. A turma que participou da aplicação era composta de 12 alunos (4 homens e 8 mulheres na faixa etária entre 17 e 20 anos).

O número médio de acessos na interface do ambiente por aluno foi de 63 passos e o tempo médio de acesso de 28 minutos. As medidas de auto-eficácia capturadas pelo agente MAE nas 174 atividades realizadas pelos 12 alunos são as seguintes: 10% das atividades foram consideradas com auto-eficácia média, 12% com auto-eficácia alta e 78% com auto-eficácia baixa.

Novamente foi calculada a média ponderada das auto-eficácias (baixa, média, alta) encontradas na amostra de 12 alunos, gerando uma auto-eficácia única para cada aluno. Para a auto-eficácia alta foi multiplicado o fator 3, auto-eficácia média o fator 2 e auto-eficácia baixa o fator 1, resultando nos dados da Tabela 8.3.

Tabela 8.3: Auto-Eficácia única, calculada através de Média Ponderada

Grupo 2	
Alunos	Auto-Eficácia
1	1,435833
2	1,211818
3	1,666667
4	1,06
5	0,905556
6	1
7	1,484545
8	1,378
9	1
10	0,895556
11	1,080606
12	2

Esses dados são usados posteriormente no teste t-Student descrito na seção 8.4. O resumo dessa aplicação foi esboçado no Anexo IV.

8.4 Teste t-Student

Os resultados obtidos para os dois Grupos estão ilustrados na Tabela 8.4.

Tabela 8.4 Estatísticas para o teste T-Student

Grupo	Amostra	Média	Desvio Padrão
1	12	1.7775	.4404
2	12	1.2592	.3407

Para um nível de confiança de 95%, com 22 graus de liberdade o valor do teste t-Student é de 3,224 (SPIEGEL, 1981).

Entre os dois grupos aplicados houve uma diferença significativa, a nível de significância de 5%, entre as médias de auto-eficácia. ($t=3,22$; $gl=22$; $p=0,004$). Contudo, não podemos concluir quais os fatores que causaram essa diferença. É importante que seja realizada uma nova aplicação com os agentes para refinar os resultados.

Os dados retirados do banco de dados já denotavam diferenças entre o comportamento geral das amostras, sendo que a segunda obteve medidas inferiores, incluindo, por exemplo, tempo despedido no ambiente. Um fator que pode ter sido decisivo neste comportamento diferenciado é que um grande motivador externo, a prova aplicada do professor, foi realizada um mês depois da aplicação do ambiente. No primeiro experimento a prova foi realizada duas semanas após a aplicação. As imagens ilustradas na Figura 8.2 e Figura 8.3 ilustram respectivamente o grau de Auto-Eficácia inferido nas atividades realizadas por um mesmo aluno, na data de aplicação do ambiente (17/11/2005) e em data posterior (12/12/2005), mais próxima à data da prova.

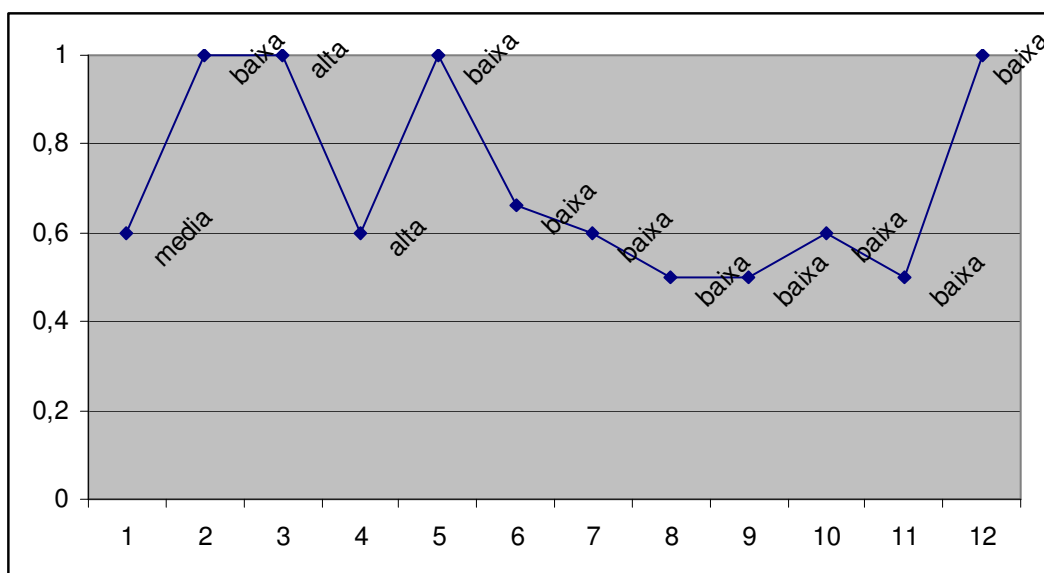


Figura 8.2: Medidas da Auto-Eficácia resultantes da interação de um aluno do Grupo 2 no InteliWeb em 17/11/2005. O eixo X apresenta a atividade e o eixo Y a pertinência de cada termo no intervalo de [0,1].

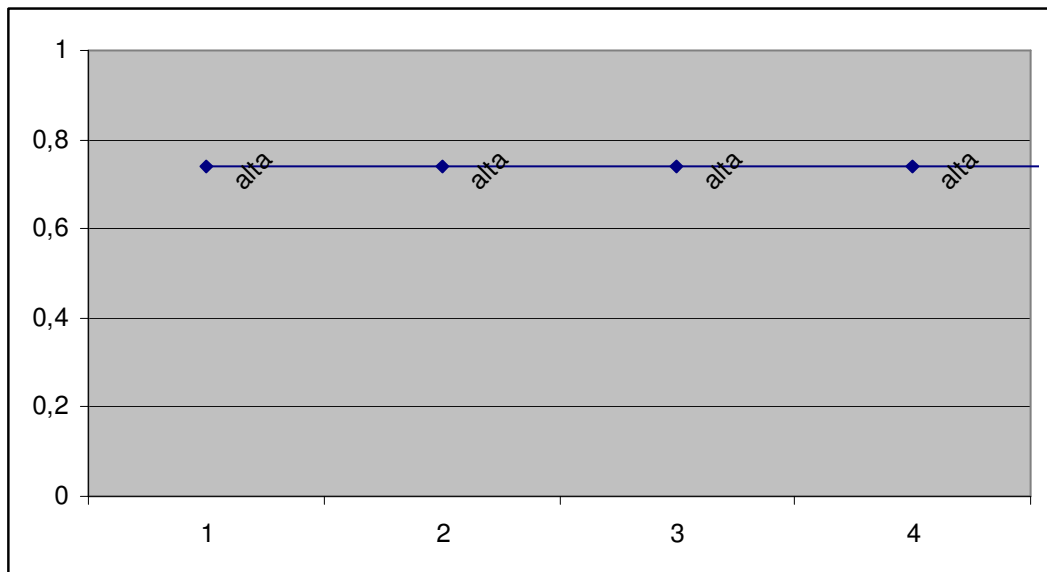


Figura 8.3: Medidas da Auto-Eficácia resultantes da interação de um aluno do Grupo 2 no InteliWeb em 12/12/2005. O eixo X apresenta a atividade e o eixo Y a pertinência de cada termo no intervalo de [0,1].

Na primeira interação desse aluno com o ambiente o mesmo selecionou objetivo intrínseco e obteve desempenho geral de 39.83, na segunda interação ele selecionou o objetivo extrínseco e o desempenho geral foi de 89.64.

8.5 Considerações

Com base nos resultados foram corroboradas as hipóteses 1 e 2, uma vez que a Auto-Eficácia foi inferida em todas as atividades realizadas pelos alunos e a máquina de inferência *Fuzzy* alcançou uma boa performance (velocidade de cálculo).

A diferença significativa entre as amostras indica que o *feedback* selecionado neste trabalho parece não ter afetado positivamente os alunos da amostra. As táticas elaboradas no trabalho de Jaques (2004) são focadas em motivação. Para utilizá-las neste trabalho foram selecionadas as táticas compatíveis com a Auto-Eficácia. Sendo assim, existe a possibilidade das táticas não terem afetado os alunos porque são orientadas à motivação e não à Auto-Eficácia.

Nas duas aplicações do ambiente a autora deste trabalho esteve presente observando os alunos e solucionando as dúvidas que surgiram durante esse primeiro contato deles com o ambiente. Verificou-se que os alunos que formaram a segunda amostra não estavam muito comprometidos, na sua maioria ficaram navegando nas páginas sem se deterem nos tópicos. Sendo assim, para refinar os resultados sobre o *feedback* é necessário que ocorra outra aplicação semelhante ao segundo grupo.

9 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

Esta tese iniciou com a pesquisa sobre motivação e como utilizá-la para aperfeiçoar o desenvolvimento computacional do modelo do aluno, visando estender os trabalhos na área do grupo do GIA. Através dessa pesquisa chegou-se ao construto da Psicologia Cognitiva denominado Auto-Eficácia, o qual possui influência sobre a motivação.

Este trabalho situa-se na modelagem computacional de aspectos da auto-eficácia, através da idealização, proposta e desenvolvimento de um agente inteligente, denominado Agente Mediador da Auto-Eficácia (MAE). O conhecimento cognitivo do agente está modelado através de crenças de auto-eficácia, as quais são utilizadas como parte do modelo de aluno, no contexto de Tutores Inteligentes.

O modelo do aluno representa o conhecimento e as habilidades cognitivas do aluno em um dado momento. Sendo assim, a modelagem computacional desses aspectos requer a interdisciplinaridade entre as Ciências Cognitivas e a Computação. Existem variados modelos de alunos na literatura, incluindo, por exemplo, propostas de gerência de modelos de aluno como em (UCAID, 2002), modelos para agrupar pessoas (JOHNSON & JOHNSON 1997) e a incorporação de emoções ao modelo do aluno e utilização de agentes, como nos trabalhos de Jaques (2004) e Bercht (2001).

Segundo Giraffa (1999) e Marietto (1997) a abordagem multiagente apresenta-se como uma alternativa bastante interessante para construção de ambientes de ensino. Quanto à modelagem do aluno, a tecnologia relacionada com os agentes cognitivos (deliberativos), permite a construção de modelos mais robustos e a utilização de agentes possibilita o desenvolvimento de diferentes raciocínios e a integração de várias ações para alcançar um determinado objetivo. Além disso, a utilização de agentes inteligentes é uma boa opção para reduzir o custo desses sistemas, pois eles favorecem a modularização e a evolução.

Nesse contexto, a maior contribuição deste trabalho é a definição, modelagem e implementação de um agente que considera aspectos das crenças da auto-eficácia do aluno, realizando cursos on-line e, que utiliza essa inferência na modelagem do aluno. Essas crenças correspondem a processos cognitivos do indivíduo sobre suas capacidades, as quais, influenciam o seu comportamento, motivação, afetividade e escolha de tarefas do mesmo. Para realizar a modelagem computacional de aspectos da

auto-eficácia, cuja natureza engloba a cognição e afetividade, tomou-se por base os trabalhos de Bandura (1989, 1991, 1997) e Ames (1990).

O agente MAE proposto neste trabalho está inserido em um ambiente de ensino e aprendizagem na WEB, denominado InteliWeb. O agente MAE, seguindo a taxonomia de agentes de Resende (2005), apresenta como características ser um agente cognitivo, de Internet, social e comportamental.

Esse agente é capaz de perceber a Auto-Eficácia do aluno através de comportamentos observáveis (correspondem ao curso das ações do aluno na interface) e prover o modelo do aluno com esta nova variável. O agente captura as variáveis esforço, persistência e desempenho de cada aluno e gera, a cada sessão, um modelo de aluno com informações de Auto-Eficácia, uma para cada tarefa executada. Diferentemente de Bercht (2001), o esforço e a persistência são variáveis distintas.

O agente MAE, quando necessário, seleciona *feedback* (táticas afetivas) que são apresentados ao aluno durante a sua sessão de estudo através do agente PAT (JAQUES, 2004). Tal *feedback* faz parte do repertório de táticas do agente PAT. Algumas táticas verbais foram alteradas ou incluídas.

Adotou-se a Lógica *Fuzzy* como abordagem para mapear e inferir as crenças de Auto-Eficácia. Tais crenças são mapeadas através de variáveis lingüísticas *fuzzy* e o agente possui uma máquina de inferência para processá-las. Como principais vantagens dessa abordagem tem-se que uma decisão baseada no enfoque *fuzzy* é semelhante ao processo intuitivo da decisão, ou seja, uma escolha ou um conjunto de escolhas extraídas do conjunto das alternativas possíveis. Dessa forma, o agente projetado e desenvolvido com uma máquina de inferência *fuzzy* se torna mais flexível.

A implementação deste trabalho foi realizada em três partes: a primeira engloba o ambiente InteliWeb (ambiente piloto), a segunda o agente MAE e ajustes no agente PAT e, por fim, a inclusão dos agentes no ambiente.

O ambiente passou por duas etapas de testes. A primeira etapa de testes incluiu o funcionamento da interface, o funcionamento dos links, busca no banco de dados dos links do material didático selecionado e gravação no *Log* gerado pelas escolhas na interface. Após esta verificação, ocorreu a primeira aplicação, no ano de 2004, em uma turma da disciplina de Anatomia Vegetal do Curso de Biociências da UFRGS. A segunda etapa de testes inclui o funcionamento dos agentes, a interação entre eles e a gravação no banco de dados do modelo de aluno captado pelo agente MAE e *feedback* selecionado pelo agente MAE e apresentado pelo agente PAT. A segunda aplicação foi realizada em 2005 em uma turma da disciplina de Anatomia Vegetal do Curso de Biociências da UFRGS.

As aplicações do ambiente nas turmas da disciplina da Anatomia Vegetal basearam-se no protocolo de planejamento e métodos descritos em [YIN, 2005]. A partir da informação contida no modelo de aluno gerado pelo agente foram realizados testes estatísticos t-Student [MURTEIRA, 2001] para analisar as amostras.

Comparando a experiência do uso da Lógica *Fuzzy* neste trabalho com o X-BDI utilizado no GIA conclui-se, preliminarmente, que a implementação da Lógica *Fuzzy* apresenta uma performance mais rápida e permite que novas variáveis sejam facilmente agregadas ao modelo realizado. O X-BDI, por possuir uma representação declarativa apresenta um poder de representação maior que o *Fuzzy*. Maiores análises serão realizadas em trabalhos futuros.

Dentro desse contexto, as contribuições deste trabalho são:

- Um modelo de aluno agregando métricas para considerar a questão da auto-eficácia (expansão do modelo de aluno do GIA);
- Utilização da Lógica *Fuzzy* como máquina de inferência de um agente para inferir a auto-eficácia do aluno;
- Desenvolvimento de um modelo computacional extensível para a teoria da auto-eficácia, o qual inclui aspectos das crenças da auto-eficácia;
- Seleção de táticas - *feedbacks* de trabalhos prévios do grupo GIA para serem utilizados no modelo computacional visando aumentar a auto-eficácia, conforme modelo de Bandura (1997);
- Primeiro teste com o agente PAT integrando-o ao ambiente InteliWeb e recebendo mensagens ponto-a-ponto do agente MAE;
- Realização de uma comparação preliminar entre as abordagens Fuzzy utilizada neste trabalho e X-DBI utilizadas no GIA.

Foi enviada uma mensagem a Albert Bandura, autor da teoria da Auto-Eficácia, com um dos nossos artigos aceitos e obtivemos uma resposta de incentivo e apoio, ilustrada no Anexo V.

9.1 Limitações encontradas

No desenvolvimento deste trabalho confrontamos com uma questão que não foi possível tratar que está na abrangência dos aspectos que influenciam a Auto-Eficácia. Bandura (1997) cita uma série de fatores que influenciam a Auto-Eficácia, como por exemplo, influências de experiências passadas, interações com o meio, etc. Por esse motivo, o modelo idealizado apresenta três variáveis possíveis de serem captadas no ambiente InteliWeb.

Outra limitação encontrada foi a ocorrência de fatores externos na aplicação do ambiente, como a data da aplicação da prova pelo professor da disciplina, isso pode ter afetado a diferença entre o comportamento geral das amostras. Além disso, o fato das turmas serem ministradas por um professor externo à pesquisa limita a condução da pesquisa, por mais que tentemos empregar a metodologia selecionada.

9.2 Trabalhos Futuros

O modelo de auto-eficácia definido neste trabalho é facilmente extensível. Em trabalhos futuros do grupo é possível acrescentar outras variáveis (conjuntos de entrada e termos lingüísticos) para estender o modelo realizado. O histórico gerado pelo agente MAE, contendo as Auto-Eficácias, esforços, persistências e desempenhos do aluno por tarefa, pode ser utilizado como métrica para inferência de Auto-Eficácias futuras.

Os resultados obtidos desta pesquisa estão permitindo o desenvolvimento de outro projeto de doutorado, relacionado a *Feedback*, na área de IE e coordenado pelo PGIE – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação dessa Universidade. Esse

trabalho irá investigar *feedbacks* relacionados à Auto-Eficácia que poderão ser aplicados pelo agente MAE aos alunos do ambiente InteliWeb. Assim, o MAE teria sua arquitetura representada pela Figura 9.1, na qual ele envia a Auto-Eficácia inferida para um Processo de *Feedback* externo, e esse processo determinará as ações de *feedback* para o estudante.

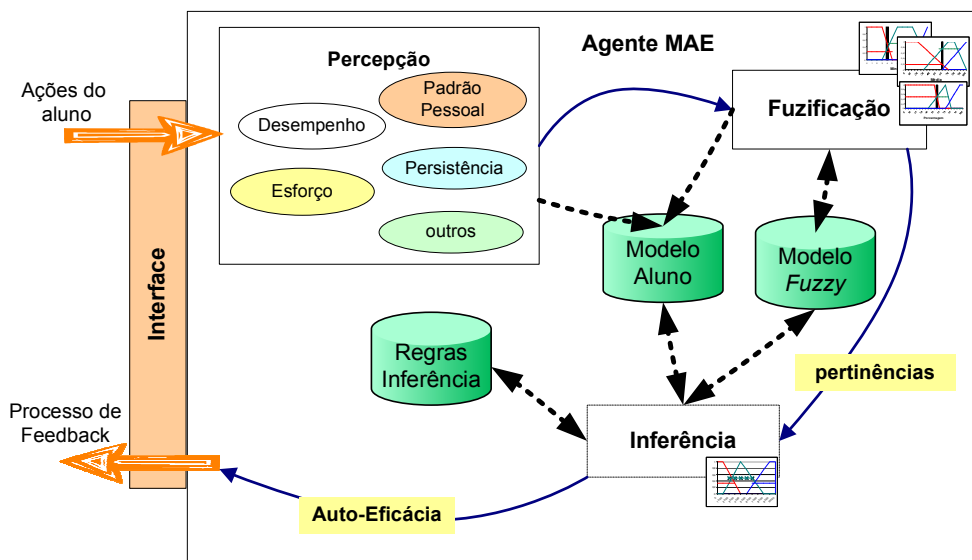


Figura 9.1: Mudanças na arquitetura do agente MAE com a inclusão de um Processo de Feedback.

Para refinar os resultados obtidos é importante que seja realizada uma nova aplicação do ambiente com os agentes. Essa aplicação seguirá a metodologia empregada no Grupo 2 e será realizada dentro do âmbito do projeto de doutorado relacionado a *Feedback* previamente citado.

O agente MAE também será utilizado em uma tese de doutorado em fase de defesa de Proposta de Tese, do grupo GIA/PGCC, para agregar a modelagem de aspectos da Auto-Eficácia na modelagem de grupos de alunos dentro do ambiente AMPLIA idealizado por Flores (2003). Nesse trabalho não será empregado o *feedback* que o agente atualmente utiliza, apenas a parte de inferência da Auto-Eficácia como ilustrado na Figura 9.1.

Outro fator que enriqueceria a pesquisa é a aplicação do ambiente e dos agentes (ou só do agente MAE) em uma outra disciplina, com a formulação de outro material didático e fazer uma comparação dos resultados. Para isso o professor da disciplina, após formular o material com ao menos duas formas de apresentação, deve fornecer os alguns parâmetros para compor a máquina de inferência *fuzzy*.

9.3 Publicações

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. InteliWeb: Adaptation of the Self-Efficacy in an Intelligent e-Learning System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, ICALT, 5., 2005, Kaohsiung, Taiwan. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2005. p. 5001-5005.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Delineamento de um agente para detectar a auto-eficácia do aluno no ensino-aprendizagem via web. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 3, n.1, maio 2005. Trabalho apresentado no V Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação, 2005.

Prêmio PAPED (Programa de Apoio à Pesquisa em Educação a Distância) programa de incentivo à produção de conhecimento nos campos da educação a distância e da utilização de novas tecnologias no ensino público concedido pela CAPES pela proposta intitulada Capturando a AUTO-EFICÁCIA do aluno Através de um AGENTE INTELIGENTE. setembro, 2005.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Projeto de um Agente Fuzzy para inferir a Auto-Eficácia do Aluno no contexto de Sistemas Tutores Inteligentes. Aceito em 2006 pela Revista IEEE Latina.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Cognitive Modeling of Students' Self-Efficacy in an E-Learning System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, ICALT, 6., 2006, Kerkrade, Holanda. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2006. p. 1017-1021.

REFERÊNCIAS

- AÏMEUR, E. et al. CLARISSE: a machine learning tool to initialize student models. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 6., 2002, Biarritz. **Intelligent Tutoring Systems: proceedings**. Berlin: Springer-Verlag, 2002. p. 718-728. (Lecture Notes in Computer Science, v. 2363).
- ALONSO, E. AI and agents: state of the art. September 2002 **AI Magazine**, Menlo Park, v. 23, n.3, Sept. 2002.
- AMES, C. **Motivation: What Teachers Need to Know**. **Teachers College Record**, [S.l.], v. 91, n. 3, p. 409-421, 1990.
- ANDERSON, J. R. The expert Model. In POLSON, M.C.; RICHARDSON, J. J. (Ed.) **Intelligent Tutoring Systems: lessons learned**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- ALMEIDA, M. E.; PRADO, M. E. B. **Redesenhando estratégias na própria ação: formação do professor a distância em ambiente digital**. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Educação Currículo/PUCSP, 2003.
- ANDRADE et al. A Computational model of distance learning based on Vygotsky's socio-cultural approach. In: Ai-Ed (2001 May 19). **Workshop papers : multi-agent architectures for distributed learning environments**. [S.l. : s.n.], 2001. p. 33-40 : il.
- AMABILE, T.M. The Work Preference Inventory Assessing Intrinsic and Extrinsic Motivation Orientation. **Journal of Personality and social Psychology**, 6(5), 950-967, 1994.
- ARAFI, Y.; MAMDANI, A. Virtual personal service assistants: towards real-time characters with artificial hearts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT USER INTERFACES, 5., 2000. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 2000.
- ARONSON, E. et al. **Methods of Research in Social Psychology**. 2nd ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1990.
- BANDURA, A. **Social Foundations of Thought & Action: A Social Cognitive Theory**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1986.
- BANDURA, A. Human agency in social cognitive theory. **American psychologist**, 44, p.1175-1184, 1989.

BANDURA, A .; JOUDERN, F.J. Self regulatory mechanisms governing the impact of social comparison on complex decision making. **Journal of Personality and Social Psychology**, 60, p. 941-951, 1991.

BANDURA, A . **Self- Efficacy - the exercise of control**. New York: Freeman, 1997.

BECK, J.; STERN, M.; HAUGSJAA, E. **Applications of AI in Education**. Disponível em: <www.acm.org/crossroads/xrds3-1/aied.html>. Acesso em: set. 2004.

BERGER, B. G.; MCINMAN, A. Exercise and the Quality of Life. In: SINGER, R.; MURPHY, M.; TENNANT, L. (Ed.). **Handbook of Research on Sport Psychology**. New York: MacMillan P.C., 1993.

BERCHT, M. **Em direção a agentes pedagógicos com dimensões afetivas**. 2001. 152 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

BICA, F. **Eletrotutor III**: Uma abordagem multiagente para o ensino a distância. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

BICA, F., VERDIN, R.; VICARI, R. InteliWeb: Adaptation of the Self-Efficacy in an Intelligent e-Learning System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, ICALT, 5., 2005, Kaohsiung, Taiwan. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2005. p. 5001-5005.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Delineamento de um agente para detectar a auto-eficácia do aluno no ensino-aprendizagem via web. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre v. 3, n.1, maio 2005. Trabalho apresentado no V Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação, 2005. Revista Novas Tecnologias na Educação.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Projeto de um Agente Fuzzy para inferir a Auto-Eficácia do Aluno no contexto de Sistemas Tutores Inteligentes. **Revista IEEE Latina**, 2006.

BICA, F., VERDIN, R., VICARI, R. Cognitive Modeling of Students' Self-Efficacy in an E-Learning System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, ICALT, 6., 2006, Kerkrade, Holanda. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2006. p. 1017-1021.

BLOOM, B. **Taxionomia dos Objetivos Educacionais**. Porto Alegre: Globo, 1972.

BOCCA, E. W. **Modelagem e implementação da interface para apresentação de comportamentos animados e emotivos de um agente pedagógico animado**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

BOCCA, E. W. **Modelagem e implementação da interface para apresentação de comportamentos animados e emotivos de um agente pedagógico animado**. 2003. 105 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Profissional) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

- BRAGA, M. J. F. **Conceitos da Matemática Nebulosa na Análise de Risco**. Rio de Janeiro: Artes e Rabiskus, 1995.
- BRATMAN, M. E. What is intention? In: COHEN, P.; MORGAN, J.; POLLACK, M. (Ed.). **Intentions in Communication**. p. 15-31. MIT Press, Cambridge, MA, 1990.
- BRATMAN, M. E. **Intentions, Plans and Practical Reason**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987.
- BROW, J.S.; BURTON, R.B. Pedagogical natural language and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II, and III. In: SLEEMAN, D.; BROWN, J.S (Ed.). **Intelligent Tutoring Systems**, New York: Academic Press, 1982.
- BRUSILOVSKY, P. Methods and techniques of adaptive hypermedia. In: BRUSILOVSKY, P.; KOBASA, A.; VASSILEVA, J. (Ed.). **Adaptive hypertext and hypermedia. The Netherlands**: Kluwer Academic, 1998. p. 1-43.
- BRUSILOVSKY, P.; PEYLO, C. Adaptive and intelligent Web-based educational systems. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 13. n.4, p.159-172, 2003.
- BZUNECK, B. **A Motivação do Aluno**: Contribuições da Psicologia Contemporânea. Petrópolis: Vozes, 2004, p.116-133.
- CAMARGO, C. C. H. **Hipertexto**: um novo ressignificado da prática pedagógica. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação: Currículo, PUC-SP, São Paulo.
- CERDEIRA, J. P. A percepção da eficácia pessoal e os mecanismos de auto-regulação das aprendizagens. **Revista Portuguesa de Pedagogia**, Ano 29, n. 2, 1995, p.137-159.
- CHOU, C.; CHAN, T.; LIN, C. Redefining the learning companion: the past, present, and future of educational agents. **Computers & Education**, v. 40 n. 3, Abr. 2003.
- CLANCEY, W.J. **Knowledge-based Tutoring**: the GUIDON Program. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1987.
- COSTA, F. A. Elementos para reflexão sobre a integração das TIC na Educação. In MACHADO, L. M.; FERREIRA, N. S. C. (Org.). **Política e gestão da educação**: dois olhares, São Paulo, DP&A Ed., 2002.
- COSTA, R., WERNECK, V. **Tutores Inteligentes**. Rio de Janeiro: COPPE /UFRJ, 1996.
- D'AMICO, C. **Aprendizagem estática e dinâmica em sistemas multiagente de ensino-aprendizagem**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- DENNETT, D. C. **The Intentional Stance**. Cambridge, MA: MIT Press, 1987.
- DEMAZEAU, Y. Distributed Artificial Intelligence and multiagents systems. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 10., 1993. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 1993.
- DIMIROVA, V. **Interactive Open Learner Modelling**. 2001. Tese (Doutorado), Computer Based Learning Unit, University of Leeds.

EKLUND, J. Cognitive models for structuring hypermedia and implications for learning from the world-wide Web. In: AUSTRALIAN WORLDWIDEB WEB CONFERENCE, AusWeb95, 1., 1995, Australia. **Proceedings...**, [S.l.].

FININ, T. et al. **Specification of the KQML agent-communication language (plus example agent policies and architectures)**. 1993. Draft, The DARPA Knowledge Sharing Initiative-External Interfaces Working Group. Disponível em <<http://www.cs.umbc.edu/kqml/papers/>>. Acesso em: set 2005.

FIPA. Foundation for Intelligent physical Agents. 1996. Disponível em <<http://www.fipa.org>>. Acesso em: set 2005.

FLORES, C.; VICARI, R. Agente mediador para seleção de estratégias pedagógicas em um ambiente multiagente de aprendizagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 14, 2003, Rio de Janeiro. **Anais... NCE/UFRJ**, 2003.

FREEMAN, R. What is an Intelligent Tutoring System?. **Published in Intelligence**, v. 11, n. 3, p.15-16, 2000.

GAMBOA, H.; FRED, Ana. Designing Intelligent Tutoring Systems: a Bayesian Approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS, 3., ICEIS, 2001. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 2001.

GERTNER, A.; CONATI, C.; VANLEHN, K. Procedural Help in Andes: Generating Hints using a Bayesian Network Student Model. In: NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 15., 1998. **Proceedings...** Madison: WI, 1998, p. 106-111.

GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. 1999. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre. 1999.

GOMIDE, F; GUDWIN, R.; TANSCHKEIT, R. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos *fuzzy*, lógica *fuzzy* e aplicações. In: IFSA WORLD CONGRESS, 6., 1995, São Paulo. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1995. p. 1-38.

GONDAL, I.; ODGERS, P. Developed Teaching Theories for Effective On-Line Education Environment. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT, IASTED, 2003. **Proceedings...**[S.l.:s.n.], 2003.

GUIMARÃES, S.E.R. **Avaliação do estilo motivacional do professor**: adaptação e validação de um instrumento, 2003. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HOLT P., et al. The State of Student Modelling, In: GREER, J. E.; MCCALLA, G. I. (Ed.), **Student Modelling**: The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction, Springer-Verlag, 1991, p. 3 – 35.

HEAPERMAN, S.; SUDWEEKS F. Achieving Self-efficacy in the Virtual Learning Environment. In: INTERNATIONAL EDUCATION RESEARCH CONFERENCE FREMANTLE, 2001. **Proceedings...** [S.l.:s.n.].

HSIEH, P.; HALFF, H.; REDFIELD, C. Four Easy Pieces: Developing Systems for Knowledge-Based Generative Instruction. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, 1999.

JAQUES, P. A.. **Emotions and effective computing**. 2003. 36f.: Trabalho Individual I.

JAQUES, Patricia Augustin. **Using an Animated Pedagogical Agent to Interact Affectively with the Student**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

JANG, J. S. R.; GULLEY, N., Fuzzy Logic Toolbox for Use with MATLAB. **The Mathworks, Inc.**, Natick, MA, 1996.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, F. P. **Joining Together: Group Theory and Group Skills**. Boston, MA: Allyn and Bacon, 1997.

JOHNSON, L.; SHAW, E.; GANESHAN, R. Pedagogical Agents on the Web. In: WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 6., 1998, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: [s.n.], 1998. p.2-7.

JOHNSON, L.; RICKEL, J.; LESTER, J.. Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, pp. 47-78. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/~lester/Public/apa-ijaied-2000.ps.gz>>. Acesso em: out 2004.

JOO, Y.; BONG, M.; CHOI, H. Self-efficacy for self-regulated learning, academic self-efficacy, and Internet self-efficacy in Web-based instruction. **Educational Technology Research and Development**, v. 48, n.2, p. 5-17, 2000.

KAY, J. Learner control. **User Modelling and User Adapted Interaction**, v. 11, n.4, p. 111-127, 2001.

KEEGAN, D. Foundations of distance education. 2nd.ed. Londres: Routledge, 1991.

LEVINE, T.; DONISA-SCHIMIDT, S. Computer use, confidence, attitudes, and knowledge: A causal analysis. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 14, n.1, p. 815-822, 1998.

LIONGYU, T.; WEN-LIAN H.; SHIH-HUNG, W. A Cognitive Student Model: an Ontological Approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN EDUCATION, ICCE, 2002, Auckland, Nova Zelândia. **Proceedings...** [S.l.:s.n], 2002.

LOCKE, E.A. **A Theory of goal setting and task performance**. Englewood Cliffs. NJ: Prentice Hall, 1990.

LOCKE, E. A . Goal theory vs. Control Theory: constricting approaches to understanding work motivation. **Motivation and Emotion**, Springer Netherlands, v. 15, p. 9-28, Mar.1991.

MADDUX, J. Self-efficacy theory: An introduction. In: MADDUX, J. (Ed.). *Self-efficacy, adaptation and adjustment*. New York: Plenum Press, 1995.

MAMDANI, E. H. Application of *fuzzy* algorithm for control of symple dynamic plant. **IEEE Control and Science**. v.121, ,n. 12, p.1585-1588, 1974.

MARIETTO, M. et al. Tendências nas Áreas de Sistemas de Tutoria Inteligente e Modelagem do Aprendiz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 8., 1997, São José dos Campos. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1997.

MAYO, Michael; MITROVIC, Antonija. Using a probabilistic student model to control problem difficulty. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 5., 2000. **Proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 524-533.

MCARTHUR, D.; LEWIS, M.; BISHAY, M. **The roles of artificial intelligence in education: current progress and future prospects.** Santa Monica, CA, USA:Editora, 1993.

MERRIL, M. D. ID Expert: A Second Generation Instructional Development System. **ID2 Research Group**, Instructional Science 2, p. 243–262, 1998.

MITROVIC, Antonija. SINT – a symbolic integration tutor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 3., 1996. **Proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 1996. p. 587-595. (Lecture Notes in Computer Science, v. 1086).

MOISSA,H. **Arquitetura de um Agente Identificador de fatores motivacionais e afetivos em um Ambiente de Ensino e Aprendizagem.** 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

MÓRA,M. **Um Modelo Formal e Executável de Agentes BDI.** 2000. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

MÓRA, M. BDI models and systems: reducing the gap. In: AGENTS THEORY, ARCHITECTURE AND LANGUAGES WORKSHOP, 1998, Londres. **Proceedings...** Springer-Verlag.

MURACH,J. M.; STEELAMN, A. **Murach's Java Servlets and JSP.** [S.l.]: Mike Murach & Associates, 2003.

MURRAY, W. A practical approach to bayesian student modeling. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENCE TUTORING SYSTEMS, ITS, 4, 1998, Nova York, NY. **Proceedings...** Springer-Verlag, 1998, p. 424–433.

MURTEIRA, B. et al. **Introdução à Estatística:**[S.l]:McGraw-Hill, 2001.

NASR, M.; YEN, J; IOERGER, T. FLAME—*Fuzzy Logic* Adaptive Model of Emotions. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v.3, n.3, 2000.

NASCIMENTO, C.L., TAKASHI, Y. **Inteligência Artificial em Controle e Automação.** São Paulo: Edgard Blücher: FAPESP, 2004.

NICOLAU, M. **Adaptação em um Curso na Web usando Workflow.** 2004. Tese (Doutorado em Ciencia da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

OLIVEIRA, F. M. de. **Critérios de equilibração para sistemas tutores.** 1994. Tese (Doutorado em Ciencia da Computação). Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

OLIVEIRA, F. M.; VICCARI, R. M. Are learning systems distributed or social systems? In: EUROPEAN CONFERENCE ON A.I. IN EDUCATION, 1996. **Proceedings...** Lisbon: [s.n.], 1996.

OLIVEIRA JUNIOR; HIME A. **Lógica Difusa: aspectos práticos e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1999.

O'MALLEY, J.; McCRAW, H.. Student's perception of distance learning, online learning and the traditional classroom. **Online Journal of distance learning administration**, v. 2, n.4.

ORTONY, A.; CLORE, G.; COLLINS, A. **The cognitive structure of emotions**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1988.

PAJARES, F. Current directions in self-efficacy research. In: MAEHR, M. L.; PINTRICH, P. R. (Ed.). **Advances in Motivation and Achievement**. Greenwich, CT: JAI Press, 1997, v. 10, p. 1-49.

PAPI. Disponível em: < <http://edutool.com/papi>>. Acesso em: ago. 2004.

PETERS, O. **Didática do Ensino a Distância: Experiências e estágio da discussão numa visão internacional**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2001.

PICARD, R. **Affective Computing**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1997. 292p.

PICARD, R.; WEXELBLAT, A.; NASS, C. Panel: Future interfaces: social and emotional. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2002, Minneapolis, Minnesota. **CHI'02 extended abstracts on Human factors in computing systems**, New York: ACM Press, 2002.

POEL, M., R. et al. Emotion based Agent Architectures for Tutoring Systems: The INES Architecture. In: WORKSHOP ON AFFECTIVE COMPUTATIONAL ENTITIES, ACE, 2004, Vienna, Austrian. **Proceedings...** Society for Cybernetic Studies: R. Trappl (Ed.), p. 663-668.

PORTAL Claroline. Disponível em < <http://www.claroline.net/> > Acesso em: nov. 2005.

RAMALINGAM, V.; LABELLE, D.; WIEDENBECK, S. Self-efficacy and mental models in learning to program. ACM SIGCSE Bulletin, **Proceedings** of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education, Volume 36 Issue 3. 2004.

REIS, A.B. dos. **Um modelo do aluno adaptativo para sistemas na Web**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

REZENDE, S. O. **RECOPE-IA – Rede Cooperativa de Pesquisa em Inteligência Artificial**. Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações. Barueri, SP: Manole, 2005.

ROSATELLI, M. C. ; TEDESCO, Patricia de Azevedo . Diagnosticando o Usuário para Criação de Sistemas Personalizáveis. In: Ricardo de Oliveira Anido; Paulo César Masiero. (Org.). Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação -

- III Jornada de Minicursos de Inteligência Artificial. Campinas, 2003, v. VIII, p. 153-201.
- RUMBLE, Greville. A tecnologia da educação a distância em cenários de terceiro mundo. In: PRETI, Orestes. **Educação a distância: construindo significados**. Cuiabá/MT: NEAD/IE-UFMT; Brasília: Plano, 2000.
- RUSSEL, S. J.; NORVING, P. **Artificial Intelligence**, 2nd ed. Rio de Janeiro: Campos. 2004.
- SANDRI, S. et al. Lógica Difusa. In: V Escola de Redes Neurais, 1999, São José dos Campos, São Paulo. **Anais...** [S.l.:s.n], 1999. p. c073-c090.
- SANTOS, Antonio Mello. Educação à Distância. *Tecnologia Educacional*, [S.l.], v.24, n.128, jan./fev. 1996.
- SANTOS, M. L. **Impacto da motivação no processo ensino-aprendizagem**. [S.l.]:Universidade Portucalense. 2002. Disponível em:
<<http://aulasvirtuais.org/publicados/motivacao.html>>. Acesso em: out. 2004.
- SCHUNK, D.H. Self-Efficacy and Academic Motivation. **Educational Psychologist**, v. 26, n. 3 & 4, p. 207-31, 1991.
- SCHWARZER, R.; FUCHS, R. Self-efficacy and health behaviours. In: CONNER, M. E.; NORMAN, P. **Predicting health behaviour**. **Buckingham**: Open University Press, 1996. p. 163-196.
- SELF, J. Model-based cognitive diagnosis. **User modeling and user-adapted interaction**. [S.l.:s.n], v. 3, p. 89-106, 1993.
- SERRES, M. **Filosofia mestiça**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
- SHANG, Y.; SHI, H.; CHEN, S. An intelligent distributed environment for active learning. In: International conference on World Wide Web, WWW, 10., 2001. **Proceedings...** [S.l.:s.n], 2001.
- SHOHAM, Y. **Agent-oriented programming**. *Artificial Intelligence*, Berlin, v.60, p.51-92, 1993.
- SICHMAN, J. S., DEMAZEAU, Y.; BOISSIER, O. When can knowledge-based systems be called agents? In: **BRAZILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SBIA, 1992**, Rio de Janeiro, **Proceedings...** [S.l.:s.n]. 1992.
- SILVEIRA, R. et al. JADE: java agents for distance education framework: an agent oriented modeling approach for distributed intelligent learning environment projects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION, 2002. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 2002.
- SILVEIRA, R.A. **Modelagem orientada a Agentes aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuídos de Ensino: JADE - Java Agent Framework for Distance Learning Environment**. 2002. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1981.

SPRINTHALL, N. A.; SPRINTHALL, R. **Psicologia Educacional: Uma Abordagem Desenvolvimentalista**. Lisboa: McGraw – Hill, 1993.

SOLDATO, T.; BOULAY, B. Implementation of Motivational Tactics in Tutoring Systems. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, Charlottesville, v.6, p.337-378, 1995.

SOUTO, M. A. M. **Diagnóstico on-line do estilo cognitivo de aprendizagem do aluno em um ambiente adaptativo de ensino e aprendizagem na Web: uma abordagem empírica baseada na sua trajetória de aprendizagem**. 2003. 137 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

SOUZA, T. R. P. **A centralidade do planejamento na elaboração de material didático para EAD**. Disponível em:

<http://www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/thelma_rosane_de_souza.htm>
Acesso em: set 2004.

STEPHENS, C.; LEE, S. **Instructional Management Systems (IMS)**.1999. Disponível em: <<http://imglobal.org/>>. Acesso em: ago. 2004.

STIPEK, D.J. **Motivation to Learn: From Theory to Practice**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993.

TEDESCO, P. Using group models to support group planning interactions in MarCo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 12., 2001, Vitória, Espírito Santo. **Anais...** Sociedade Brasileira de Computação, 2001. p. 202-210.

URBAN-LURAIN, M. **Intelligent Tutoring Systems: An Historic Review in the Context of the Development of Artificial Intelligence and Educational Psychology**, Disponível em: <<http://www.cse.msu.edu/rgroups/cse101/ITS/its.htm>>. Acesso em: set. 2004.

TOMCAT. The Apache Jakarta Project. Disponível em:<<http://jakarta.apache.org/tomcat/>> . Acesso em: ago. 2004.

WENGER, E. **Artificial Intelligence and Tutoring Systems**. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1987.

WOOLDRIDGE, M. J.; JENNIGS, N. R. Agent theories, architectures, and languages: a survey. In: WORKSHOP ON AGENT THEORIES, ARCHITECTURES & LANGUAGES, Amsterdam, The Netherlands, 1994. Proceedings... [S.l.:s.n.], 1994. p. 1-32.

WOOLDRIDGE, M. J.; NICHOLAS R. Intelligent agents: theory and practice. **Knowledge Eng. Rev.**, v. 10, n. 2, p. 115-152, 1995.

WOOLDRIDGE, M. J.; NICHOLAS R., KINNY, D. A methodology for agent-oriented analysis and design. In: CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS, 3, 1999, Seattle, Washington, United States. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1999. p.69-76.

WORTMANN, H. e SZIRBIK, N. ICT Issues among Collaborative Enterprises: from Rigid to Adaptive Agent-Based Technologies. **International Journal of Production Planning and control**, [S.l.], v. 12, n.5, p. 452-465, 2001.

- VANTAGGIATO , A. Some considerations on intelligent tutoring systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL AND ENGINEERING APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EXPERT SYSTEMS, 1., 1988. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1988.
- VASSILEVA, J.; et al. Lessons from Deploying I-Help. In: WORKSHOP – MULTI-AGENT ARCHITECTURES FOR DISTRIBUTED LEARNING ENVIRONMENTS, San Antonio, Texas, 2001. **Proceedings...** International Conference on AI and Education, 2001. p.3-11.
- VICCARI, R.M. **Um Tutor inteligente para a programação em Lógica: idealização, projeto e desenvolvimento.** 1990. Tese (Doutorado – Faculdade de Ciências e Engenharia) – Universidade de Coimbra, Coimbra.
- VICCARI, R.M.; OLIVEIRA, F. **Sistemas Tutores Inteligentes.** Porto Alegre: Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 63p. (RP-205)
- VICENTE,A.; PAIN,H. Motivation Diagnosis in Intelligent Tutoring Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ITS, 4.,1998, San Antonio, Texas. **Proceedings...** [San Antonio]: Springer-Verlag,1998. p.86-95.
- VIZCAÍNO, A. et al. An adaptive, collaborative environment to develop good habits in programming. In INTERNATIONAL CONFERENCE INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 5., 2000. **Intelligent Tutoring Systems: proceedings.** Berlin: Springer Verlag, 2000. p. 262-271.
- XU, Dongming et al. Intelligent Student Profiling with *Fuzzy* Models. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 35., 2002. **Proceedings...**[S.l.:s.n.], 2002.
- YAGER, R. R. Targeted E-Commerce Marketing Using Fuzzy Intelligent Agents. **IEEE Intelligent Systems**, v. 15, n. 6, Nov./Dez. 2000, p. 42-45.
- YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2005.
- ZADEH, L. A. *Fuzzy sets.* **Fuzzy Sets, Information and Control**, v.8, p.338–353, 1965.
- ZADEH, L., *Fuzzy Logic = Computing with words.* **IEEE Transactions on Fuzzy System**, v. 4, n. 2, p103-111, 1996.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 1, p.3–28, 1978.

ANEXO A NÍVEL DE COMPETÊNCIA TECNOLÓGICA

Nome:

Matrícula:

Escolha as respostas que melhor reflitam a sua situação neste momento.

1. Operações básicas com o computador

Por favor avalie o seu nível de realização:

-]Eu não uso computador
-]Uso computador para trabalhar em programas previamente instalados
-]Consigo resolver problemas simples que normalmente ocorrem com o computador e com a impressora
-]Aprendo a utilizar novo programa sozinho

2. Gestão de Documentos

Por favor avalie o seu nível de realização:

-]Não sou capaz de gravar os documentos que crio usando o computador
-]Sou capaz de encontrar, abrir e gravar documentos em diferentes "drives"
-]Sou capaz de criar as minhas próprias pastas para guardar de forma organizada os documentos que faço e compreendo a importância de um sistema de arquivo
-]Sou capaz de mover arquivos entre pastas e "drives" e de manter o espaço de armazenamento dentro de limites aceitáveis

3. Processador de texto

Por favor avalie o seu nível de realização na utilização do processador de texto:

-]Eu não uso qualquer Processador de Texto
-]Eu uso ocasionalmente o processador de texto para documentos simples
-]Uso o processador de texto para quase todo o meu trabalho escrito
-]Sou capaz de editar, verificar a ortografia e mudar o formato de documentos previamente elaborados

4.Folha de cálculo

Por favor avalie o seu nível de realização na utilização da folha de cálculo:

-]Eu não uso Folha de Cálculo
-]Sou capaz de criar folhas de cálculo e gráficos simples
-]Sou capaz de usar etiquetas, fórmulas, referências de células e ferramentas de formatação nas minhas folhas de cálculo
-]Costumo utilizar a folha de cálculo incluindo gráficos adequados à apresentação dos meus dados

5.Base de dados

Por favor avalie o seu nível de realização na utilização de um programa de base de dados:

-]Eu não uso programas de criação de Bases de Dados.
-]Compreendo o funcionamento de uma base de dados e sou capaz de localizar informação através da ferramenta de pesquisa.
-]Sou capaz de criar a minha própria base de dados definindo os campos respectivos com base num formato que organiza os dados que recolhi.
-]Eu uso as minhas próprias bases de dados para fins específicos.

6.Grafismo e tratamento de imagem

Por favor avalie o seu nível de realização na utilização de um programa de edição de imagem:

-]Eu não uso qualquer programa de Edição de Imagem
-]Sei como funciona a edição de imagem mas não costumo usar imagens nos meus trabalhos
-]Eu sou capaz de abrir, criar, e colocar imagens dentro de documentos usando programas de tratamento de imagem ou bancos de imagens
-]Eu crio imagens e altero-as dentro de documentos com o objetivo de ajudar a clarificar ou ilustrar as mensagens

7.Internet

Por favor avalie o seu nível de utilização da internet:

-]Eu não uso a Internet.
-]Sou capaz de seguir "links" de sites para diferentes tipos de recursos da internet
-]Uso listas de recursos da internet e faço pesquisas para explorar recursos educacionais
-]Contribuo para a elaboração e manutenção dos Web Sites na minha faculdade.

8. Correio eletrônico

Por favor avalie o seu nível de utilização do correio eletrônico:

- Não uso correio eletrônico
- Tenho um endereço de correio eletrônico mas raramente o uso
- Envio mensagens usando o e-mail para colegas, amigos e família
- Uso o e-mail para grande parte das minhas necessidades de contacto e verifico o meu correio regularmente

9. Questões éticas

Questões éticas relacionadas com a utilização dos computadores:

- Não estou a par das questões éticas relacionadas com a utilização dos computadores
- Tenho conhecimento que há algumas restrições relacionadas com questões de direitos de autor
- Compreendo as regras relativas ao uso eticamente correcto do correio eletrônico e da internet
- Sei quais são os programas que utilizo que estão devidamente licenciados

10. Pesquisa de informação

Por favor avalie o seu nível de utilização de programas para pesquisa de informação:

- Não costumo pesquisar informação em formato eletrônico
- Faço pesquisas simples com recurso a enciclopédias eletrônicas
- Aprendi a usar um conjunto diversificado de estratégias de pesquisa em diferentes programas, incluindo o uso da pesquisa Booleana ("e", "ou", "não") para maximizar os resultados
- Utilizo com frequência fontes eletrônica de informação para os meus trabalhos

11. Programas de apresentação

Por favor avalie o seu nível de utilização de programas de apresentação da informação:

- Não uso programas de computador para fazer apresentações
- Sei que existem programas específicos para fazer apresentações, mas nunca tive oportunidade de os usar
- Faço apresentações utilizando programas como o processador de texto, folha de cálculo, publicação eletrônica, etc.
- Faço apresentações com programas específicos tal como o PowerPoint, integrando diferentes componentes multimídia (imagens, som, vídeo, etc.)

ANEXO B PÓS-QUESTIONÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DO EXPERIMENTO

Atenção: o objetivo deste questionário é fornecer subsídios para a avaliar o uso da Internet como meio de disponibilizar cursos a distância. Ao responder este questionário, seja franco e autêntico. Desta forma, você estará colaborando para a pesquisa na área de ensino a distância mediado por computador. Muito Obrigado!

Identificação do aluno

Nome:

Matrícula (nnnn/aa-d):

Método de ensino

1. Entre os *recursos didáticos* disponíveis no conteúdo, qual (is) facilitou o teu aprendizado ?

- Teoria
- Exercícios

2. Entre as *formas de apresentação* da “Teoria” qual (is) facilitou o teu aprendizado?

- HTML com Imagens
- Animações em FLASH
- VÍDEOS Explicativos

3. Entre as *formas de apresentação* dos “Exercícios”, qual (is) facilitou o teu aprendizado

- Múltipla Escolha
- Cruzadas

Navegação

4. Você teve alguma dificuldade para navegar nas páginas do conteúdo?

() Sim

() Não

Se a resposta for SIM diga o porquê:

5. Você acha que o seu ritmo de leitura e compreensão no conteúdo foi influenciado em algum tópico ou Recursos Didáticos ou Formas de Apresentação?

() Sim

() Não

Se a resposta for SIM diga como você foi influenciado e em que:

6. Em algum momento você achou que o material tenha afetado a sua motivação para aprendê-lo?

() Sim

() Não

Se a resposta for SIM diga porquê:

Experiência no Conteúdo

7. Como foi o seu aproveitamento no conteúdo:

-)Péssimo
-)Ruim
-)Médio
-)Bom
-)Ótimo

8. Se o seu aproveitamento foi *Péssimo* ou *Ruim*, o que influenciou este resultado. Assinale uma ou mais opções.

-)A interface
-)A ausência de pré-requisitos
-)A organização dos conteúdos
-) Navegação
-)A linguagem utilizada
-)A falta de motivação
-)Outro(qual: _____)

9. Se a sua experiência foi *Média*, *Boa* ou *Ótima*, o que influenciou este resultado. Assinale uma ou mais opções.

-)A interface
-)A ausência de pré-requisitos
-)A organização dos conteúdos
-) Navegação
-)A linguagem utilizada
-)A falta de motivação
-)Outro(qual: _____)

10. A forma que você adotou para estudar o conteúdo corresponde a sua forma habitual de aprender?

() Sim

() Não

Você tem alguma sugestão sobre o módulo proposto? (Resposta descritiva).

Obrigada pela sua colaboração!

ANEXO C GRUPO 1

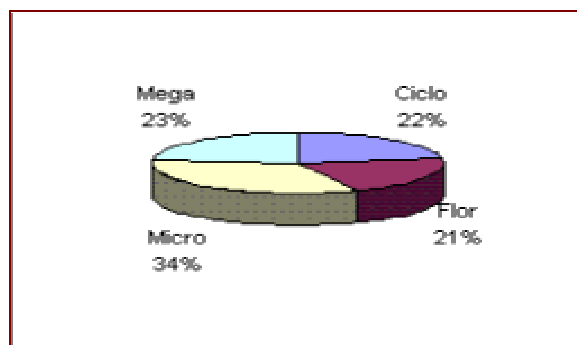
1) Objetivo: Testar o funcionamento do ambiente InteliWeb, incluindo facilidade no uso da sua interface e utilidade das três formas de apresentação do material instrucional. Obter um primeiro *Log* com as escolhas dos alunos.

2) Procedimento da Coleta de Dados:

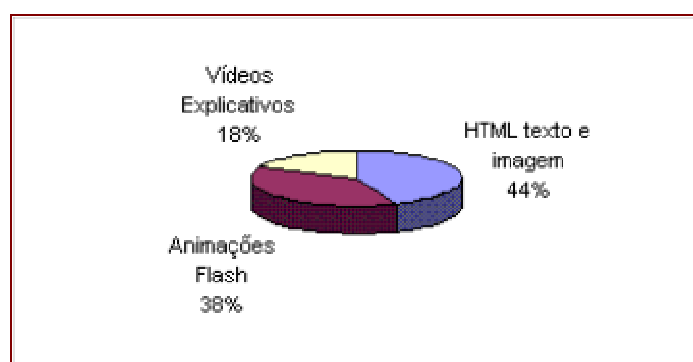
- Amostra: 12 alunos com idade entre 17 e 19 anos (6 homens e 6 mulheres), sem conhecimento prévio do material didático disponibilizado no ambiente.
- Apresentação do Ambiente: 30/06/2004.
- Período de aplicação: 30/06/2004 a 19/07/2004.
- Dias nos quais ocorreram acessos não supervisionados: 01/07/2004, 03/07/2004, 08/07/2004, 09/07/2004, 10/07/2004, 11/07/2004, 13/07/2004, 15/07/2004 e 19/07/2004.
- Aplicação de um pré-questionário para avaliar o nível de competência tecnológica em relação ao uso do computador. Como resultados obtivemos que 42% dos alunos que se submeteram à aula virtual são principiantes no uso do computador, enquanto que 58% têm experiência assinalável na utilização do computador.
- Aplicação do pré-questionário de acompanhamento do experimento, no qual os alunos relataram que as diferentes formas de apresentação estimulam o interesse e como principal sugestão requisitaram mais links no texto em HTML.
- Banco de dados coletando escolhas dos alunos na interface.

3) Resultados recuperados do Banco de Dados:

- Número médio de acessos na interface do ambiente por aluno: 77 passos.
- Tempo médio de acesso no ambiente: 3 horas e 24 minutos.
- Total de atividades realizadas: 214 (computadas apenas na seleção de material didático e exercícios).
- Porcentagens relacionadas ao material didático:



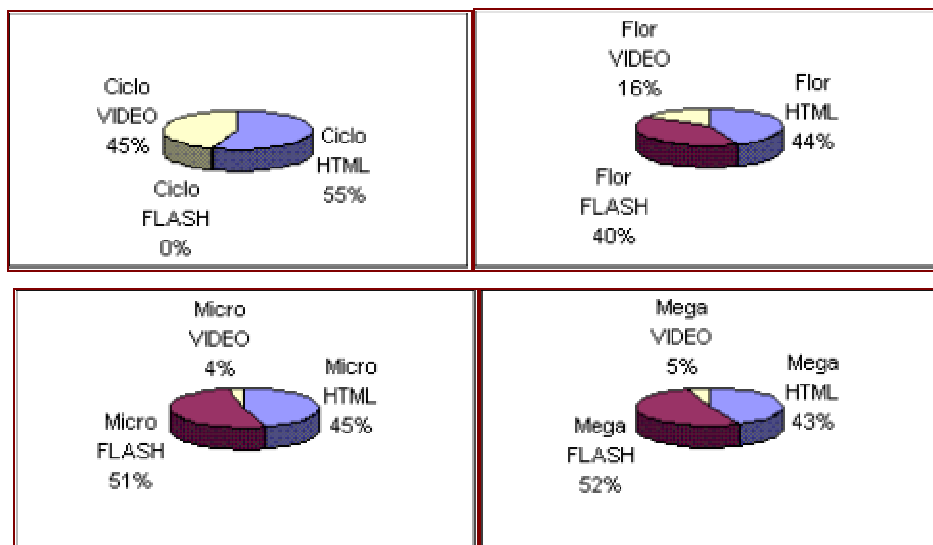
Visitação do conteúdo: 23% dos acessos foram para o material Mega, 22% Ciclo, 34% Micro e 21% Flor.



Visitação por Tipo de Apresentação: dos acessos nas formas de apresentação 18% foram para vídeos, 38% para Flash e 44% para o conteúdo em HTML



Visitação por tipo de Exercício: o exercício de respostas simples teve 57% dos acessos e os de Cruzadas 43%



Conteúdo por Tipo de apresentação: as figuras ilustram para cada conteúdo qual a preferência da forma de forma de apresentação.

4) Resultados Recuperados do Banco de Dados com o Agente MAE: das 214 atividades realizadas pelos 12 alunos 18% das atividades foram consideradas com auto-eficácia média, 36% com auto-eficácia alta e 46% com auto-eficácia baixa.

5) Avaliação do professor: alunos que participaram do experimento obtiveram nota 6,6 e alunos que não participaram alcançaram nota 5,1. Para o professor a aplicação no Grupo Controle foi uma experiência satisfatória.

ANEXO D GRUPO 2

1) Objetivo: avaliar o desempenho do agente MAE e qual o impacto do feedback mostrado pelo agente PAT sobre os alunos.

2) Procedimento da Coleta de Dados:

- Amostra: 12 alunos com idade entre 17 e 19 anos (4 homens e 8 mulheres), sem conhecimento prévio do material didático disponibilizado no ambiente.
- Apresentação do Ambiente: 17/11/2005.
- Período de aplicação: 17/11/2005 a 15/12/2005.
- Dias nos quais ocorreram acessos não supervisionados: 12/12/2005, 13/12/2005 e 15/12/2005.
- Banco de dados coletando escolhas dos alunos na interface.

3) Resultados recuperados do Banco de Dados:

- Número médio de acessos na interface do ambiente por aluno: 63 passos.
- Tempo médio de acesso no ambiente: 28 minutos.
- Total de atividades realizadas: 174 (computadas apenas na seleção de material didático e exercícios).

4) Resultados Recuperados do Banco de Dados com o Agente MAE: das 174 atividades realizadas pelos 12 alunos 10% das atividades foram consideradas com auto-eficácia média, 12% com auto-eficácia alta e 78% com auto-eficácia baixa.

5) Avaliação do professor: o professor nos forneceu as notas gerais dos alunos nas provas e não relacionadas apenas ao conteúdo constante no InteliWeb. Dessa forma essas notas não foram computadas como parte dos resultados.

ANEXO E MENSAGEM BANDURA

Received: from 171.64.40.176 (SquirrelMail authenticated user bandura);
by ego with HTTP; Wed, 17 Aug 2005 10:38:58 -0700 (PDT)
Message-ID: <2575.171.64.40.176.1124300338.squirrel@ego>
In-Reply-To: <43033119.000004.01083@RE>
References: <6.2.1.2.20050721100438.01f83b90@psych.stanford.edu>
<43033119.000004.01083@RE>
Date: Wed, 17 Aug 2005 10:38:58 -0700 (PDT)
Subject: Re: Res: Re: SELF EFFICACY and COMPUTERS
From: "Albert Bandura" <bandura@psych.stanford.edu>
To: "Regina Verdin" <rverdin@terra.com.br>

Regina,

Both the idea and experimentation are excellent. Given the multiple predictors you need to use regression analysis to test the independent contribution of the different factors, or path analysis to test a specified causal structure.

I am sending as an attachment a paper that may be of interest.

Albert Bandura

On Wed, August 17, 2005 5:44 am, Regina Verdin said:

Dear Albert Bandura,

Did you receive our article? I am going to present our work on 15th September, and I would like to have your comments about it...

I am looking forward to hear from you.

Regina

ANEXO F ARTIGOS PUBLICADOS

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. InteliWeb: Adaptation of the Self-Efficacy in an Intelligent e-Learning System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, ICALT, 5., 2005, Kaohsiung, Taiwan. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2005. p. 5001-5005.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Delineamento de um agente para detectar a auto-eficácia do aluno no ensino-aprendizagem via web. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 3, n.1, maio 2005. Trabalho apresentado no V Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação, 2005.

Prêmio PAPED (Programa de Apoio à Pesquisa em Educação a Distância) programa de incentivo à produção de conhecimento nos campos da educação a distância e da utilização de novas tecnologias no ensino público concedido pela CAPES pela proposta intitulada Capturando a AUTO-EFICÁCIA do aluno Através de um AGENTE INTELIGENTE. setembro, 2005.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Projeto de um Agente Fuzzy para inferir a Auto-Eficácia do Aluno no contexto de Sistemas Tutores Inteligentes. Aceito em 2006 pela Revista IEEE Latina.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. Cognitive Modeling of Students' Self-Efficacy in an E-Learning System. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, ICALT, 6., 2006, Kerkrade, Holanda. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2006. p. 1017-1021.