

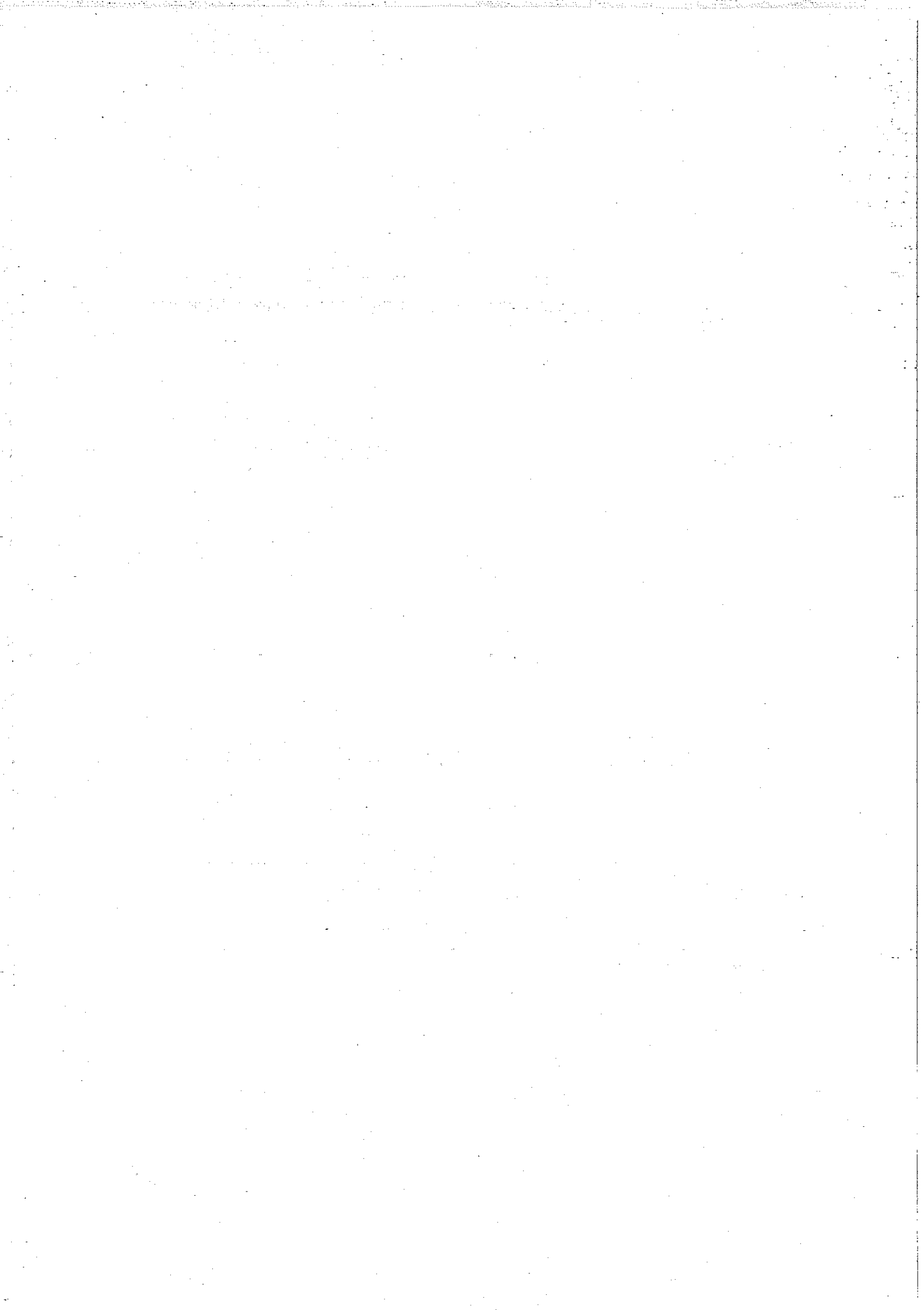
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE**  
**ELETRICIDADE**

**CENIDALVA MIRANDA DE SOUSA TEIXEIRA**

**SISTEMA MACSA DE MODELAGEM DO APRENDIZ EM**  
**AMBIENTES DE ENSINO APRENDIZAGEM**  
**COOPERATIVOS COMPUTADORIZADOS**

São Luís

2013



**CENIDALVA MIRANDA DE SOUSA TEIXEIRA**

**SISTEMA MACSA DE MODELAGEM DO APRENDIZ EM  
AMBIENTES DE ENSINO APRENDIZAGEM  
COOPERATIVOS COMPUTADORIZADOS**

Tese de Doutorado submetida à  
Coordenação do programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de  
Eletricidade da UFMA, como  
requisito parcial para obtenção do  
grau de doutor em Engenharia  
Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Sofiane Labidi

São Luís  
2013

Teixeira, Cenedalva Miranda de Sousa  
Sistema MACSA de Modelagem do Aprendiz em Ambientes de  
Ensino-Aprendizagem Cooperativos Computadorizados/ Cenedalva  
Miranda de Sousa Teixeira.—São Luís, 2013

200f. il.

Tese (Doutorado em Engenharia de Eletricidade) – Universidade  
Federal do Maranhão, 2013

1. Sistemas Tutores Inteligentes. Ensino-Aprendizagem Cooperativo.  
Modelagem de Aprendiz-Agentes-Interações. I. Título


CDU: 004.89:37

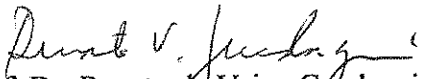
**SISTEMA MACSA DE MODELAGEM DO APRENDIZ EM  
AMBIENTES DE ENSINO APRENDIZAGEM COOPERATIVO  
COMPUTADORIZADO**

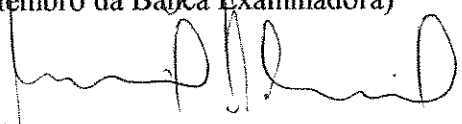
**Cenidalva Miranda de Sousa Teixeira**

Tese aprovada em 26 de abril de 2013.

  
Prof. Dr. Sofiane Labidi  
(Orientador)

  
Prof. Dr. Rubens Nascimento Melo  
(Membro da Banca Examinadora)

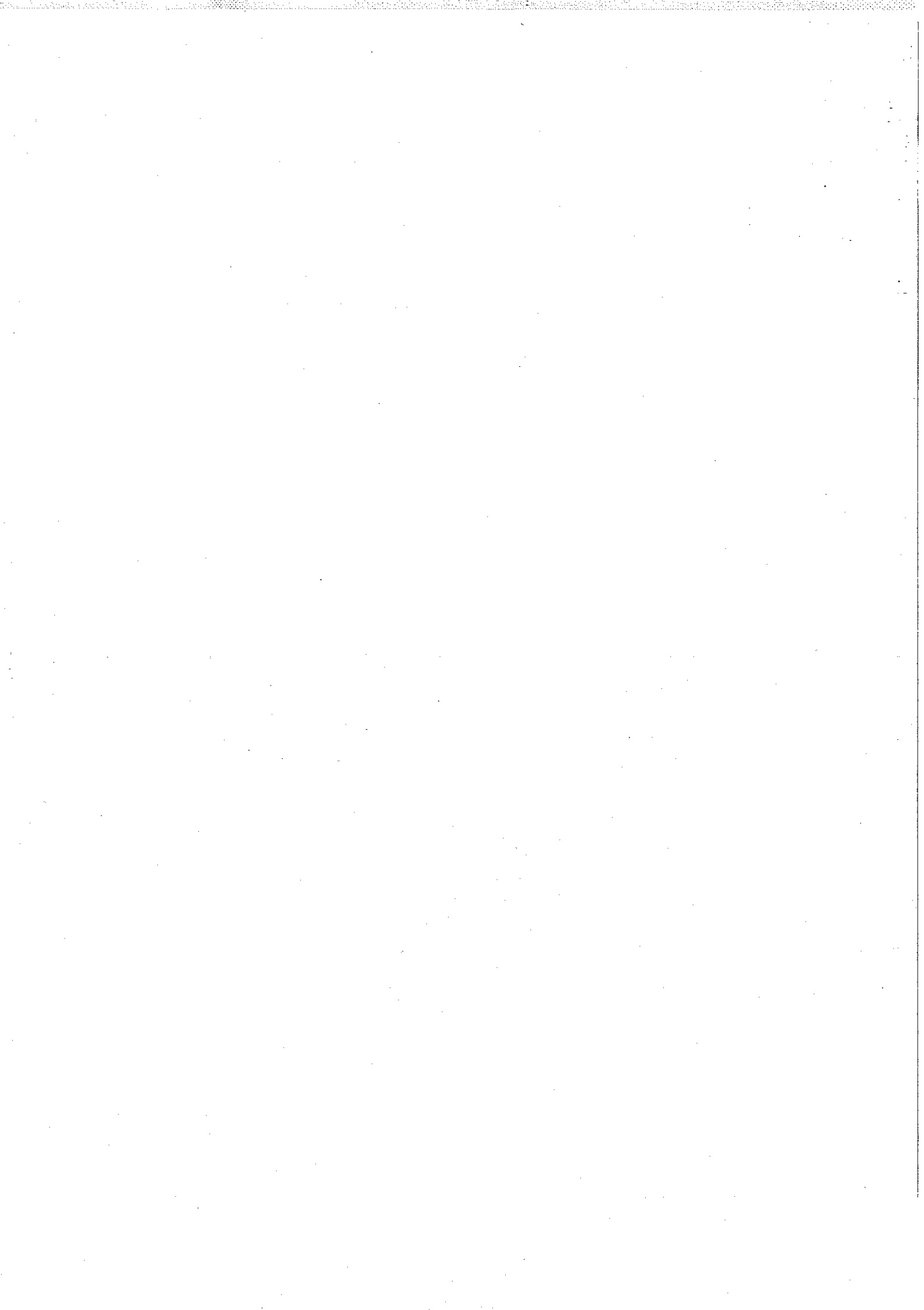
  
Prof. Dr. Renato da Veiga Gradagnin  
(Membro da Banca Examinadora)

  
Prof. Dr. Ulrich Schiel  
(Membro da Banca Examinadora)

  
Prof. Dr. Zair Abdelouahab  
(Membro da Banca Examinadora)



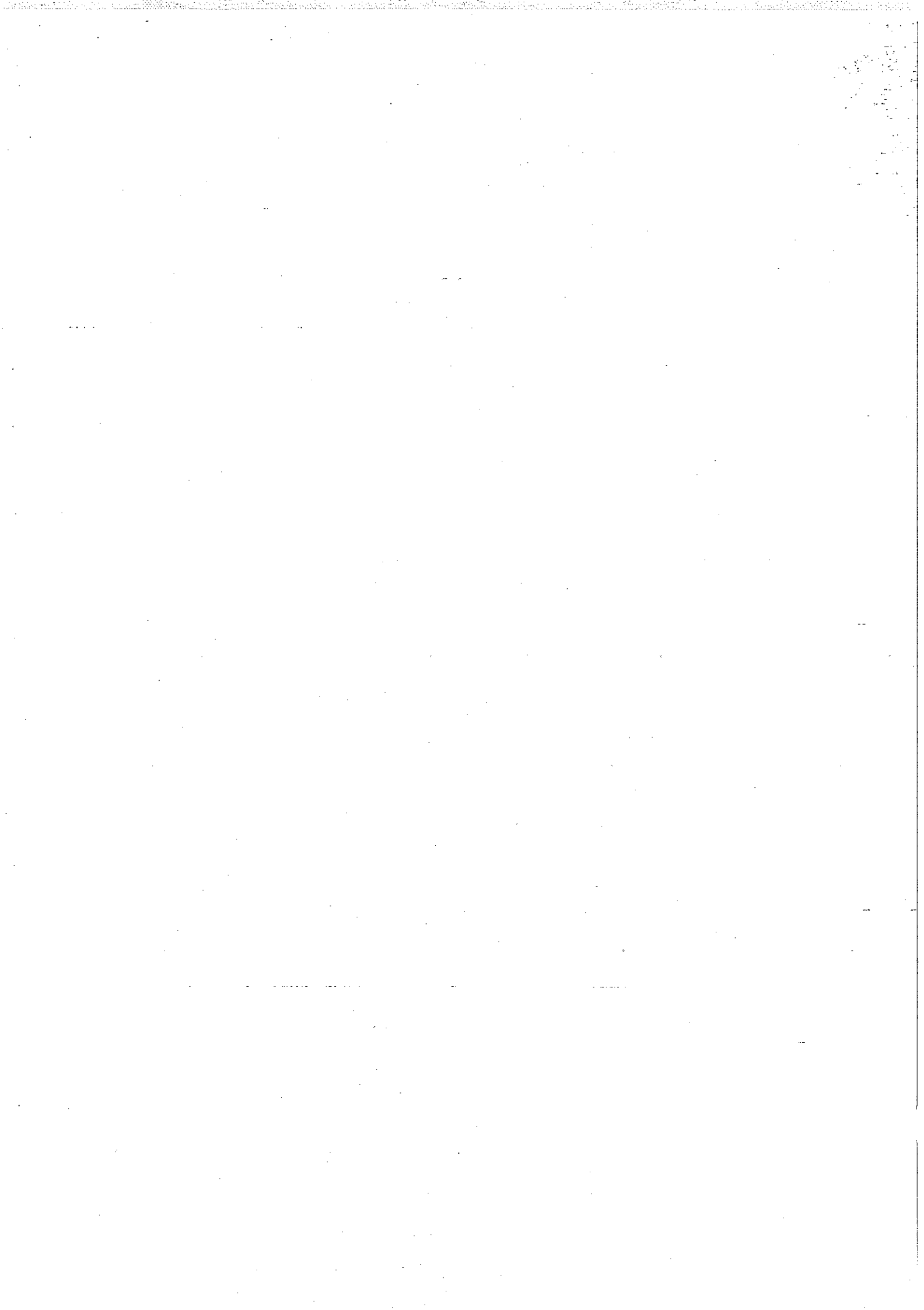
Aos meus filhos Dandara e Daniel;  
Aos meus pais Hamilton e Cecília;  
À Camila e Natália (in memoriam);  
À minha família;





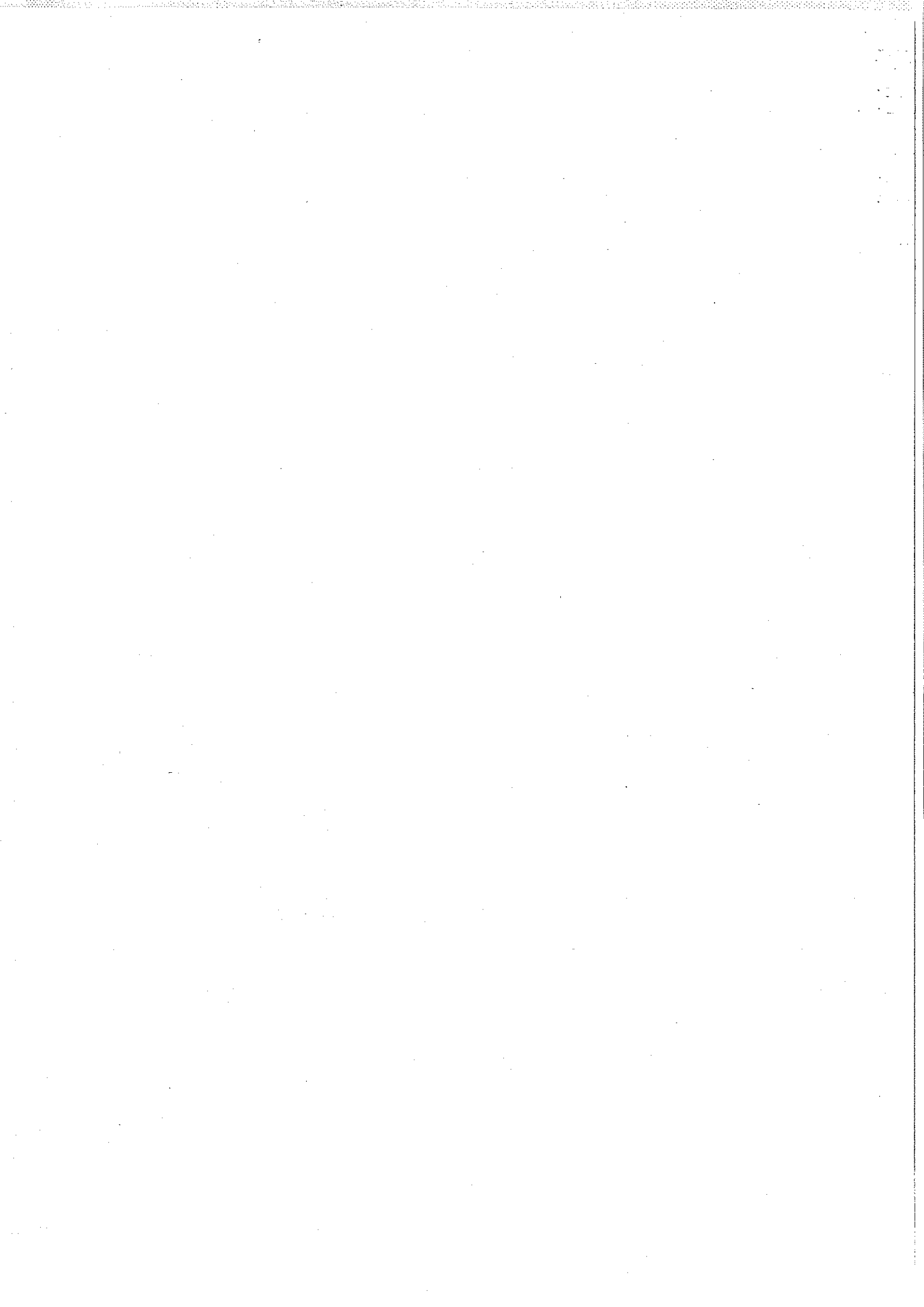
## AGRADECIMENTOS

- À DEUS, pela presença constante em todos os momentos da minha vida;
- Ao Prof. Dr. Sofiane Labidi, pela orientação segura, apoio, incentivo e pela amizade e confiança que sempre prevaleceu em nosso relacionamento;
- Ao Prof. Dr. Edson Nascimento, pela co-orientação, firmeza, sugestões e amizade e confiança;
- Aos meus filhos Dandara e Daniel pelo amor que nos une;
- Aos meus pais Hamilton e Cecília pela pessoa que sou;
- À minha família, especialmente à Cecilde e Cecilma pelo afeto e compreensão;
- Aos Professores Dr. Rubens Nascimento, Dr. Ulrich Schiel, Dr. Renato Guadagnin, Dr. Zair Abdelouahab, pelas orientações, sugestões e incentivo.
- Aos professores do Departamento de Biblioteconomia, em especial Raimunda Marinho e Rosário Almeida pelo apoio e incentivo constante.
- Aos professores e funcionários do CPGEE.
- À Prefeitura Municipal de Coroatá-Ma, especialmente à Ricardo Murad, pelo apoio extraordinário e crédito de confiança.
- Aos colegas que fazem parte do meu contexto social.
- A todos que contribuíram de forma direta e indireta, Luciano, Gentil, Helder, Ionara, Arionaldo, Delano, Luís Carlos, Othon Filho, Jeane, Roosevelt, Claudilene, Tônia dentre outros.



“Seja um participante ávido na vida. Envolve-se, mergulhe em novas experiências, abrace-as e experimente. Torne sua vida uma ciência viva”.

Lisa Engelhard



## RESUMO

Considerando os diversos pontos relevantes que proporcionaram a motivação para investir em pesquisa na área que envolve ensino cooperativo computadorizado, apresenta-se nesta tese, uma visão panorâmica sobre a área de conhecimento, que diz respeito à modelagem do aprendiz, em ambientes de ensino-aprendizagem cooperativo computadorizado. Propõe-se o Sistema MACSA de Modelagem do Aprendiz que integram métricas quantitativas e qualitativas para acompanhar a evolução do perfil do aprendiz adquirido em uma sessão de ensino-aprendizagem através dos agentes de softwares. Faz-se uma abordagem teórica e situacional sobre os Sistemas Tutores Inteligentes – STI, enfatizando o módulo do modelo do aprendiz, por se tratar de um assunto relevante para este estudo. Apresenta-se também, uma revisão de várias idéias e abordagens existentes sobre os ambientes de aprendizagem cooperativa e a modelagem do aprendiz nesses ambientes, especificando o que é modelo do aprendiz, quem modelar, quais informações modelar e como modelar, e ainda como as informações a serem modeladas podem ser representadas em um modelo. Apresenta-se o Assistente de Resolução de Problemas –ARP. Define-se o que é um problema, os métodos e estratégias para resolução de problemas, como ocorre a resolução de problemas no MATHNET. Apresenta-se a proposta do sistema MACSA de Modelagem do Aprendiz no Sistema MATHNET. Detalha-se o processo de Modelagem do Aprendiz Cooperativo em uma Sessão de Aprendizagem no MATHNET através da representação, aquisição e manutenção do modelo, especificando as informações que precisam ser modeladas e como modelar, dentro das atividades pedagógicas. Essas atividades compreendem a formação de grupos, apresentação do conhecimento, assimilação do conhecimento, aplicação do conhecimento e avaliação (de grupo e individual), mostra-se a utilização do modelo e o agente de modelagem do aprendiz. Mostra-se a modelagem das interações do ambiente, especificando os recursos de comunicação síncronos e assíncronos, detalhando as interações que poderão ocorrer, bem como, o acompanhamento dos passos da resolução de problemas com o MACSA, através do agente supervisor cooperativo. Mostra-se a representação, estrutura, implementação, aplicação e integração do MACSA no MATHNET.

**Palavras-Chave:** Sistemas Tutores Inteligentes; Ensino-Aprendizagem Cooperativo; Modelagem de Aprendiz; Agentes de Softwares; Interação.

## ABSTRACT

Considering the several important points that motivated the research in the area of computer supported collaborative learning, this PhD thesis gives the state of the art in the area, presents the MathNet system as a new Computer Supported Learning Environment that explores the Cooperative Learning paradigm, and proposes the MACSA system for Student Modeling. The MathNet artifact is one of the little software packages that implement effectively the collaborative learning paradigm. It offers new opportunities in education by integrating collaborative learning with computer; multimedia and network technologies in a manner that we believe will challenge traditional methods of pedagogy and benefit the learning process in a fundamental way. The MACSA is implemented as a software agent who aims to handle the information that composes the learner model of MATHNET. In the MathNet Environment the learning process occurs through six cooperative phases: 1) group preparation; 2) knowledge presentation; 3) knowledge assimilation; 4) knowledge application; 5) group evaluation; and 6) individual evaluation. We focus on the information that may be modeled by the agent in each phase and what this information may be modeled for. Concretely, we will show which information is modeled in the first phase (group preparation) and how it is used for groups' formation. The information modeled is made by individual attributes elicited in one moment from questionnaires answered by the students in the first time they use the framework, and in other moments from the student system interaction. The MACSA has the originality to integrate quantitative and qualitative metrics to follow and evaluate the student profile and behavior within a teaching-learning session. MACSA administrates the process complexity through software agents and the model was defined based on the questions: what's a model? what to model for? and how to model? MACSA emphasizes the modeling of the interaction within the system during a leaning session based on the communication modes and problem resolution phases. Finally, it is presented the representation, organization, implementation, application and integration of MACSA within the MathNet, especially the interaction of the MACSA with the problem resolution agent and all the other agents that made the MathNet agent society.

**Keywords:** Intelligent Tutoring Systems, Cooperative Learning, Learner Modeling, Software Agents and Interactions.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Visão simplificada para os CSCL.....	35
Figura 2.2 – Posicionamento dos STI.....	35
Figura 2.3 - Esquema Básico de um STI Convencional .....	37
Figura 2.4 – Curva de Desempenho de Grupos Cooperativos .....	43
Figura 3.1 – Representação por Sobreposição, adaptada de (KASS, 1989) .....	65
Figura 3.2 – Representação por Perturbação – adaptada de (KASS, 1989) .....	67
Figura 4.1 - Ambiente MATHNET .....	76
Figura 4.2 – Interações dos Agentes no MATHNET .....	79
Figura 4.3 - Interface Principal do Zeus Agent Toolkit .....	83
Figura 4.4 – Tela Principal da Interface do Aprendiz no MATHNET .....	83
Figura 4.5 - Visão de um domínio de aprendizagem $D$ .....	86
Figura 4.6 – Exemplo de uma estrutura Pedagógica de um contexto em três profundidades .....	87
Figura 4.7 - Exemplo de um fragmento de uma estrutura .....	87
Figura 4.8 – Exemplos de Sequências de Aprendizagem .....	88
Figura 4.9 - Conceitos e Habilidades de uma Unidade Pedagógica .....	89
Figura 4.10 – Conceitos de uma unidade pedagógica - relacionamento em níveis de profundidade .....	90
Figura 4.11 – Exemplo de relacionamento entre conceitos .....	90
Figura 4.12 – Domínio de Problemas .....	91

Figura 4.13 – Seqüência de atividades pedagógicas no MATHNET .....	92
Figura 4.14 – Armazenando os parâmetros de avaliação .....	99
Figura 4.15 - Agente de um especialista avaliador.....	100
Figura 4.16 - Modelagem proposta para o agente estratégico e equacionamento correspondente.....	102
Figura 5.1 – Atividades pedagógicas utilizando o Assistente .....	107
Figura 5.2 – Relacionamento entre o método de Pólya e do Serway .....	108
Figura 5.3 – Metodologia de Resolução de Problemas do MATHNET .....	111
Figura 5.4 – Proposta Arquitetura MATHNET para Resolução de Problemas .....	112
Figura 5.5 – Diagrama do caso de uso Professor .....	113
Figura 5.6 –Diagrama do Caso de uso Aprendiz .....	113
Figura 5.7 – Visão Geral das Classes que compõe o ARP .....	117
Figura 5.8 – Classe Problema .....	118
Figura 5.9 – Classe Solução .....	118
Figura 5.10 – Diagrama de Seqüência da Resolução de Problemas .....	119
Figura 5.11 – ARP Resolvendo Problema .....	120
Figura 5.12– ARP Analisando uma Solução .....	120
Figura 5.13 – Classes envolvidas nas interações da resolução de problemas .....	122
Figura 6.1– Informações que podem ser modeladas de acordo com as atividades .....	128
Figura 6.2–Interface do professor obtendo informações do modelo do aprendiz.....	132
Figura 6.3– Interface Formação de Grupos – atributos individuais .....	133

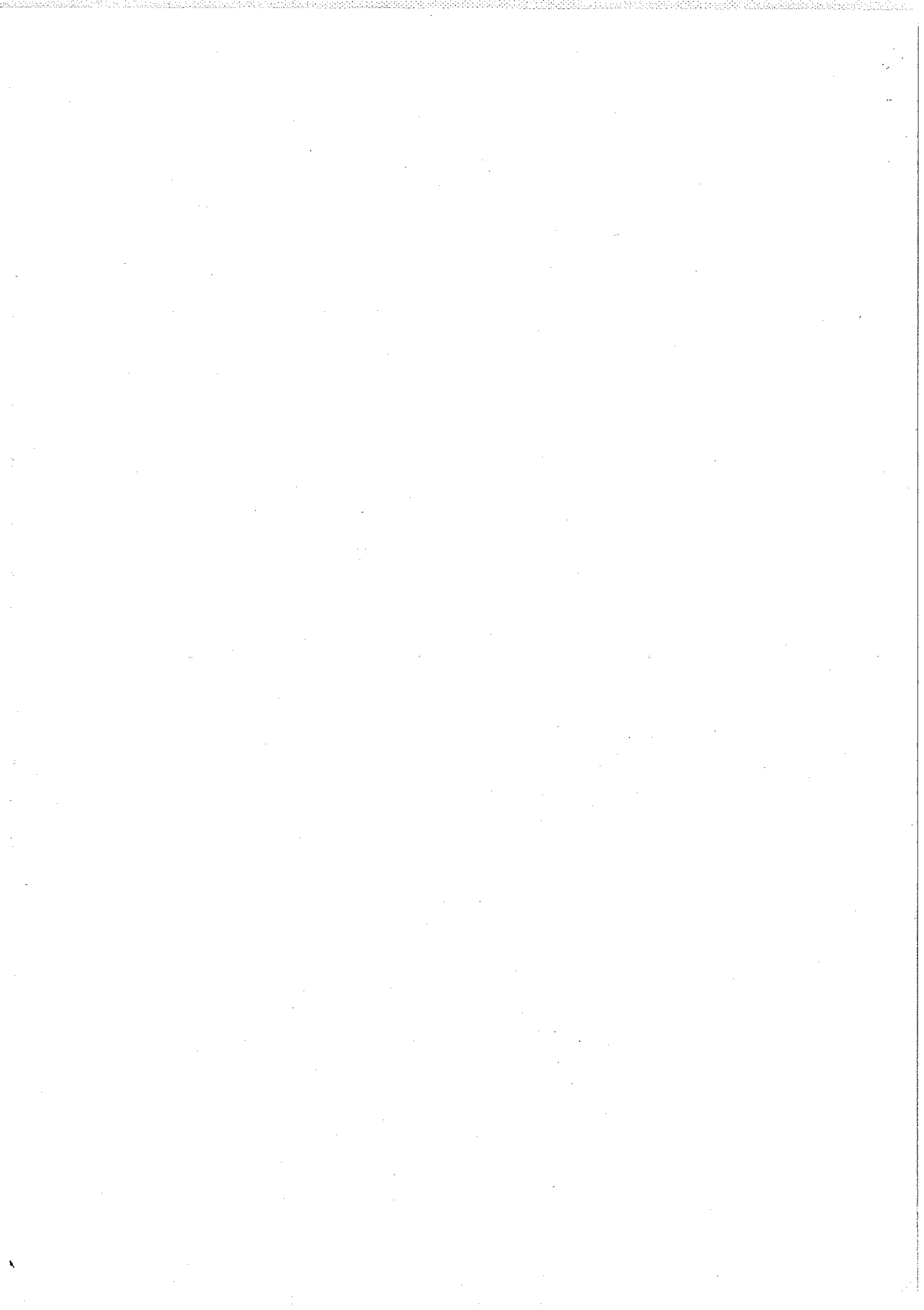


Figura 6.4 – Perfis de Grupos .....	134
Figura 6.5 – Exemplo de Sociograma .....	135
Figura 6.6 – Interface de Formação de Grupos – Sociograma .....	135
Figura 6.7 – Agente Tutor obtém informações do Modelo do Aprendiz para fornecer conselho ou dica.....	139
Figura 6.8 – Agente Tutor obtém informações do Modelo do Aprendiz para a escolha do problema mais adequado.....	140
Figura 6.9 – Agente Tutor obtém informações sobre o grupo para realizar avaliação ...	141
Figura 6.10 – Agente Tutor obtém histórico do aprendiz para gerar estatísticas .....	142
Figura 6.11 – Armazenando Estratégia Global – Preparação de Grupos .....	142
Figura 6.12 – Definição de estratégia específica – Atividades de ensino-aprendizagem e avaliação.....	143
Figura 6.13 – Classes envolvidas na busca no MATHNET .....	144
Figura 6.14 – Interface do Serviço de Busca .....	145
Figura 6.15 – Visão Geral das Classes que compõem o Agente de Modelagem do Aprendiz.....	147
Figura 6.16 – Classes do Modelo do Aprendiz .....	149
Figura 6.17 – Interface do Professor obtém Informações do Modelo do Aprendiz para Formar Grupos .....	152
Figura 6.18 – Tutor obtém Informações do Modelo do Aprendiz para realizar a avaliação .....	153
Figura 6.19 – Agente Tutor obtém Informações do Modelo do Aprendiz para realizar estatísticas .....	154

Figura 6.20 – Agente Estrategista obtém Informações do Modelo do Aprendiz para definir Estratégia Específica.....	155
Figura 6.21 – Agente de Busca obtém Informações do Modelo do Aprendiz para criar Perfil de Busca.....	156
Figura 6.22 – Aquisição Direta de Informações sobre o Aprendiz .....	157
Figura 6.23 – Interface de Atualização de alguns Atributos .....	157
Figura 6.24 – Aquisição Indireta de Informações sobre o Aprendiz .....	158
Figura 6.25– Ações do Aprendiz sendo armazenadas no Modelo do Aprendiz .....	159
Figura 6.26 – Esquema do Modelo do Aprendiz Cooperativo-MACSA .....	164
Figura 6.27 – Classes envolvidas nas Interações dos Recursos de Comunicação.....	166
Figura 6.28 – Tela Principal do Chat MATHNET.....	168
Figura 6.29 – Tela Principal do E-mail MATHNET .....	169

## LISTA DE SIGLAS

- ARCOO (Aprendizagem Remota Cooperativa Orientada a Objetivos)
- ARP - Assistente de Resolução de Problemas
- ASRP - agente supervisor para resolução de problemas
- CAI - Computer Aided Instruction
- IAC = Instrução Assistida por Computador
- CAIS -Computer Aided Instruction
- CaMLE - Collaborative and Multimedia Interactive Learning Environment
- CLARE - Collaborative Learning and Research Environment
- CSCCL - Computer Supported Collaborative Learning
- CSCW - Computer Suported Cooperative Work)
- CSILE -Computer-Supported Intentional Learning Evironments)
- EIAC - Ensino Inteligente Assistido por Computador
- IA - Inteligência Artificial
- IAD - Inteligencia Artifical Distribuída
- IA-ED - Inteligência artificial na Educação
- ICAI - Instrução Inteligente Assistida por Computador
- ILE - Ambientes de Aprendizagem Interativa e Inteligente
- STI -Intelligent Tutorial Systems
- MACSA - Modelagem do Aprendiz Cooperativo na Sessão de Aprendizagem
- MIT - Massachusets Institute os Technology
- N.I.C.E (Narrative, Immersive, Consctructionist, Collaborative Enviroments)
- PABLO - Ambiente Colaborativo Síncrono Que Suporta Atividades de Escrita de  
Notas para Aprendizagem baseada em Problemas
- PIE -Probability Inquiry Environment
- RESRA - Representational Schema of Research Artifacts



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

### CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1	Introdução.....	20
1.2	Motivação .....	20
1.3	Objetivos e Metodologia.....	23
1.4	Justificativa e Problemática.....	25
1.5	Organização da Tese .....	27

### CAPÍTULO 2 – AMBIENTES DE ENSINO-APRENDIZAGEM COOPERATIVO COMPUTADORIZADO

2.1	Introdução.....	29
2.2	Educação à Distância .....	30
2.3	Inteligência Artificial na Educação -IA-ED.....	33
2.4	Sistemas Tutores Inteligentes -STI .....	35
2.4.1	Arquitetura Geral de um STI.....	37
2.4.2	Tendências nas Pesquisas em STI.....	40
2.5	Ensino-Aprendizagem Cooperativo.....	41
2.5.1	Ensino Tradicional vs. Ensino Cooperativo.....	41

2.5.2	Papel do Professor no Ensino Cooperativo.....	44
2.5.3	Aprendizagem Cooperativa.....	46
2.6	<b>Ambientes de Ensino-Aprendizagem Cooperativo</b> <b>Computadorizado.....</b>	47
2.7	<b>Conclusão.....</b>	56

**CAPÍTULO 3 - MODELAGEM DO APRENDIZ EM AMBIENTES DE ENSINO-APRENDIZAGEM COOPERATIVO**

3.1	<b>Introdução.....</b>	57
3.2	<b>Modelagem do Aprendiz Cooperativo.....</b>	58
3.3	<b>Conclusão.....</b>	74

**CAPÍTULO 4 – MATHNET**

4.1	<b>Introdução.....</b>	75
4.2	<b>Ambiente MATHNET.....</b>	75
4.2.1	Arquitetura Multiagentes do MATHNET.....	77
4.2.2	Proposta de Agentes do Ambiente MATHNET.....	78
4.2.3	Interações no MATHNET.....	82
4.2.4	Modelo de Domínio.....	86
4.2.5	Modelo de um Especialista Avaliador.....	100
4.3	<b>Conclusão.....</b>	103

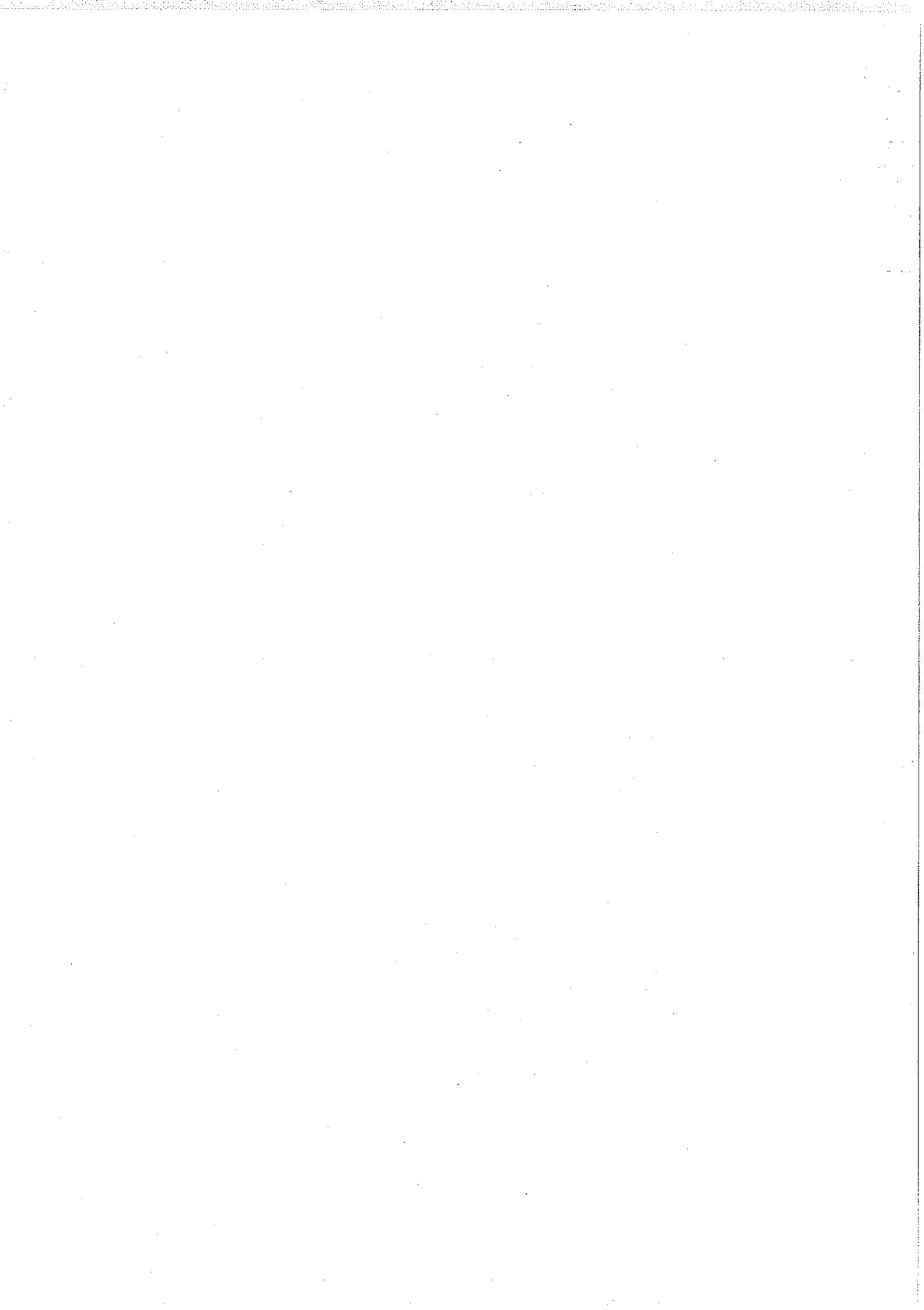
**CAPÍTULO 5 – MODELAGEM DAS INTERAÇÕES DO APRENDIZ NOS PASSOS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

5.1	<b>Introdução</b> .....	104
5.2	<b>Resolução de Problemas</b> .....	104
5.3	<b>Conceituando Problemas</b> .....	105
5.4	<b>Resolução de Problemas no MATHNET</b> .....	107
5.5	<b>Assistente de Resolução de Problemas – ARP</b> .....	116
5.5.1	Classe Problema .....	117
5.5.2	Classe Solução .....	118
5.6	<b>Processo de Resolução de Problemas</b> .....	119
5.6.1	Grupo de Aprendiz Resolvendo Problemas .....	119
5.6.2	ARP Resolvendo Problema .....	119
5.6.3	ARP Analisando Solução .....	120
5.7	<b>Especificações das Interações do Aprendiz nos Passos da Resolução de Problemas</b> .....	121
5.8	<b>Conclusão</b> .....	122
 <b>CAPÍTULO 6 – PROPOSTA DE MODELAGEM DO APRENDIZ COOPERATIVO EM UMA SESSÃO DE APRENDIZAGEM NO MATHNET</b>		
6.1	<b>Introdução</b> .....	123
6.2	<b>Modelagem do Aprendiz Cooperativo - MACSA</b> .....	124
6.2.1	Modelagem do Aprendiz nas Atividades Pedagógicas.....	124
6.2.2	Quais informações precisam ser modeladas?.....	126
6.2.3	Para que modelar? .....	128

6.2.4	Como Modelar? .....	128
6.2.5	Agente de Modelagem do Aprendiz.....	130
<b>6.3</b>	<b>Utilização do MACSA.....</b>	<b>130</b>
6.3.1	Formação de Grupos.....	130
6.3.2	Auxiliar o Agente Tutor.....	138
6.3.3	Auxiliar o Agente Estrategista.....	142
6.3.4	Auxiliar os Agentes de Busca.....	144
<b>6.4</b>	<b>Agentes do MACSA.....</b>	<b>147</b>
6.4.1	Estrutura do Agente .....	147
6.4.2	A Classe MACSA .....	148
6.4.2.1	Histórico .....	149
6.4.2.2	Perfil .....	150
6.4.2.3	Estado Cognitivo .....	150
6.4.3	A Classe Consulta.....	151
6.4.3.1	Formação de Grupos .....	152
6.4.3.2	Auxiliar o Agente Tutor .....	153
6.4.3.3	Auxiliar o Agente Estrategista.....	154
6.4.3.4	Auxiliar os Agentes de Busca .....	155
6.4.4	A Classe Aquisição.....	156
6.4.4.1	Aquisição Direta .....	156
6.4.4.2	Aquisição Indireta .....	158



6.4.5	A Classe Manutenção.....	159
6.5	Interações no MACSA.....	159
6.6	Recursos de Comunicação em Ambientes de Ensino-Aprendizagem Cooperativos.....	160
6.7	Especificação das Interações do Aprendiz Cooperativo.....	162
6.8	Estrutura do Modelo.....	163
6.9	Representação do Modelo.....	166
6.10	Implementação e Integração dos Recursos de Comunicação no MATNHET.....	167
6.11	Conclusão.....	169
	<b>CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO</b>	
7.1	Considerações Finais.....	171
7.2	Contribuições da Tese.....	172
7.3	Perspectivas Futuras.....	173
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	174



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se uma visão panorâmica da tese, considerando os diversos pontos relevantes que proporcionaram a motivação para investir na área que envolve ensino cooperativo computadorizado, bem como a justificativa. Em seguida detalham-se os objetivos, o contexto e a problemática da pesquisa e a organização da tese.

### 1.2 Motivação

A vontade de ensinar e aprender é um fenômeno que ocorre desde o início da história. O ensino teve uma grande expansão junto com a evolução da sociedade, uma vez que, o ser humano, para viver melhor, precisa adquirir conhecimentos da sua profissão. Em vários países o ensino de primeiro e segundo graus são obrigatórios. O cidadão precisa aprender a falar, ler e escrever. Entretanto, o número de profissões e a quantidade de conhecimentos que o ser

humano precisa adquirir cresceram com o decorrer do tempo fazendo com que aumentasse o tempo de formação dessas pessoas.

Por outro lado, é conhecido hoje que pelo menos 50% da cultura e do conhecimento é adquirido por meio de imagens, 25% por meio de som, 15% por meio da comunicação social e apenas 10% através de textos (WENGER et al., 1987). Porém, o processo de educação nas escolas é ainda baseado em livros e textos didáticos.

O ponto comum de todas essas preocupações é a aquisição do conhecimento de uma maneira inteligente, mais atrativa e econômica para o aprendiz. A evolução tecnológica ocorrida nos últimos tempos ressalta a necessidade de introduzir novas técnicas de ensino dentre as quais, o Ensino Assistido por Computador (ELAC) que beneficia o aprendiz tendo em vista que suas técnicas são adaptadas considerando o seu perfil. O uso do computador na educação mostrou novas características muito interessantes.

Desde os anos setenta, foram desenvolvidos vários sistemas tutores inteligentes (STI). Esses sistemas são projetados para adaptar o ensino de um domínio específico de conhecimento por um aprendiz individual. A tecnologia STI é um campo de pesquisa multidisciplinar que necessita da aplicação de técnicas de Inteligência Artificial objetivando a reprodução do comportamento de um tutor humano competente que adapta suas estratégias pedagógicas de ensino de acordo com o perfil do aprendiz. Por exemplo, o sistema GUIDON para doenças infecciosas (CLANCEY, 1990), SOPHIE em diagnóstico eletrônico (BROWN et al., 1974), ALGEBRA para a Álgebra aplicada (LANTZ et al., 1983), WURSOR para relações lógicas (GOLDSTEIN, 1982), etc.

Estes sistemas são baseados no que é conhecido como modelo *tutor-tutee* (ou um-para-um). Este modelo vem sendo criticado desde o fim dos anos oitenta: o computador deveria *cooperar* com o aprendiz e então facilitar ao máximo a sua aquisição de conhecimento em lugar de só representar o papel de um professor autoritário (GILMORE et al., 1988). Fala-se aqui de aprendizagem cooperativa (ELLIS et al., 1990).

A cooperação é uma das atividades humanas mais importantes. Porém, nas salas de aula tradicionais a cooperação não é um foco principal. Ela é até vista como uma forma de "pesca". A competição para a recompensa é o comportamento dominante nas salas de aula, o que implica que o sucesso de um aprendiz reduza a chance de recompensa dos outros.

Ao contrário, no ensino cooperativo, o sucesso de um aprendiz é relacionado ao sucesso do grupo e deve ajudar os outros aprendizes a serem "prósperos". Os aprendizes trabalham juntos para alcançarem um objetivo comum, através da interdependência entre eles. Cada membro é responsável pela realização deste objetivo (ELLIS et al., 1990). Várias estratégias pedagógicas de ensino cooperativo foram definidas (PASCAL et al., 1996) (ESMA et al., 1995) (LABIDI et al., 1998). Por exemplo: o método *Jigsaw* onde os aprendizes, após assistirem à aula, a dividem em partes a serem estudadas e depois cada aprendiz reapresenta a aula, particularmente a sua parte, aos outros (JOHNSON et al., 1994).

O ensino cooperativo, além dos benefícios acadêmicos, inclui outros benefícios, como os econômicos e sociais (SHERMAN, 1991), tais como:

- Compartilhamento dos recursos e ganho de tempo;
- Aumento na produção;
- Desenvolvimento das habilidades sociais, cooperativas, etc;
- Competitividade sadia entre aprendizes;
- Estímulo ao aprendizado: o aprendiz aprende a aprender.

Um dos componentes mais importantes dos Sistemas Tutores Inteligentes – STI é o modelo do aprendiz. Segundo Vicari (2000) o modelo do aprendiz deve representar todas as qualidades possíveis para uma avaliação pedagógica quantitativa (desempenho) e qualitativa (fatores e características afetivas do aprendiz) (ANDRÉ, 1997).

Com relação às dificuldades de se modelar o aprendiz em ambientes de aprendizagem cooperativa, Giraffa (1998) ressalta que existe falta de conhecimentos necessários para

modelar o processo de aprendizagem do aprendiz. Já Bercht (1998), considera que falta conhecimento específico voltado para a modelagem de uma avaliação pedagógica que a considere como avaliação afetiva específica, psicomotora e de desempenho. Outros problemas ainda relacionados são: capacidades tecnológicas de hardware e software; pouco conhecimento que se tem sobre os estes processos; a imprecisão e subjetividade dos fatores emotivos e motivacionais envolvidos em ambientes de ensino e aprendizagem; problema da representação do conhecimento pedagógico.

O desafio é ainda maior quando se trata de EIAC Cooperativo por considerar que estes ambientes são geralmente de ensino à distância, trabalham com noções de grupos virtuais e permitem interações inter e intra-grupos dentre outras.

Dentre as pesquisas sobre a modelagem do aprendiz, ressalta-se aqui, a pesquisa de Giroux et al., (1996) voltada para o raciocínio do aprendiz; a de Vicari (1999) voltada para os estados mentais do aprendiz; a de Móra (1999) voltada para o afeto e os autores Barros et al., (2000) e Jaques et al., (1998) relacionadas às ações e interações do aprendiz.

O trabalho realizado nesta tese é relacionado a dois temas principais: o ensino cooperativo e a modelagem do aprendiz. Ela é parte integrante do projeto MATHNET que proporciona um ambiente de aprendizagem cooperativa (Ver Capítulo 3).

### **1.3 Objetivos e Metodologia**

O objetivo deste trabalho é de propor um sistema de Modelagem do Aprendiz denominado MACSA, que leve em conta o paradigma de ensino cooperativo que possa remediar os limites dos modelos existentes e integrar métricas quantitativas e qualitativas para acompanhar e avaliar a evolução do perfil do aprendiz através das suas ações e interações, ou seja, na evolução do perfil adquirido em uma sessão de aprendizagem. Esses limites são

especificamente o acompanhamento da evolução do perfil do aprendiz em uma sessão de aprendizagem.

O MACSA é um componente fundamental do Sistema MATHNET de ensino-aprendizagem cooperativo.

Especificamente, propõe-se:

- Especificar quando e como adquirir as informações que serão modeladas;
- Especificar quais informações sobre os aprendizes poderão ser modeladas;
- Descrever o sistema MACSA de Modelagem do Aprendiz no ambiente MATHNET;
- Definir os recursos de comunicação existente em ambientes de aprendizagem cooperativa;
- Especificar como as ações e interações do aprendiz em ambientes cooperativos poderão ser especificadas com vistas à criação do MACSA;
- Modelar as ações e interações do aprendiz cooperativo através de agentes de modelagem;
- Categorizar e acompanhar as interações do aprendiz baseado na resolução de problemas no MATHNET;
- Apresentar o Assistente de Resolução de Problemas – ARP com vistas a integrá-lo no ambiente MATHNET;
- Definir e representar as interações no modelo baseado na resolução de problemas;
- Especificar a representação e a manutenção destas informações em um modelo de aprendiz cooperativo através de agentes de modelagem;
- Implementar os modelos especificados no MATHNET;

Para atingir aos objetivos propostos utilizou-se de pesquisa bibliográfica. Utilizou-se também da metodologia de desenvolvimento de sistemas orientado a objetos, usando a notação UML (BOOCH et al., 1999).

Dentre os procedimentos utilizados destacam-se:

- Identificação dos ambientes e sistemas correlatos, ou seja, de ambientes de ensino aprendizagem, com vistas a incrementar o ambiente já existente com novas funcionalidades e integrá-las;
- Levantamento das necessidades para a concepção do sistema MACSA com vistas a modelar o aprendiz cooperativo em uma sessão de aprendizagem;
- Estudo sobre agentes de softwares com vistas à sua utilização no ambiente e sistema MACSA; Estudo das interações cooperativas envolvendo professores, aprendizes e sistema computacional, tendo uma infra-estrutura como a Internet, ou mais particularmente, uma Intranet como suporte de comunicação;
- Investigação sobre as diferentes interações: aprendizes/aprendizes dentro de um grupo, grupo/grupo, grupo/professor, grupo/sistema e professor/sistema computacional;
- Investigação sobre os aspectos inerentes à concepção e desenvolvimento de uma sociedade de agentes, levando em conta tanto questões internas (modelo de agentes, formas de organização dos agentes, linguagens e protocolos de interação e comunicação entre agentes), quanto externas, no caso das interações com o seu ambiente, dentre outros.

#### 1.4 Justificativa e Problemática

É de extrema importância procurar novos métodos de aprendizagem tentando tirar benefícios das tecnologias modernas para a melhoria das estratégias de ensino estimulando cada vez mais o aprendiz a se inserir no novo modelo.

O uso do computador como suporte ao ensino cooperativo é muito recente. Ele conduziu a um novo paradigma chamado CSCL (*Computer Supported Collaborative Learning*). Várias abordagens foram propostas. É sugerido como exemplo que esta cooperação pode ser realizada usando o conceito de documentos eletrônicos (BOY, 1997).



Os diferentes autores de uma sessão de ensino podem interagir por envio de documentos. Esses documentos são considerados como mediadores que permitam a troca de pontos de vista e conceitos entre os participantes. Um exemplo de tais sistemas foi desenvolvido na Universidade de Michigan (BIRMINGHAM et al., 1994). Um outro trabalho define a noção de salas de aula eletrônicas (SHAW, 1995).

Nesses ambientes, o Modelo do Aprendiz é reconhecido atualmente como um dos componente mais importante em um sistema de ensino inteligente<sup>1</sup>, considerando que o processo de Ensino/Aprendizagem fica benéfico (inteligente) quando o sistema adaptá suas decisões em função do comportamento do aprendiz. Isto implica que o sistema deve manter uma visão do aprendiz e de sua evolução no decorrer da aula em função de suas interações.

Vários trabalhos de pesquisa sobre a modelagem do aprendiz estão sendo desenvolvidos. Poucos deles levam em conta o ensino cooperativo, que permite a interação entre vários grupos de aprendizes. (Ver Capítulo 4).

Os princípios teóricos dos sistemas do tipo tutores consideram que a educação deveria ser modelada de forma que a adaptação do ensino ao ritmo real de cada aprendiz seja ressaltada.

Tradicionalmente a arquitetura geral de um Sistema Tutor Inteligente compreende cinco componentes: (1) o modelo do domínio, (2) o modelo do tutor, (3) o modelo do aprendiz, (4) a interface, e (5) as interações entre esses componentes. Neste contexto, o sistema MATHNET, é um auxílio ao mundo do ensino integrando o paradigma de Ensino Cooperativo (LABIDI et al., 2000a). Propõe-se um ambiente de ensino cooperativo baseado nos recursos da Intranet e da Internet.

---

<sup>1</sup> Os sistemas de Aprendizagem que usam apenas recursos como o PowerPoint ou a linguagem HTML para a criação de páginas dinâmicas, não são geralmente reconhecidos como Sistema Inteligentes. É necessário o uso de técnicas de Inteligência Artificial para o desenvolvimento de tais sistemas.

Neste ambiente os aprendizes são divididos em grupos homogêneos repartidos em vários espaços remotos chamados áreas cooperativas. Eles usam o ambiente para assistir aula interagindo com o sistema, entre si, com o professor e com os outros aprendizes das outras áreas cooperativas.

O MATHNET beneficiará o ambiente Intranet e Internet que tem por objetivo permitir e gerar a interação entre os diferentes usuários do sistema (interação intra e intergrupos e grupos-professor).

A modelagem do aprendiz cooperativo, ou seja, o MACSA no MATHNET permitirá o acompanhamento das ações e interações do grupo de aprendiz em uma sessão de aprendizagem através o uso de agentes inteligentes que atuarão no ambiente com vistas a incentivar a cooperação.

## 1.5 Organização da Tese

Esta tese está estruturada em sete capítulos, incluindo esta introdução.

No capítulo 2, aborda-se o estado da arte do tema em questão, que versa sobre a Inteligência Artificial na Educação, os Sistemas Tutor Inteligentes (STI), sua arquitetura geral, as pesquisas e as tendências na área. Aborda-se também sobre o Ensino-Aprendizagem Cooperativa, Ambientes de Aprendizagem Cooperativo Computadorizado e o Ensino a Distância.

No capítulo 3, aborda-se a Modelagem do Aprendiz dentro dos ambientes, na visão de vários pesquisadores com o objetivo de apresentar os trabalhos relacionados com a proposta dessa tese e discorre-se sobre os principais modelos existentes na literatura com vistas a gerar o modelo aqui proposto.

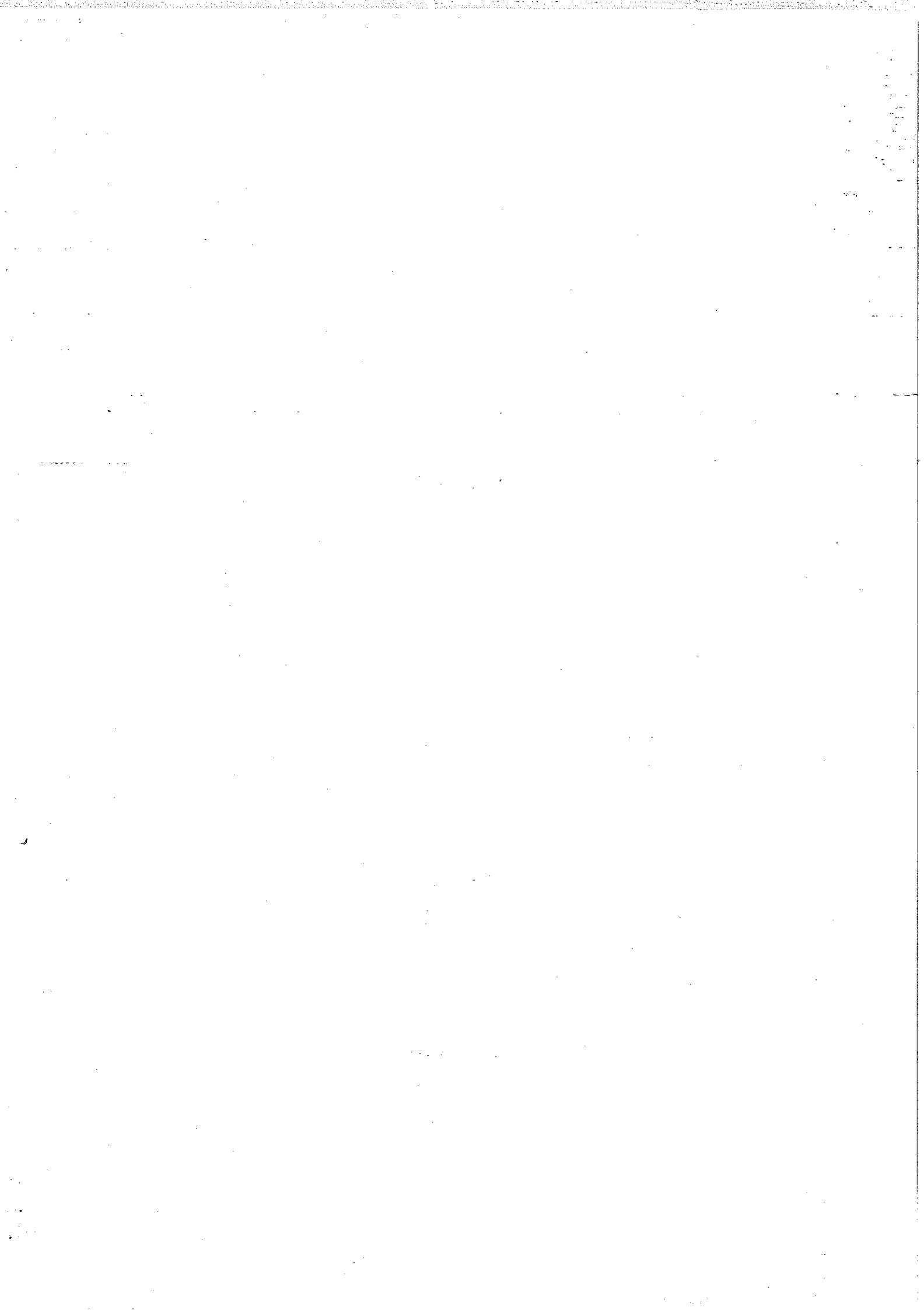
No capítulo 4, apresenta-se o MATHNET, sua arquitetura multi-agentes, os próprios agentes (humanos e artificiais) e as interações do ambiente, especifica-se o modelo de domínio

detalhando as unidades pedagógicas, unidades de conhecimento, domínio de problemas, atividades e estratégias pedagógicas.

No capítulo 5, apresenta-se o Assistente de Resolução de Problemas –ARP. Define-se o que é um problema, os métodos e estratégias para resolução de problemas, como ocorre a resolução de problemas no MATHNET, e por fim, o acompanhamento dos passos da resolução de problemas com o MACSA através do agente supervisor cooperativo.

No Capítulo 6, apresenta-se a proposta do sistema MACSA de Modelagem do Aprendiz no Sistema MATHNET. Detalha-se o processo de Modelagem do Aprendiz Cooperativo na Sessão de Aprendizagem (MACSA), no MATHNET através da representação, aquisição e manutenção do modelo, especificando as informações que precisam ser modeladas e como modelar, dentro das atividades pedagógicas. Essas atividades compreendem a formação de grupos, apresentação do conhecimento, assimilação do conhecimento, aplicação do conhecimento e avaliação (de grupo e individual), mostra-se a utilização do modelo e o agente de modelagem do aprendiz. Mostra-se a modelagem das interações do ambiente, especificando os recursos de comunicação síncronos e assíncronos, detalhando as interações que poderão ocorrer. Mostra-se a representação, estrutura, implementação, aplicação e integração do modelo no MATHNET.

No capítulo 7 são descritas as Considerações Finais, especificando as contribuições e sugestões para trabalhos futuros.



## CAPÍTULO 2

# AMBIENTES DE ENSINO-APRENDIZAGEM COOPERATIVO COMPUTADORIZADO

### 2.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se o estado da arte da área de conhecimento desta tese que diz respeito à modelagem do aprendiz nos ambientes de ensino cooperativo computadorizado, que servirá como suporte para entendimento dos capítulos seguintes. Inicia-se descrevendo algumas noções preliminares sobre Inteligência Artificial na Educação (IA-ED). Segue-se com uma abordagem teórica e situacional sobre os Sistemas Tutores Inteligentes – STI, enfatizando o módulo do modelo do aprendiz, por se tratar de um assunto relevante para este estudo. Apresentam-se ainda, reflexões teóricas sobre o ensino/aprendizagem cooperativo, no que diz respeito ao ensino tradicional, ensino cooperativo, o papel do professor e os ambientes de aprendizagem cooperativa computadorizado, objetivando situar de forma clara o contexto da pesquisa.

## 2.2 Educação à Distância

As transformações culturais e tecnológicas requerem uma elevação globalizada dos níveis de educação geral e da capacitação para o mercado de trabalho. A educação hoje é permanente, não está restrita apenas aos períodos escolares.

A educação permanente é o reconhecimento da necessidade do homem em manter-se atualizado ao longo de sua vida. Como fazer isso?

A EAD vem acontecendo há muito tempo, seus meios é que são constantemente atualizados. Começa-se pelos cursos de correspondência, passando pelo rádio, televisão, vídeo e com a ferramenta mais poderosa chamada de computador juntamente com a telecomunicação, que amplia as possibilidades, com vantagens que se apresentam como respostas às dificuldades de lidar com o tempo e espaço, tendo em vista que grandes contingentes podem ser alcançados, em diversas áreas e com custos reduzidos. Com ele utiliza-se a Teleconferência, Videoconferência, STI, Internet e vários outros recursos.

Os primeiros cursos à distância surgiram na Europa, por volta de 1840. A primeira escola por correspondência, que se tem conhecimento, data de 1890, na Alemanha. A partir de então, inúmeros países passaram a adotar a EAD como mais uma opção para ministrar cursos em nível médio, técnico, universitário e de pós-graduação. Na Europa, destacam-se vários países que utilizam a EAD como formação cultural, dentre os quais, Espanha, França, Itália, Canadá, Bélgica, Japão e Inglaterra, nesta última, o destaque é maior por ser o primeiro país a instituir a "Universidade Aberta", tida como um verdadeiro marco de vanguarda no ensino superior à distância.

No Brasil, o Instituto Universal Brasileiro é pioneiro. Fundado há mais de 50 anos, utiliza ainda o modelo tradicional, ou seja, a correspondência via Correios. Para o ensino supletivo de primeiro e segundo graus, temos o Telecurso 2000, atualmente patrocinado pela Fundação Roberto Marinho e FIESP.

A informática possui ação positiva e negativa para o desenvolvimento da capacidade cognitiva e provoca um rompimento da relação vertical entre o aprendiz e o professor da sala de aula tradicional, faz do aprendizado uma experiência mais cooperativa.

Na EAD, o aprendiz é liberado da presença física em sala de aula. Apesar de o professor e o aprendiz não se encontrarem em um mesmo ambiente, o processo educativo

tende a ser sistemático e continuado, baseado no auto-estudo onde o próprio aprendiz é responsável por seu ritmo de aprendizagem, através do auto-gerenciamento.

Coloca-se a seguir, alguns dos principais objetivos da EAD:

- Democratizar o acesso à educação, ou seja, educação para todos; atendimento aos alunos dispersos geograficamente e residentes em locais onde não haja instituições convencionais de ensino; permanência dos alunos no seu meio cultural e natural, evitando êxodos que incidem negativamente no desenvolvimento regional.
- Favorecer uma aprendizagem autônoma e ligada à experiência, ou seja, formação fora do contexto da sala de aula; aquisição pelos alunos de atitudes, interesses e valores que lhe propiciem mecanismos indispensáveis para se autodeterminarem, levando-os à conscientização da importância da aprendizagem permanente; os alunos são sujeitos ativos de sua formação e o professor, seu facilitador e orientador; proposta de independência de critério, capacidade para pensar, trabalhar e decidir por si mesmo, com satisfação pelo esforço pessoal.
- Promover um ensino inovador e de qualidade, ou seja, o sistema educativo deve ser inovador, por sua sistemática e recursos didáticos instrucionais e de multimídia; comunicação bidirecional freqüente como garantia de uma aprendizagem dinâmica e inovadora.
- Incentivar a educação permanente, ou seja, adequar as estratégias e instrumentos para a formação permanente, para a reciclagem e para o aperfeiçoamento profissional.
- Reduzir os custos, ou seja, os custos iniciais altos com a produção de materiais instrucionais e de apoio e toda a sistemática operacional, compensados com a economia em escala.
- Favorecer um ritmo de aprendizagem individualizado para cada aprendiz.
- Para situar melhor os aspectos da EAD descreve-se algumas características:
  - Separação parcial professor-aprendiz ou seja, apesar do docente não se fazer presente, ele faz o acompanhamento do aprendiz em todo o processo de ensino-aprendizagem.
  - Utilização de meios técnicos, ou seja, os recursos técnicos de comunicação (impressos, áudios, vídeos etc.), estão acessíveis a boa parte da população, isto possibilita a democratização das possibilidades da educação.

- Organização de apoio-tutoria, ou seja, o aprendiz pode dispor de recursos didáticos auto-instrucionais que o possibilite aprender sozinho. Entretanto é importante o envolvimento da instituição de ensino e do tutor para motivar, apoiar, facilitar a avaliação contínua da sua aprendizagem.
- Aprendizagem independente e flexível, ou seja, respeitar a autonomia do aprendiz em relação ao tempo, estilo, ritmo e método de aprendizagem com o objetivo de conscientizá-lo de suas capacidades e possibilidades para a sua formação.
- Comunicação bidirecional, ou seja, o aprendiz não é um mero receptor de mensagens educativas e conteúdos planejados, produzidos e distribuídos por um centro docente, sem possibilidade de esclarecimentos e orientações; a atividade educativa, como processo de comunicação é bidirecional, o aprendiz pode responder às questões que lhe são propostas nos materiais instrucionais bem como propor um diálogo com o seu tutor, enriquecendo sua atividade de aprendizagem.
- Enfoque tecnológico, ou seja, a educação é otimizada pela tecnologia vista sob uma concepção processual planejada, científica, sistemática e globalizadora.
- Comunicação massiva, ou seja, as novas tecnologias da informação e os modernos meios de comunicação tornaram inesgotáveis as possibilidades de recepção de mensagens educativas, eliminando fronteiras espaço-temporais e propiciando o aproveitamento destas mensagens por grande número de pessoas dispersas geograficamente.

Diante do exposto, percebe-se que a EAD caracteriza-se pela auto-instrução e pela conservação didática guiada e bidirecional, fazendo com que o perfil, o nível e as necessidades do aprendiz norteiem a elaboração do material didático.

Como toda tecnologia, a EAD possui vantagens e desvantagens, apesar de no decorrer do texto ter sido evidenciado vantagens, salienta-se mais algumas:

- Redução ou eliminação das barreiras de acesso aos cursos ou nível de estudos;
- Diversificação e ampliação da oferta de cursos;
- Oportunidade de formação adaptada às exigências atuais, às pessoas que não dispõem de tempo para freqüentar a escola tradicional;



- Ausência da rigidez quanto aos requisitos de espaço; assistência às aulas, tempos e ritmos do aprendiz;
- Formação fora do contexto da sala de aula;
- Formação permanente e pessoal;
- Comunicação bidirecional freqüente, garantindo uma aprendizagem dinâmica e inovadora.
- A EAD apresenta algumas desvantagens, tais como:
  - Ocorre empobrecimento da troca direta de experiências proporcionada pela relação educativa pessoal entre o professor e o aprendiz;
  - Os resultados das avaliações à distância são menos confiáveis, levando em consideração as oportunidades de plágio e fraude;
  - Existe limitação em alcançar o objetivo da socialização, pelas escassas ocasiões para interação do aprendiz com o professor;
  - Os custos iniciais são altos, entretanto se diluem ao longo de sua aplicação.
  - Os serviços administrativos são, geralmente mais complexos.
  - Não há acompanhamento do desenvolvimento de habilidades manipulativas.

A EAD é a fonte alternativa para aperfeiçoamento do ser humano nas mais diversas áreas do conhecimento.

### **2.3 Inteligência Artificial na Educação (IA-ED)**

Atualmente, alguns autores distingue IA Clássica (IAC) e IA Distribuída (IAD). A IAC enfatiza a representação do conhecimento e de métodos de inferência, além disso, baseia-se no comportamento humano individual. A IAD enfatiza as ações e interações entre agentes e é baseada no comportamento social. A ênfase dada nesta tese é a IAD por se tratar de uma disciplina voltada ao desenvolvimento de métodos e técnicas que diz respeito à resolução de problemas simples e complexos trabalhados sob uma metáfora de inteligência coletiva.

A evolução tecnológica ocorrida nos últimos tempos ressaltou a necessidade de introduzir novas técnicas de ensino. O casamento entre os métodos e técnicas de IA com a concepção de ambientes de ensino-aprendizagem assistidos por computador é considerado por muitos autores como o marco inicial para o desenvolvimento do processo.

Nas décadas de 50-60 surgiram os primeiros sistemas de computador para auxiliar a aprendizagem humana, os sistemas CAIs (Computer Aided Instruction) baseado na idéia de instrução programada e apoiado na abordagem comportamentalista (behaviorista) (SKINNER, 1958), que relacionava conhecimento com comportamento observado e aprendizagem com um processo de reforço de comportamentos desejados através de estímulos e respostas (SELF, 1994).

Na década de 70, surgiram também os Micromundos (PAPERT, 1980), com a idéia de aprendizagem através da construção do conhecimento, considerando a idéia construtivista difundidas por Piaget (1970), (VYGOTSKY, 1978) contrariando a proposta pedagógica constituída pelos CAIs. Surge então, o primeiro projeto nessa linha, o ambiente LOGO<sup>1</sup> proposto por Seymour Papert no Massachusetts Institute of Technology (VALENTE, 1996).

Nas décadas de 70-80, surgiram as idéias cognitivas de aprendizagem que passaram a idéia de que "o conhecimento e o aprendizado tem relação direta com as estruturas e processos mentais interno" não observáveis. Tais estruturas e processos sendo considerados a causa dos comportamentos observados (COUTINHO, 1999). Baseados nessas idéias que são resultados da Psicologia Cognitiva e com a incorporação de recursos de Inteligência Artificial (IA), surgiu a área denominada de Instrução Inteligente Assistida por Computador (ICAI) que servia de base para os atuais Sistemas Tutor Inteligentes (STI) que por sua vez deram origem aos Sistemas Tutores Inteligentes Cooperativos e aos Ambientes de Aprendizagem Interativa e Inteligente (ILE).

Em (CARBONELL 1970), (SELF, 1974) foram ressaltados os primeiros trabalhos na área. Ilustra-se na Figura 2.1, uma visão simplificada para os Ambientes de Aprendizagem Assistido por Computador.

---

<sup>1</sup> Ambiente que oferece um micromundo gráfico representado por uma tartaruga que faz a interação com o aprendiz para resolver problemas.

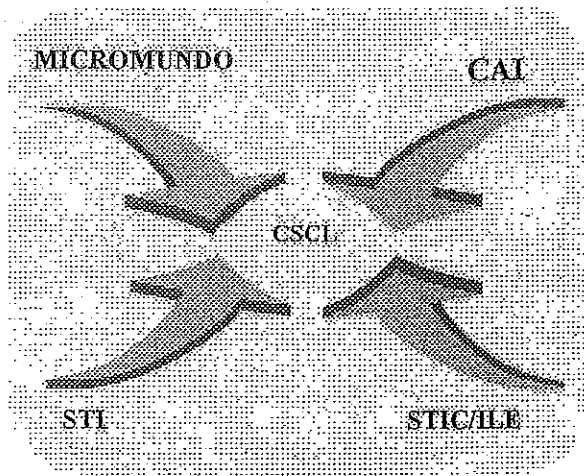


Figura 2.1 – Visão simplificada para os CSCL

Na seção seguinte descreve-se mais detalhes sobre os STIs.

Legenda:

CAI = Instrução Assistida por Computador.

STI = Sistemas Tutores Inteligentes.

STIC = Sistemas Tutoriais Inteligentes Cooperativos.

ILE = Ambiente de Aprendizagem Interativo e Inteligente.

CSCL = Aprendizagem Colaborativa Assistida por Computador.

## 2.4 Sistemas Tutores Inteligentes (STI)

Os STI utilizam os seguintes domínios de estudo: A IA, a Psicologia Cognitiva e a Pedagogia. A IA oferece os métodos e técnicas para permitir a representação e manipulação do conhecimento. A Pedagogia dá os métodos de ensino, e a Psicologia Cognitiva é a base para buscar o entendimento sobre indivíduos (aprendizes, professores, etc.). Ilustra-se na Figura 2.2, adaptada de (KEARSLEY, 1987), o posicionamento dos STI em relação a esses domínios.

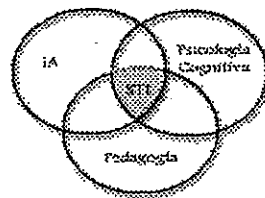


Figura 2.2 – Posicionamento do STI

Estes sistemas possuem como característica básica a representação de conhecimentos relacionados às questões: *o que ensinar?* *a quem ensinar?* e *como ensinar?* Estas questões são mapeadas em três módulos, que serão mostrados posteriormente nesta seção.

Conceitualmente, um STI é um sistema computacional que visa reproduzir o comportamento atribuído a um professor humano em um domínio de ensino específico. Segundo (SLEEMAN et al., 1982), um STI é um programa de computador que utiliza técnicas de IA para representar o conhecimento e para conduzir uma interação adaptativa com o aprendiz.

Com base nestas questões, vários pesquisadores têm proposto variantes que utilizam subdivisões nos módulos, bem como novas técnicas nas áreas de IA, linguagem natural e lógica. Para exemplificar, Goodkovsky, (1996) mostra uma ferramenta para STI com uma arquitetura modular baseada na teoria de controle *fuzzy* (ZADEH, 1988) (NASCIMENTO; COCHRANE; COCHRANE, 2000). Obter e manipular informações sobre o aprendiz é a chave para um ensino personalizado e inteligente em um sistema tutor. A representação dessas informações é chamada de modelo do aprendiz, ele é subdividido em cinco partes: Modelo do Conhecimento do Domínio, Modelo da Entrega do Conhecimento, Modelo da Gênese do Conhecimento, Modelo da Manifestação do Conhecimento e Modelo das Características Pessoais.

Chappell (1998), considera apenas os quatro componentes básicos de um STI – modelo pedagógico (é o conhecimento do sistema sobre como ensinar que torna possível o controle do progresso do tutor), modelo do domínio do *expert* (fornece o conhecimento que caracteriza o desempenho do *expert* no domínio, incluindo o conhecimento declarativo, procedural e habilidade operacional), modelo do aprendiz (representa os tutores correntes e o conhecimento desenvolvido pelo aprendiz) e o modelo de interface do tutor (fornece as interações entre o tutor e o aprendiz).

Geralmente, os STI são projetados para adaptar o ensino de um domínio específico de conhecimento para um aprendiz individual, ou seja, um modelo tutor-tutee (ou um-para-um).

A tecnologia STI define um campo de pesquisa multidisciplinar que necessita da aplicação de técnicas de IA objetivando a reprodução do comportamento de um tutor humano competente que adapta suas estratégias pedagógicas de ensino de acordo com o perfil do aprendiz. Por exemplo, os sistemas GUIDON para doenças infecciosas (CLANCEY, 1990), SOPHIE para diagnóstico eletrônico (BROWN et al., 1974), ALGEBRA para álgebra aplicada (LANTZ et al., 1983), WURSOR para relações lógicas (GOLDSTEIN, 1982).

Este modelo vem sendo criticado desde o fim dos anos 80: o computador deveria cooperar com o aprendiz para facilitar ao máximo a sua aquisição de conhecimento em lugar de só representar o papel de um professor autorizado.

O uso do computador como suporte ao ensino cooperativo é uma tecnologia recente que juntamente com os STI deram origem ao termo STI Cooperativos. Estes sistemas apresentam vantagens consideráveis sobre a abordagem tradicional, pois permitem a descentralização do tutor, ou seja, o tutor não é o único a repassar a informação, e promovem um ambiente de interações onde existe ajuda mútua entre todos os participantes do processo de ensino/aprendizagem.

#### 2.4.1 Arquitetura Geral de um STI

Na literatura, não existe uma concordância sobre a arquitetura geral dos STI clássicos, mas observa-se um consenso parcial com respeito à adoção dos seguintes módulos: o módulo do modelo do domínio, o módulo do modelo do aprendiz, o módulo do modelo pedagógico e a interface de comunicação entre o sistema tutor e o aprendiz (WENGER, 1987). Esses módulos serão abordados nos itens seguintes. A Figura 2.3 apresenta um esquema básico de um ambiente de STI convencional.

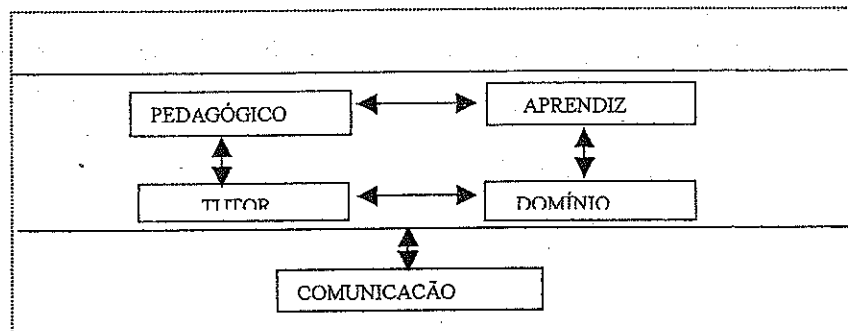


Figura 2.3 - Esquema básico de um STI convencional (adaptada de Wenger, 1987)

- O Módulo do Domínio

Também chamado de módulo do modelo do especialista. Este módulo é responsável pela questão *o que ensinar?* Nele representa-se o conhecimento especializado sobre um domínio de aplicação a ser trabalhado pelo tutor, as estratégias utilizadas são escolhidas de acordo com a natureza do domínio. Este módulo é a base para operacionalizar as funções pedagógicas, tais quais, resolução de problemas, de diagnóstico cognitivo e de instrução.

- O Módulo do Aprendiz

Este módulo é responsável pela questão, a quem ensinar? É uma representação abstrata sobre o conhecimento e desempenho do aprendiz que vai sendo construído pelo sistema no momento em que acontece a interação. O objetivo é determinar o atual estado de conhecimento e comportamento do aprendiz, ou seja, o estado cognitivo para verificar o que ele sabe, o que não sabe, o que não entendeu ou entendeu mal (COSTA, 1997).

O modelo do aprendiz é reconhecido como o componente mais importante e fundamental para um STI, o que justifica uma série de pesquisas que vêm sendo desenvolvida no sentido de aperfeiçoar e incorporar novas técnicas na construção de tal modelo.

Existem atualmente vários modelos que refletem uma visão unilateral do aprendiz, o mais usado nos STI é o modelo de *Overlay* (WENGER et al., 1987) representando apenas as concepções ausentes do aprendiz. Este modelo considerará o conhecimento do aprendiz como uma sobreposição ao domínio do especialista, limitando assim, espelhar o conhecimento do aprendiz sobre um determinado assunto.

Com o objetivo de aperfeiçoar o modelo *Overlay*, foi proposto o modelo de Perturbação que usa a mesma perspectiva, considerando um conhecimento relacionado com os erros do aprendiz, ou seja, representa as concepções ausentes e as incorretas. No entanto, existe ainda uma limitação na estrutura e gerência de sua biblioteca de erros (MARIETTO et al., 1997).

O capítulo 4, aborda especificamente a modelagem do aprendiz.

- Módulo Pedagógico

Este módulo é responsável pela questão *como ensinar?* significa dizer, que está relacionado com as estratégias de ensino/aprendizagem que serão adotadas sobre o domínio de uma aplicação. Estas estratégias estão diretamente ligadas aos esquemas de planos e definição das formas de aprender o material instrucional (OLIVEIRA et al., 1992), ou seja, controla a representação do conhecimento instrucional para selecionar e sequenciar o assunto a ser apresentado.

A funcionalidade deste módulo compreende basicamente a decisão sobre qual atividade pedagógica apresentar, como deve ser apresentada a partir de informações fornecidas pelos modelos do aprendiz e do domínio e como deve ser feita a avaliação.

A partir das informações contidas no modelo do aprendiz e do conhecimento armazenado no modelo do domínio, este módulo seleciona e dá a seqüência ao assunto a ser apresentado e o envia ao módulo da interface.

- O Módulo do Tutor

Este módulo é responsável em repassar o conteúdo ao aprendiz. Ele gera as ações personalizadas para cada aprendiz. O tutor artificial simula o comportamento do tutor humano.

No sistema Meno-Tutor definido por Woolf em (WOOLF et al., 1992), é modelado uma rede de gerenciamento para o discurso do tutor, que apresenta quarenta estados interligados entre si, de maneira hierárquica, passando pelos níveis pedagógicos, estratégicos e táticos. Nesta rede, os nós ou estados correspondem às ações tutoriais que constituem os componentes básicos de uma teoria de diálogo de tutores. Assim todas as ações tomadas são previstas pelo tutor nas diversas situações com o aprendiz. O módulo do tutor interage diretamente com o modelo pedagógico, a fim de se atualizar sobre as estratégias pedagógicas e também com o modelo do domínio para obter o conteúdo da aula e/ou atividades a serem transmitidas aos aprendizes.

- O Módulo de Comunicação (Interface)

Este módulo representa a interface de comunicação entre o STI e o aprendiz. Segundo (MILLER apud POLSON, 1988), pode-se projetar a interface em duas formas: (1) interface gráfica, onde os botões e ícones simbolizam uma determinada ação, permitindo assim que o aprendiz realize tarefas mais complexas de maneira simples; (2) a realização de tarefas deve ser concretizada através de mensagens que o aprendiz fornece ao computador, geralmente por frases digitadas.

A escolha da interface é de fundamental importância no processo ensino/aprendizagem e dependerá da aplicação pretendida.

## 2.4.2 Tendências nas Pesquisas em STI

As pesquisas na área de STI têm evoluído bastante. Os STIs continuam em constantes mudanças incorporando a eles, a visão da aprendizagem cooperativa, (DILLENBOURG, et al., 1994). Para obter-se uma melhor visão sobre essas grandes mudanças, Self, em (SELF, 1999) faz uma comparação das palavras-chave mais usadas nos títulos dos artigos das Conferências ITS'88 e ITS'99. O resultado indica que as questões gerais do projeto de STI deixaram de ser o foco principal, no seu lugar estão, as aplicações com o emprego de novas tecnologias, em especial a de agentes inteligentes; novos ambientes e estilos de sistemas, tais quais os sistemas cooperativos. Percebe-se então uma grande ampliação das fronteiras na área de STI.

As novas tecnologias utilizadas em STI, têm sido motivo de vários estudos para construção de várias outras. Murray (1999) apresenta uma categorização das ferramentas de apoio e autoria, enfatizando seus pontos fortes e fracos, bem como possíveis variações. Percebe-se então, que os STI não são mais construídos apenas orientados ao currículo, mas existem novas aplicações que envolvem solução de problema, uso de simulação e STI para *World Wide Web* ou *Web*.

Várias pesquisas estão sendo orientadas para a construção de STI para a Web. Muitos, dos já existentes em *stand-alone* foram convertidos para o uso na Web (BRUSILOVSKY et al., 1993).

Um ponto interessante definido em (KOEDINGER et al., 1999) é a combinação de três tipos de sistemas independentes: sistemas de simulação, onde são realizados experimentos e dados são coletados; e ferramentas de construção de representação para permitir que os dados sejam analisados e modelos conceituais expressos e avaliados; e agentes de tutoria para ajudar o aprendiz na obtenção de habilidades intelectuais tais como, estratégia de experimentação, escolha de ferramentas de representação, geração de hipótese e argumentação.

Baseado nos diversos enfoques em termos de teoria de aprendizagem e aplicações dos STI, é que se busca um STI mais efetivo com a incorporação de aspectos de cooperação entre os aprendizes.



## 2.5 Ensino-Aprendizagem Cooperativo

### 2.5.1 Ensino Tradicional vs. Ensino Cooperativo

De acordo com a história humana, o homem primitivo instintivamente já tinha noção de conjunto, pois vivia em bando, em cooperação na caça, na coleta de insetos, raízes e sementes completando assim, sua produção alimentar, conseqüentemente, esses bandos evoluíram, “*se congregaram em grande número para cooperar nas escavações e no levantamento de represas*” (MCNEILL, 1967). Portanto, a idéia de colaboração, compartilhamento, coletividade, agrupamento, agregação, cooperação é uma característica inerente do ser humano no decorrer da História da Humanidade.

A cooperação é uma das atividades humanas mais importantes, porém, nas salas de aula tradicionais a cooperação é vista como uma forma de “pesca”. A competição para a recompensa é o comportamento dominante nas salas de aula; o que implica que o sucesso de um aprendiz reduza a chance de recompensa dos outros. No processo de ensino/aprendizagem tradicional o professor usa diversas metodologias para repassar o conhecimento ao grupo, mas esse grupo é avaliado individualmente. Isto porque, o ensino tradicional é fundamentado em instruções individualizadas.

Várias estratégias pedagógicas de ensino cooperativo foram definidas (PASCAL et al., 1996), (ESMA et al., 1995), (LABIDI et al., 1998a). Por exemplo: o método *Jigsaw* onde os aprendizes após assistirem a aula, dividem-na em partes, para que cada um possa apresentar ao grupo o conteúdo estudado (JOHNSON et al., 1994).

No processo de aprendizagem tradicional o foco principal não é a cooperação, apesar de existir o trabalho em grupo, percebe-se que os elementos do grupo não interagem com o objetivo de se ajudar mutuamente, nem todo grupo é cooperativo, a cooperação tem um sentido mais amplo, significa trabalhar juntos para alcançar um objetivo comum. Para diferenciar os grupos de aprendizagem tradicional dos grupos de aprendizagem cooperativa, são apresentadas algumas características que o grupo cooperativo deve possuir (JOHNSON et al., 1994), são elas:

- **Interdependência-positiva**

Significa dizer, que o sucesso de um depende do sucesso do outro, ou seja, todos precisam saber do tema em questão, existe claramente uma preocupação de um participante da equipe com o seu colega.

- **Responsabilidade Individual e em Grupo**

A responsabilidade individual é a chave para assegurar que cada componente do grupo receba e promova um reforço cooperativo em seu aprendizado, ou seja, o indivíduo avaliado será reconhecido pela sua contribuição dada ao sucesso do grupo.

- **Interação direta**

É essencialmente necessário que haja um auxílio efetivo e eficiente entre os aprendizes, ou seja, a troca de recursos, assistência, cumplicidade mútua para que as informações sejam processadas dinamicamente.

- **Processamento de Grupo**

É necessário saber se ações dos membros dos grupos foram ou não bem sucedidas a fim de decidir que ações deverão continuar ou mudar. O objetivo é verificar a participação ativa dos membros do grupo. Através do processamento de grupo, é possível (FERREIRA, 1998): avaliar a qualidade da interação entre os membros do grupo; examinar o processo pelo qual o grupo trabalha; determinar os objetivos e prover efetividade ao grupo; e verificar a real situação do grupo no que se refere ao aprendizado.

- **Habilidade Social**

São evidenciadas todas as formas do membro do grupo interagir com os colegas a fim de realizar determinada atividade (KESSLER, 1992). Em (ELLIS et al., 1990), os autores sugerem algumas etapas para o desenvolvimento dessas habilidades (FERREIRA, 1998), são elas:

- Definir a habilidade de acordo com o nível do aprendiz;
- Ajudar o aprendiz a reconhecer a importância da habilidade ensinada pelo professor;
- Pedir aos aprendizes que descrevam as habilidades
- Praticá-las;
- Discutir e reconhecer o esforço do aprendiz;

- Repetir a prática tantas vezes quantas forem necessárias.

É importante ressaltar que a habilidade social reforça a independência e a interatividade existente entre os membros do grupo. Por exemplo, agradecer a apreciar a contribuição de colegas, verificar o consenso sobre uma determinada idéia, manter o grupo ocupado, manter o diálogo, mediar as discussões no grupo, etc.

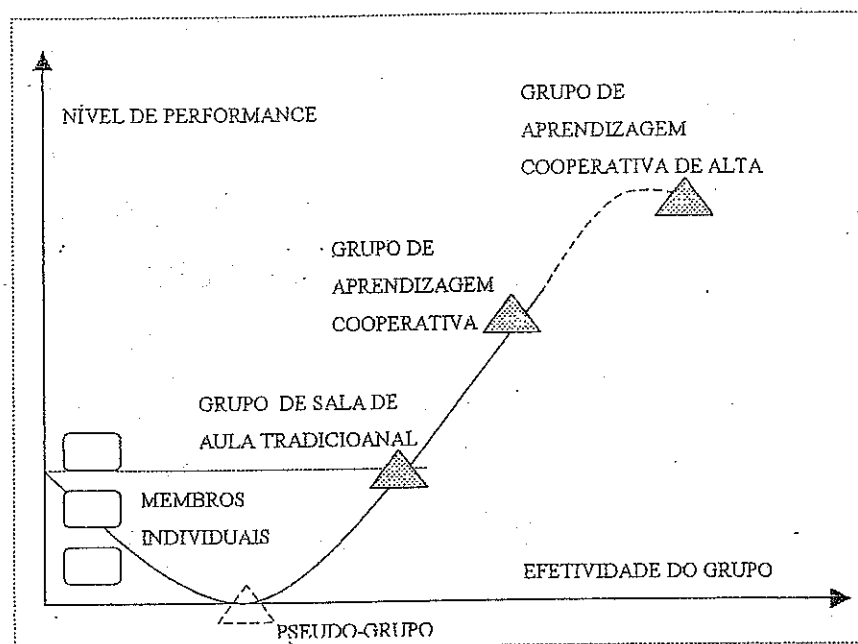


Figura 2.4 – Curva de desempenho de Grupos Cooperativos

A cooperação vai além de grupos de estudos ou mesmo de equipes reunidas em uma sala de aula, isto porque nem todo grupo é cooperativo. Não basta haver equipes reunidas em uma sala de aula para que o processo ensino/aprendizagem torne-se cooperativo. Alguns pesquisadores efetivaram suas pesquisas no sentido de verificar o desempenho entre os grupos tradicionais e os grupos cooperativos: Como resultado, foi demonstrado um gráfico de curva de performance (ver Figura 2.4), que mostra a diferença entre os mesmos (JOHNSON et al., 1994).

A curva demonstra o desempenho de quatro tipos de grupos de aprendizagem: o pseudogrupo, o grupo de sala de aula tradicional, o grupo de aprendizagem cooperativa e o grupo de aprendizagem cooperativa de alto desempenho. Os membros individuais, referenciados no gráfico, mostram o desempenho relativo desses aprendizes em relação ao pseudogrupo. Para melhor esclarecimento, veja a descrição abaixo:

- **Pseudo-Grupo**

Caracteriza um grupo sem o compromisso de compartilhar tarefas, trocar conhecimentos e experiências (a soma do potencial do grupo é menor que o potencial individual de cada um).

- **Grupo de Sala de Aula Tradicional**

Caracteriza um grupo que aceita trabalhar junto, mas a interdependência dos membros é baixa.

- **Grupo de Aprendizagem Cooperativa**

Caracteriza mais que a soma de suas partes, ou seja, trabalham juntos compartilhando informações. Adotam a seguinte filosofia: *se um falhar, todos falham*. Nesse grupo, a ênfase é dada tanto à responsabilidade de grupo quanto individual (JOHNSON et al., 1994).

- **Grupo de Aprendizagem Cooperativa de Alto Desempenho**

Caracteriza um grupo que atende a todos os critérios de um grupo de aprendizagem cooperativa, possuem um alto grau de entrosamento e consequentemente os resultados de seus trabalhos são mais eficientes.

## 2.5.2 Papel do Professor no Ensino Cooperativo

No ensino cooperativo computadorizado, o tutor deixa de ser o detentor absoluto do conhecimento, pois permite ao aprendiz, trocar experiências com o tutor e com os demais aprendizes, promovendo assim, uma cumplicidade no sentido de somar, contribuir, cooperar e aprender uns com os outros.

No ensino cooperativo, o papel do professor vai além da posição de destaque à frente dos aprendizes repassando conteúdo. Ele atua de forma mais interativa, criando grupos de aprendizagem e monitorando-os para assegurar que cada componente do grupo assimile o conteúdo transmitido e reforce, caso haja necessidade, seus colegas do grupo.

No ensino cooperativo o professor assume diferentes papéis, dentre os quais:

- **O Professor como criador**

O professor deve criar e manter uma sala de aula cooperativa e bem estruturada, com objetivos claros e tarefas bem planejadas. O grupo deve ser escolhido com cuidado para favorecer o aprendizado, bem como as regras ou estratégias que irão orientá-los.

- **O Professor como investigador**

O professor deve conhecer bem as habilidades, interesses, necessidades etc., dos aprendizes antes de iniciar a aula para que possa tirar o maior proveito possível do ensino cooperativo. Ele deve analisar, questionar, ensinar, aprender e ser dinâmico perante os aprendizes. Alguns educadores estão redefinindo o papel do professor, examinando as estruturas das salas de aula e, conseqüentemente a maneira de ensinar e aprender.

- **O Professor como observador**

O professor deve observar, ouvi-los, fazer o acompanhamento do grupo com o objetivo de identificar os interesses, preferências, necessidades e falhas de seus componentes. Essa observação deve ser ativa com questionamentos a respeito do que está sendo feito (MOORMAN et al., 1983). É também uma forma de auto-avaliação do professor na medida em que estabeleça comparações entre o resultado previsto e o obtido.

- **O Professor como facilitador**

O professor deve estar preparado para intervir quando necessário dando assistência no processo de solução de problemas. Ele pode ser visto como um visitante encorajador que interage, reforça, questiona, esclarece enfim faz com que o aprendiz tenha mais interesse em aprender. Nos grupos cooperativos, o facilitador além de redirecionar o grupo com novas questões, motiva-o a analisar, também é responsável em gerenciar conflitos no mesmo (COHEN, 1986).

- **O Professor como agente de mudança**

O professor deve reformular a sala de aula para permitir que esta se torne um local onde haja questionamentos avaliativos, favorecendo o entrosamento entre professor e aprendiz. O professor passa a ser o fator de transformação na sala de aula e assume o papel de educador/pesquisador (BISSEX et al., 1987).

Segundo Johnson et al. (1994), o papel do professor está dividido em cinco fases:

1. Especificar os objetivos da aula;

2. Tomar decisões sobre a distribuição dos grupos antes da lição a ser ensinada;
3. Explicar a estrutura e o objetivo da tarefa que será executada pelo aprendiz;
4. Monitorar a cooperação nos grupos e intervir para prover assistência quando necessário;
5. Avaliar e auxiliar os aprendizes nas discussões uns com os outros.

### 2.5.3 Aprendizagem Cooperativa

Para que haja realmente uma aprendizagem cooperativa, é necessário atentar-se para o sentido das palavras colaboração e cooperação, termos muito utilizados em diversas áreas do conhecimento. Possuem significados distintos nestes contextos e podem levar a uma interpretação errônea. Observa-se também a constituição de grupos, pois nem todo grupo é cooperativo, mesmo estando reunido em um mesmo ambiente. Somente os elementos básicos, tais como, interdependência positiva, responsabilidade individual, habilidades sociais, e processamento de grupo caracterizam uma aprendizagem cooperativa efetiva.

Existem controvérsias no que se refere às diferenças e semelhanças de cooperação e colaboração, quando se destinam ao campo educacional. Alguns autores as têm como sinônimos outros, atribuem conceitos diferentes. Para Ferreira (1986, *apud* BARROS, 1994) “*Colaboração significa trabalho em comum com uma ou mais pessoas; Cooperação; auxílio; contribuição*” percebe-se aqui que o autor não faz diferença entre os termos.

Entretanto, para Kaye (1991, *apud* BARROS, 1994): “*Colaborar (co-labore) significa trabalhar junto, que implica no conceito de objetivos compartilhados e uma intenção explícita de somar algo, criar alguma coisa nova ou diferente através da Colaboração, se contrapondo a uma simples troca de informação ou passar instruções*”. Para a autora, a colaboração tem caráter recursivo e as distinções feitas por Barros sofrem uma fusão resultando em um só conceito, pois “*somar algo*” é o conceito de Colaboração e “*objetivos compartilhados*” e o conceito de Cooperação definido pela mesma autora, Barros (1994) é definido que a Colaboração está relacionada com contribuição e Cooperação vai além de atingir o significado de colaboração, envolve o trabalho comum visando alcançar um objetivo comum.

Para Vigotsky *apud* Maçada & Tijiboy (1987), a colaboração entre pares ajuda a desenvolver estratégias e habilidades gerais de soluções de problemas pelo processo cognitivo implícito na interação e na comunicação. Para o autor a linguagem é fundamental na estruturação do pensamento, sendo necessária para comunicar o conhecimento, as idéias do indivíduo e para atender o pensamento do outro envolvido na discussão e na conversação. Para eles, o aprendizado é, por natureza, um fenômeno social e o novo conhecimento é construído a partir da interação entre pessoas engajadas no diálogo.

Para Piaget *apud* Maçada & Tijiboy (1987) :

cooperação é definida como co-operação, isto é, cooperar na ação é cooperar em comum. A cooperação caracteriza-se pela coordenação de pontos de vistas diferentes, pelas operações de correspondência, reciprocidade ou complementaridade e pela existência de regras autônomas de condutas fundamentadas de respeito mútuo.

Esta interação se constitui numa ação e, portanto, requisita a inteligência do aprendiz. São diferentes as interações do aprendiz conforme estejam baseadas em esquemas de construção autônoma do conhecimento. Para que haja uma cooperação real é necessário, a existência de uma escala comum de valores, a conservação da escala de valores e a existência de reciprocidade na interação.

Baseado nos conceitos ora apresentados, torna-se necessário ressaltar que Cooperar vai além uma simples colaboração, é se fazer presente em todas as etapas do desenvolvimento até a conclusão de uma determinada tarefa. Segundo Green (1996), o Ensino Cooperativo ou Aprendizagem Cooperativa,

É a organização da classe em pequenos grupos que trabalham construindo o seu próprio conhecimento, sob a orientação do professor e desenvolvendo várias habilidades de interação, aprendizado e cooperação de acordo com instruções específicas. O sucesso da aprendizagem, cooperativa se baseia em alguns elementos principais: a interdependência positiva, a responsabilidade individual, o desenvolvimento das habilidades e valores, a participação equalitária, a dinâmica do grupo e a interação entre seus membros.

Convém ressaltar que esta nova tendência independe do uso de novas tecnologias, exige basicamente uma postura pedagógica inovadora e sem preconceitos “na qual a educação deve suportar uma aprendizagem baseada em cooperação, colaboração e descobertas” (JOHNSON *apud* LABIDI et al., 1998).

## 2.6 Ambientes de Ensino-Aprendizagem Cooperativo Computadorizado

No século XIX, a expressão *trabalho cooperativo* foi empregada pela primeira vez pelos economistas da época, fazendo parte das ciências sociais. Para eles era a denominação geral e neutra do trabalho envolvendo múltiplos atores. Deduz-se que o trabalho cooperativo pode ser definido como toda e qualquer atividade desenvolvida em conjunto por um grupo de pessoas, interagindo uma com as outras, que tem um objetivo comum.

Nos dias atuais, os serviços das redes de comunicações têm potencializado o trabalho cooperativo. Conforme Wilson (1991), *CSCW* "é um termo genérico que combina compreensão da maneira de trabalho de um grupo de pessoas com a tecnologia permitida pela rede de computadores, ferramentas, softwares e técnicas de serviços associados".

A partir dessas idéias, é mediante o uso do computador como suporte ao ensino surge o novo paradigma para a área de ensino, *CSCL* (*Computer Supported Collaborative Learning*), que difere de *CSCW* que está voltado para ambientes de trabalho, possuindo uma atitude mais passiva em relação às contribuições recebidas, apenas providenciam e organizam a transmissão destas informações. Já o *CSCL*, está voltado para ambientes educacionais, onde, além de realizar tarefas, analisa e direciona as entradas de acordo com o conteúdo.

Várias abordagens foram propostas. É sugerido, por exemplo, que esta cooperação possa ser realizada usando o conceito de documentos eletrônicos (BOY, 1997). Os diferentes autores de uma sessão de ensino podem interagir por envio de documentos. Esses documentos são considerados como mediadores que permitam a troca de pontos de vista e conceitos entre os participantes. Como exemplo de tais sistemas, são os desenvolvidos na Universidade de Michigan (BIRMINGHAM et al., 1994). Um outro trabalho que define a noção de salas de aula eletrônicas pode ser visto em (SHAW, 1995).

No ensino cooperativo computadorizado, idéias e tendências são abordadas, dentre as quais citam-se (FERREIRA, 1998):

- Aprendizagem com uma companhia artificial defendida por (CHAN et al., 1990) onde a idéia é introduzir um co-aprendiz no processo ensino/aprendizagem para permitir a troca de experiências de forma que o aprendiz, através da interação possa assimilar de maneira mais rápida.
- Aprendizagem por ensino defendida por (PALTHEPU et al., 1991) onde a idéia é encorajar o aprendiz humano a ensinar o aprendiz artificial através de exemplos, análises, críticas e opiniões sobre as soluções de problemas.



- Desenvolvimento de classe de aula eletrônica defendida por (SHAW, 1995) onde a idéia é colocar um computador como tutor que controla os aprendizes da classe de aula eletrônica, determinando os participantes das aulas e os acessos.
- Cooperação em um ambiente de aprendizagem defendida por (LEROUX et al., 1996), onde a idéia é dispor de dois espaços cooperativos, um global e o outro local. No espaço global, a interação ocorre entre o professor e os vários espaços de cooperação local, já no espaço local, a cooperação ocorre entre um grupo de aprendizes (2 ou 3 pessoas) e um assistente pedagógico artificial. A noção central do modelo é o espaço de cooperação onde existem colaborações e/ou cooperações em todos os níveis.
- Tecnologia Computer Supported Collaborative Work – CSCW defendida por (GREIF, 1988), onde a idéia é obter o máximo de proveito possível no processo de trabalho em grupo nas dimensões de espaço e tempo. Enfatiza mais a interação das pessoas do que a própria tecnologia. Inclui várias tecnologias e conceitos dentre os quais: realidade virtual, multimídia, rede de computadores, inteligência artificial etc.

Existem vários estudos sobre ambientes de aprendizagem eletrônico que integram atividades de processamento de informações às tecnologias de comunicações. Santoro em (SANTORO et al. 1998) cita alguns destes ambientes que estão voltados à aprendizagem cooperativa dentre os quais, apresentam-se:

- **CLARE** (Collaborative Learning and Research Environment): objetiva facilitar a aprendizagem através da construção colaborativa de conhecimento, utilizando uma linguagem de representação semi-formal chamada RESRA (Representational Schema of Research Artifacts) e um modelo explícito de processo para aprendizagem colaborativa de textos científicos chamada SECAI (Summarization, Evolution, Comparison, Argumentation and Integration). Desta forma, o nível de colaboração cresce e uma base de conhecimento é formada, concomitantemente, na proporção em que os aprendizes passam pelas atividades no modelo SECAI.

- **CaMILE** (Collaborative and Multimedia Interactive Learning Environment): objetiva estimular a aprendizagem através de fóruns de discussões com grupos múltiplos ou uma classe inteira utilizando um *browser* Web acessado a um servidor. Este ambiente possui como característica principal apoiar a colaboração ancorada, isto significa que o endereçamento direto de notas permite que páginas Web possuam

*hiperlinks* para um contexto de discussão CaMILE, além das âncoras exercerem também o papel de índices e lembretes do que foi discutido pelos aprendizes sobre um determinado contexto (GUZDIAL, 1995).

- **N.I.C.E** (Narrative, Immersive, Constructionist, Collaborative Enviroments), cujo objetivo é construir ambientes virtuais para crianças, tendo como base a teoria de Piaget – aprendizagem construtivista e técnicas de narrativa e colaboração. Assim, o construcionismo está relacionado à forma como os aprendizes adquirem conhecimento através da participação em tarefas onde são estimulados a construir, manipular e explorar objetos (ROUSSOU, 1997).

- **CSILE** (Computer-Supported Intentional Learning Environments): cujo objetivo é capacitar o aprendiz a produzir informações, formular questões, prover feedback e avaliações, e organizar o conhecimento na base de dados coletiva. Criado com base no construtivismo no qual os aprendizes participam com ênfase na elaboração do conhecimento junto com o professor. Ele possui três linhas de pesquisa: a aprendizagem intencional (tentativa de alcançar um objetivo ativamente, diferente de simplesmente tentar se sair bem em tarefas ou atividades escolares); o processo de especialização (processo de solução progressiva de problemas e avanço além dos limites de competência atuais); e a reestruturação de escolas como comunidades de construção de conhecimento (COMPUTER-SUPPORTED, 2002).

- **Collaboratory Notebook**: cujo objetivo é desenvolver projetos científicos, dialogar sobre um projeto, ajudar aprendiz, professores e cientistas a compartilharem questionamentos sobre os limites do tempo e do espaço no “laboratório do cientista”. Baseia-se na teoria da cognição situada onde a prática da ciência possui dimensões sociais relevantes. Visto que a articulação de idéias entre os componentes do grupo é de fundamental importância ocasionando assim, uma série de argumentos propositais em colaboração com outros, principalmente no que concerne à escrita (EDELSON, 1995).

- **Belvedere**: objetiva construir representações de relações lógicas e retóricas dentro de um debate e prover os estudantes com formas concretas de representar componentes abstratos e relacionamentos entre teorias e argumentos. Visa facilitar a autoria de fontes de conhecimento on-line que podem ser acessadas e copiadas pelos aprendizes. Tem como teoria a aprendizagem baseada em problemas e combina três abordagens para aprendizagem: aprendizagem colaborativa, aprendizagem guiada e aprendizagem

baseada em problemas (forma de *learning-by-doing*), sendo cada um destes aspectos coberto por uma categoria de software educacional dentro do ambiente: *groupware* para aprendizagem, tutor inteligente e simulação (BELVEDERE, 2002).

- **HyCLASS**: visa realizar experimentos virtuais e procedimentos de tarefas criativas, criar objetos dinamicamente, modificar e ativar/desativar suas propriedades e comportamentos. Este ambiente não faz referência quanto à teoria da aprendizagem abordada, possui como característica um método próprio de comunicação, os aprendizes se comunicam em tempo real (através de chat ou vídeo/voz conferência), através de manipulação de objetos comuns no espaço virtual (HOSOYA, 2002).

- **SMILE/Web-SMILE**: objetiva prover suporte para o processo de desenvolvimento de projetos. É a junção de dois outros ambientes, o PABLO (ambiente colaborativo síncrono que suporta atividades de escrita de notas para aprendizagem baseada em problemas) e WebCaMILE (ambiente colaborativo assíncrono que provê um fórum para compartilhamento, discussão e reflexão). Fundamenta-se na teoria de aprendizagem baseada em problemas, donde a aprendizagem se inicia com um problema a ser resolvido. Uma característica deste ambiente é que o mesmo é constituído por uma variedade de ferramentas, sendo cada uma dirigida para um só tipo de atividade (GUZDIAL, 1997).

- **JavaCAP**: objetiva tornar os aprendizes capazes de desenvolver casos colaborativamente e compartilhar suas experiências, enquanto aprendem ciências através da solução de problemas e projetos, possibilita descrever experiências como se estivessem escrevendo um roteiro através de uma sessão de autoria, pode acrescentar elementos multimídia em uma cena e publicar seus casos na Web, prover facilidades para articulação dos aprendizes e promover reflexão e habilidade meta-cognitivas. Não faz referência quanto à teoria de aprendizagem, entretanto, deixa transparecer através das Bibliotecas de Casos (*case libraries*) uma forma de se aplicar à metodologia da argumentação baseada em casos (*cased-based reasoning*) em educação (SHABO, 2002).

- **PENCACOLAS** (PEN Computer Aided Composing COLLaborative System): permite reconhecer a convergência entre a escrita cooperativa e aprendizagem, utilizando a técnica de *pen-computing*. Enfoca a construção do conhecimento através de edição cooperativa de documentos, disponibilizando mecanismos de *awareness*, além de todas as fases que fazem parte do processo de escrita (BLASCO, 2002).

• **DIALOGUE MONITOR**: objetiva atuar como um aprendiz simulado, colaborando com um estudante real na solução de um problema, baseia-se na teoria de aprendizagem em problemas/instrução ancorada e cognição situada, a qual, sempre se inicia com um problema a ser resolvido (âncora ou foco), centrada no aprendiz e contextualizada. A ênfase deste ambiente consiste em priorizar a comunicação e a interação entre o sistema e o educando.

• **ARIADNE**: objetiva apoiar a investigação sobre a aprendizagem colaborativa de habilidades para a busca de informações, permite a observação, registro, análise e experimento do processo de aprendizagem colaborativa, prover oportunidades e efetivação da aprendizagem colaborativa e envolve dois processos: aprendizagem sobre o domínio em questão e a aprendizagem sobre como localizar informação. Quanto a teoria de aprendizagem não existe um referencial explícito (ARIADNE, 2002).

• **ARCOO** (Aprendizagem Remota Cooperativa Orientada a Objetivos): objetiva apoiar a aprendizagem cooperativa em ambientes distribuídos com fins de solucionar problemas e realizar projetos, sua teoria é baseada em problemas. A sua utilização será em tarefas presenciais e remotas com o propósito de auxiliar tarefas cooperativas sob a orientação de tutores tendo como meta alcançar os objetivos de aprendizagem (BARROS; BORGES, 1995).

• **SAACI** (Sistema de Apoio à Aprendizagem Colaborativa na Internet): objetiva prover um conjunto de funcionalidades básicas capazes de suportar o desenvolvimento de atividades de aprendizagem colaborativa na Internet. As suas funcionalidades são: comunicação síncrona e assíncrona entre membros de um grupo; suporte à tomada de decisões; suporte à representação dos conhecimentos de um grupo; suporte ao compartilhamento de informações entre o grupo; suporte à coordenação do grupo e suporte à percepção da presença e ações do grupo. Não explicita sua teoria de aprendizagem (SAACI, 2002).

• **AlgoArena**: objetiva transmitir noções de projeto de software para iniciantes através do desenvolvimento da habilidade para o pensamento algorítmico e a visão sistemática

das coisas, permite programar as ações através da linguagem de programação LOGO<sup>2</sup>. Baseia-se na teoria da cognição situada, priorizando a importância do ambiente (compreendido pelos contextos sociais e físico) no processo de aprendizagem (AKIKO; HIROSHI, 2002).

• **PIE** (Probability Inquiry Environment): objetiva prover suporte a representações textuais e gráficas para ajudar os aprendizes no processo de construção de argumentos que reflitam um entendimento padronizado. Baseia-se na teoria de cognição situada e o modelo de cooperação é a solução de problemas (PIE, 2002).

• **AULANet**: trata-se de um ambiente de criação e manutenção de cursos à distância baseado na Web, suas premissas básicas são: interatividade dos cursos; o conteúdo do curso pode ser reutilizado; os recursos para a criação dos cursos devem ser os mesmos utilizados em sala de aula, acrescidos de outros disponíveis no ambiente Web (ex. *hiperlinks, chats, newsgroups*). Oferece conjunto de recursos que permitem maior funcionalidade na criação de cursos, tais como, salas de *chat, newsgroups*, listas de discussão, vídeos e agenda de eventos e provas, bem como os mecanismos de comunicação, cooperação de coordenação. Entretanto não faz um acompanhamento sobre o aprendizado do aprendiz no decorrer do curso (AULANET, 2002).

• **LearningSpace**: trata-se de um ambiente para criação de cursos on-line desenvolvido pela Lotus/IBM. Possui recursos tais como: *schedule* (define os objetivos para os trabalhos do curso e atribui recursos, testes, exames e auto-avaliação aos participantes, o aprendizado é baseado em equipes ou com ritmo individualizado); *mediacenter* (é uma base de conhecimentos compartilhada que contém e gerencia uma grande variedade de formatos de mídia); *classroom* (ambiente interativo e facilitador que permite às equipes trabalharem colaborativamente nas atribuições do curso); *profiles* (banco de dados que ajuda a criar a comunidade online e a familiaridade através da coleta de dados sobre os participantes); *assessment manager* (ferramenta para uso do instrutor que permite criar e revisar testes, pesquisas e auto-avaliações e gerenciar o processo de pontuação); *learningSpace central* (módulo multifuncional que contém e

---

<sup>2</sup> é uma linguagem que inclui o paradigma de programação lógica ao ambiente logo que tem o sentido de integrar diversos ambientes computadorizados com fins educacionais.

disponibiliza ferramentas de gerenciamento de cursos, bibliotecas personalizadas e ferramentas de administração) (IBM LEARNSPACE, 2002).

- **WebCT**: trata-se de um ambiente de criação de cursos educacionais, facilita o desenvolvimento de cursos on-line. Permite a criação e a colocação do conteúdo do curso na Internet pelo professor, cadastramento de alunos que estão participando do curso em questão para possibilitar sua interação e comunicação entre alunos e professor, através das ferramentas de trabalho em grupo (fóruns de discussão, chat, palestras on-line). Foi criado em 1995 na Universidade de British Columbia, Vancouver, Canadá, com o objetivo de atender às necessidades do meio acadêmico, mas em 1997 foi lançado comercialmente pela empresa WebCT (WEBCT, 2002).

- **TelEduc**: trata-se de um ambiente de suporte para ensino-aprendizagem à distância pelo qual se pode realizar cursos através da Internet. Desenvolvido conjuntamente pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação (Nied) e pelo Instituto de Computação (IC) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Possibilita uso por pessoas não especialistas em computação, fornece conjunto de ferramentas de comunicação como *e-mail*, mural, portfólio, bate-papo e outros. Através da ferramenta que disponibiliza atividades, oferece subsídios de diferentes materiais didáticos tais como texto, software, referências na Internet que podem ser colocadas aos aprendizes como material de apoio, leitura etc (TELEDUC, 2002).

- **ACVA**: Arquitetura de uma Classe Virtual Adaptativa (ACVA) considera duas classes de *sites* em um ambiente *multi-site* para educação a distância. a) O *site* central composto de um conjunto de componentes reusáveis denominados de: SITB (do inglês: Service Independent Training Building Block). Esse *site* representa um servidor de entidades a serem reutilizadas (as entidades são de natureza didática, como: definições, exemplos, questões de escolha múltipla, questionários, entre outros). Na ACVA é considerada que uma classe virtual é composta de diversos grupos heterogêneos, onde cada grupo permite que um conjunto de estudantes, participem de uma sessão de ensino-aprendizagem. Tal arquitetura é dita adaptada ou personalizada porque permite e controla a mobilidade lógica dos estudantes dentro dela (mudanças intergrupo e intra-grupo). Trabalha com o conceito de camadas, onde cada uma pode ser considerada um sub-sistema particular, representada por um conjunto de elementos. Estas camadas são:  
Camada de Suporte: Esta camada permite o armazenamento da informação e o controle

da comunicação entre estudantes (inter-grupo ou intra-grupo) e/ou com o professor (comunicação individual ou em grupo) via Internet. Camada de Serviços de Formação Básicos (SF\_Básicos): Esta camada contém um conjunto de componentes ou SITB's reusáveis, permitindo a cada controlador de grupo (tutor) utilizar recursos em comum. Camada de Serviços de Formação de Grupo (SF\_Grupo): Esta camada é manuseada por um controlador de grupo, onde cada grupo é associado a um nível de conhecimento. Esta camada representa um tutor on-line de um grupo de estudantes, o nível real captado de conhecimento para cada estudante deve pertencer ao nível do grupo, caso contrário o estudante é candidato a mudar de grupo. O SF\_Grupo leva em conta um primeiro nível de adaptação no interior do grupo ou intra-grupo e isto é feito via o controle de zonas de comportamento (normal, intermediária e crítica). Camada de Serviços de Formação da Classe Virtual (SF\_CV): Esta camada é manuseada pelo controlador de classe, que detém o controle pedagógico dos grupos de aprendizagem da classe virtual, onde cada grupo é classificado por um nível de conhecimento. As mudanças de grupo pelos estudantes são controladas pelo SF\_CV. A mudança de grupo representa progressões ou regressões significativas. Desta forma, a ACVA tem um segundo nível de adaptação, considerando as mudanças inter-grupo (DOMINGUEZ-HERNANDEZ, 1995).

• **POETA:** Portfolio Eletrônico Temporal e Ativo, oferece um ambiente onde o sujeito poderá construir e reconstruir o seu conhecimento devido a base de dados temporal, desenvolverá um relacionamento social através do uso de portfólios, bem como incentivará a expressão do pensamento criativo. Considera que os portfólios provêm uma oportunidade para expandir, mais autenticamente, a taxa de arquivamento da informação do estudante, afirmando que eles aprendem a avaliar seu próprio progresso como aprendizes e os professores adquirem novas visões de suas realizações no ensino. A utilização de portfólios dá suporte à Avaliação Alternativa ou Autêntica, fruto de um consenso crescente entre educadores e pesquisadores, de que os exames atuais não avaliam corretamente os talentos e habilidades que os alunos precisam desenvolver e demonstrar, para serem bem sucedidos na vida e no aprendizado à frente. O POETA foi projetado para funcionar em uma rede local de computadores com proposta de extensão para *World Wide Web*, atendendo assim os Centros de Aprendizado à Distância que utilizam elementos do Método Portfolio para avaliar o aprendizado dos alunos (SISTÊLOS; SCHIEL; DOMINGUEZ-HERNANDEZ, 1998).

De acordo com a temática dos ambientes eletrônicos organizados com o propósito de ressaltar os principais aspectos relacionados à aprendizagem cooperativa, enfatiza-se a obtenção de ganho em relação ao próprio processo ensino-aprendizagem, tendo como suporte o computador que objetiva a dinamização do processo através de sistemas que implementam o paradigma de aprendizagem cooperativa apoiada por computador. Observa-se que a maioria dos ambientes privilegia a construção colaborativa de algum tipo de conhecimento, fundamentando-se em teorias de aprendizagem construtivista. Alguns ambientes desenvolvem modelos mais elaborados onde disponibilizam interações do mais alto grau e combinam técnicas provenientes de outras áreas de pesquisa. A memória de grupo e a representação de conhecimento são características da maioria dos ambientes aqui apresentados.

Entretanto, percebe-se que, nos ambientes ora citados, não existe uma preocupação explícita com a modelagem do aprendiz, eles consideram o desempenho do aprendiz como uma consequência natural do processo de aprendizagem, ou seja, pelo fato de realizar tarefas não importando o grau de dificuldade, os acertos, os erros, as interações e outros fatores que permitem modelar o aprendiz nesses ambientes.

## 2.5 Conclusão

Neste capítulo apresentou-se o estado da arte nas áreas de Sistemas Tutoriais Inteligentes e Ensino-Aprendizagem Cooperativo. Iniciando pela IA-ED, apresentando os Sistemas Tutoriais Inteligentes, introduzindo através de uma visão contextual, o Ensino Cooperativo Computadorizado, discorrendo sobre a aprendizagem cooperativa. Aqui, não se pretendeu esgotar o assunto em questão, pois a literatura é vasta, mas procurou-se considerar os autores de destaque sobre o tema abordado com o objetivo de contextualizar esta pesquisa ampliando assim o conhecimento a respeito dos ambientes onde a modelagem do aprendiz é discutida e proposta. Nos próximos capítulos abordar-se-á de forma mais específica a modelagem do aprendiz.



## CAPÍTULO 3

# MODELAGEM DO APRENDIZ EM AMBIENTES DE ENSINO-APRENDIZAGEM COOPERATIVA

### 3.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão de várias idéias e abordagens existentes sobre a modelagem do aprendiz. Essas idéias e abordagens são relevantes, pois mostram os trabalhos relacionados que serviram de base aos objetivos desta tese. Define-se o que é modelo do aprendiz. Mostra-se quem modelar, quais informações a modelar e como modelar. Mostra-se ainda como as informações a serem modeladas podem ser representadas em um modelo. Por fim, apresentam-se os principais mecanismos de aquisição e manutenção em modelagem do aprendiz, respectivamente.

### 3.2 Modelagem do Aprendiz Cooperativo

A modelagem do aprendiz é vista como um processo de aquisição, representação e manutenção das informações sobre os aprendizes durante as interações em um Sistema Tutor Inteligente. Esta representação é chamada de modelo do aprendiz. O modelo do aprendiz é utilizado por um STI possibilitando a interação com os aprendizes de forma personalizada.

Busca-se na área de modelagem de usuários de sistemas de computador (FININ, 1997), quatro questões consideradas fundamentais para o entendimento da modelagem do aprendiz, são elas: (1) Quem modelar? (2) O que Modelar? (3) Para que Modelar? (4) Como Modelar? Estas questões serão respondidas ao longo deste capítulo. Para Karen apud (JONES, 1992) em todo e qualquer empreendimento real de modelagem do aprendiz deve-se apresentar respostas claras e precisas a estas questões. Especificamente nessa pesquisa, detalhar-se-á essas questões da seguinte forma:

- Quem Modelar?

Modela-se um grupo de aprendizes e também cada aprendiz individualmente, durante uma sessão de aprendizagem cooperativa.

- O que Modelar?

Modela-se o desempenho, comportamento, ou seja, as ações e interações do grupo de aprendizes durante uma sessão de aprendizagem cooperativa.

- Para que Modelar?

Para acompanhar a evolução do aprendiz verificando seu desempenho e efetivação da cooperação nas sessões de aprendizagem cooperativa com vistas a obter o melhor resultado no aprendizado efetivamente cooperativo.

- Como Modelar?

Descreve-se como modelar, ressaltando os três aspectos básicos:

- 1) formar grupos;

- 2) ajudar os agentes pedagógicos a levar decisões apropriadas; e
- 3) avaliar.

O primeiro, por se tratar de aprendizagem cooperativa. O segundo, pode-se escolher a forma correta de apresentação, os modos adequados de cooperação nas fases de assimilação e aplicação do conhecimento. No terceiro, distingue-se a avaliação do grupo e individual. Para a criação do modelo usa-se de recursos estatísticos, regras, tabelas e contabilização das interações.

O modelo do aprendiz pode ser entendido como sendo uma representação computacional de alguns aspectos de um aprendiz. Utilizado pelo STI, é a fonte de informações na adaptação do sistema ao perfil do aprendiz, a fim de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente.

Diante da tentativa de criação de um modelo do aprendiz, surgem algumas questões que se julgam fundamentais (FININ, 1989): Quem é o aprendiz sendo modelado? Quais informações precisam ser representadas no modelo e como modelar? Portanto, faz-se necessário responder estas questões a fim de obter direção para a construção de um modelo do aprendiz útil e implementado de forma eficiente.

Existem dois assuntos específicos que devem ser considerados com relação a quem está sendo modelado: o grau de especialização e a duração temporal do modelo (GREER et al., 1994).

O grau de especialização refere-se ao aprendiz que está sendo modelado, quer seja individual ou em grupo. No caso de um STI convencional, existe um modelo de aprendiz para cada um dos aprendizes, pois neste caso, o aprendiz é uma pessoa, (COUTINHO, 1999). Em um STI que utiliza o paradigma de aprendizagem cooperativa, o aprendiz pode ser entendido como uma pessoa individual ou um grupo de pessoas. Logo, as informações dos grupos são tão importantes quanto às informações dos aprendizes individuais. De forma que existe um modelo para o aprendiz individual e um outro para seu grupo (HOPPE, 1995), (BULL et al., 1997).

Quanto à duração temporal, a representação do aprendiz realizada refere-se à duração

para os quais mantém informações sobre o aprendiz, ou seja, os modelos podem permanecer durante pouco tempo ou por longo espaço de tempo: persistentes ou temporários.

Tradicionalmente, o modelo do aprendiz representa apenas o estado de conhecimento do aprendiz. É natural imaginar um modelo do aprendiz como um sinônimo de representação dos conhecimentos de um aprendiz sobre um domínio de aprendizagem (WENGER, 1987). Mas, com o passar do tempo, muitas outras informações foram sendo adicionadas ao modelo do aprendiz, a mais recente delas é o estado emocional do aprendiz (ABOU-JAOUDE et al., 1999a).

No geral, as informações representadas no modelo do aprendiz (FININ, 1989) (BEAUMONT, 1994), (SELF, 1994), (ABOU-JAOUDE et al., 1999a) são classificadas em três categorias: Conhecimentos, Intenções e Atributos Individuais (Ver Tabela 3.1)

Tabela 3.1 – Informações que podem ser modeladas

Categoria	Sub-categoria	Descrição
Conhecimentos	Sobre o Domínio de Aprendizagem	O que o aprendiz já assimilou do assunto estudado.
	Gerais	O que o aprendiz sabe além do que está sendo estudado.
	Meta-Conhecimentos	O que o aprendiz sabe sobre como utilizar o conhecimento adquirido.
Intenções	Objetivos	É o estado que o aprendiz quer atingir.
	Planos e Estratégias	São seqüências de ações ou eventos que o aprendiz espera que resultem no alcance de seus objetivos.
Atributos Individuais	Aptidões	A tendência em refletir antes de responder perguntas, sua capacidade de assimilar novos conhecimentos, sua capacidade de aprender por associação, etc.
	Motivações	As motivações que o aprendiz tem em estudar o assunto.
	Preferências Pessoais	Preferências que o aprendiz tem sobre tipos de mídia, tipos de exercícios/problemas, tipos de interações, etc.
	Estados Emocionais	Reflete as emoções do aprendiz (alegria, satisfação, admiração, expectativa, arrependimento, etc).

Considerando que o principal objetivo de um STI é fazer com que os aprendizes adquiram conhecimentos sobre um determinado domínio, as informações sobre o estado de conhecimento são as mais importantes quando se está modelando os aprendizes que utilizam esses sistemas. Além das informações que dizem respeito ao conhecimento sobre o domínio de aprendizagem, o modelo do aprendiz poderá também representar informações sobre os conhecimentos que tem além do que está sendo estudado (conhecimentos gerais) e sobre como utilizar os conhecimentos adquiridos (meta-conhecimentos).

As informações sobre intenções, planos e objetivos de um aprendiz têm sido utilizadas com duas finalidades básicas (GREER et al., 1993), (WOODROFFE, 1988). A primeira, auxiliar o sistema de aprendizagem durante a etapa de aquisição de novas informações sobre o conhecimento do aprendiz. A segunda, ajudar o aprendiz a atingir seus objetivos. Em um sistema de aprendizagem por resolução de problemas, isto pode significar oferecer dicas, dar conselhos, explicações e/ou mostrar caminhos alternativos durante a resolução de um problema.

Muitas informações sobre atributos individuais, com exceção das preferências pessoais, pouco têm sido empregadas na construção do modelo do aprendiz, em razão de serem de difícil tratamento computacional. Além disso, ainda não foram identificadas muitas utilidades reais para estas informações.

Além de aptidões, preferências pessoais, motivações, os atributos individuais também podem apresentar informações relacionadas aos aspectos emocionais do aprendiz. Esse tipo de informação é útil em função de que o raciocínio e a tomada de decisões dos aprendizes são influenciados pela atuação dita não-racional. Portanto, quando um STI conduz o ensino levando em consideração o estado emocional do aprendiz, há um aumento da *performance* da aprendizagem (BERCHT et al., 1999).

Em Serra Jr. (2001) é especificado um agente de modelagem do aprendiz para o sistema MATHNET de Ensino Inteligente Cooperativo computadorizado que se preocupa com os aspectos iniciais do processo de ensino-aprendizagem cooperativo, isto é, trata da formação do grupo de aprendizes e o agente, entretanto, este agente não contempla todas as fases de uma sessão de aprendizagem e também não considera as interações que ocorrem

nessas fases.

Um STI emocional é definido em (ABOU-JAOUDE et al., 1999a), (ABOU-JAOUDE et al., 1999b), o qual incorpora ao seu modelo do aprendiz informações sobre aspectos emocionais. Esse sistema obtém o estado emocional dos aprendizes e o utiliza a fim de realizar interações de forma mais eficiente. Os resultados nessa área de pesquisa são pouco consistentes e limitados aos recursos computacionais (BERCHT et al., 1999).

Diante do exposto, percebe-se que várias informações podem ser modeladas. No entanto, deve-se levar em consideração os limites computacionais e pedagógicos para a representação dessas informações. Esses limites estão relacionados à capacidade tecnológica de softwares específicos, bem como aos conhecimentos que se tem sobre os processos de aprendizagem, à imprecisão e subjetividade dos fatores emocionais envolvidos em sistema de aprendizagem, ao problema da representação do conhecimento pedagógico, etc. No aspecto computacional, os canais de comunicação em um computador são bastante restritos quando comparados com a capacidade das pessoas em combinar informações em uma grande variedade de meios, como por exemplo, o tom de voz ou expressões faciais.

O conteúdo do modelo do aprendiz varia de acordo com a aplicação para o qual está sendo construído. Portanto, quando na definição de quais informações precisam ser modeladas deve-se levar em consideração, além dos limites computacionais e pedagógicos, a necessidade de informações no sistema de aprendizagem.

A necessidade de informações identificadas através dos usos, faz mostrar quais informações precisam, de fato, ser representadas no modelo do aprendiz.

Quanto à necessidade de informações no sistema de aprendizagem para o qual o modelo do aprendiz está sendo desenvolvido, é necessário saber *para que* modelar, a fim de se obter e manter somente informações necessárias. Inicialmente, é necessário saber o uso do modelo do aprendiz, para depois modelar as informações sobre os mesmos (TEIXEIRA, 1998a).

De acordo com a pesquisa realizada, identificou-se muitos usos para o modelo do aprendiz. Citam-se aqui aqueles considerados relevantes para a pesquisa desta tese:

- i) Formação de grupos de aprendizes em aprendizagem cooperativa (SERRA JR. et al., 2001a) (SERRA JR. et al., 2001b);
- ii) Pesquisa de informações (NUNES, 2001), (MITAIN et al., 1997);
- iii) Adotação de estratégia de aprendizagem mais adequada (FRASSON et al., 1998), (ABOU-JAOUDE et al., 1998a), (ANDRADE FILHO, 2002);
- iv) Escolha do próximo tópico do conteúdo a ser estudado (NOUR et al., 1995).
- v) Avaliação do conhecimento dos aprendizes (TEIXEIRA, 1998b), (CONATI et al., 1999), (NOUR et al., 1995), (ANDRADE FILHO, 2002);
- vi) Fornecimento de ajuda/conselhos/dicas dinamicamente ao aprendiz (SELF, 1994);
- vii) Seleção de problemas mais apropriados (COUTINHO, 1999), (BORGES, 2002);
- viii) Verificação de interações (BARROS et al., 2000), (JAQUES, 2000); (AKRAS, 1999) (LABIDI et al, 2000), (TEIXEIRA et al, 2002), (LABIDI et al, 2002).

Tendo sido mostrado quem modelar e quais informações podem ser modeladas, tratar-se-á, agora, dos aspectos computacionais que envolvem a modelagem do aprendiz.

A modelagem do aprendiz realizada durante a interação entre o aprendiz e o sistema de aprendizagem é feita através do uso de um componente computacional responsável por representar informações em um MA (modelo do aprendiz). Geralmente, esse componente computacional é formado por três módulos principais: **módulo de aquisição, módulo de manutenção e modelo do aprendiz.**

O módulo de aquisição está relacionado às técnicas requeridas para aprender novos fatos sobre o aprendiz, de forma direta (por exemplo, respostas a questionamentos diretos) ou de forma indireta (observando o comportamento do aprendiz). O módulo de manutenção está relacionado à incorporação de novas informações no modelo existente, ou seja, tem a função de receber as informações sobre o aprendiz, oriundas do módulo de aquisição e atualizar o

modelo do aprendiz. Por fim, o modelo do aprendiz é uma representação computacional das informações adquiridas sobre o aprendiz.

### 1. Representação do modelo

Mostra-se a forma como as informações sobre um aprendiz podem ser representadas.

Em razão de que na prática o conhecimento do aprendiz tem sido a principal informação representada no modelo do aprendiz, enfocar-se-á a representação do conhecimento de um aprendiz em relação a um domínio de aprendizagem, denominada de modelo cognitivo.

Na grande maioria dos sistemas de aprendizagem por computador, o modelo cognitivo é representado tendo como referência o modelo do domínio. O modelo do domínio representa o conhecimento que o sistema espera comunicar aos seus aprendizes. Existem dois métodos básicos comumente usados na representação de um modelo do aprendiz, tendo como referência o modelo do domínio: Representação por Sobreposição e Representação por Perturbação.

#### a) Representação por Sobreposição

Sobreposição ou *Overlay* é a abordagem de representação do modelo do aprendiz mais antiga e conhecida. Neste tipo de representação, o conhecimento do aprendiz é visto como um subconjunto do modelo do domínio (KING, 1998). Portanto, a linguagem de representação de conhecimento usada na codificação do modelo do aprendiz é um subconjunto da linguagem usada na codificação do modelo do domínio. Neste caso, diz-se que o modelo do aprendiz herda a linguagem de representação do modelo do domínio (Ver Figura 3.1).



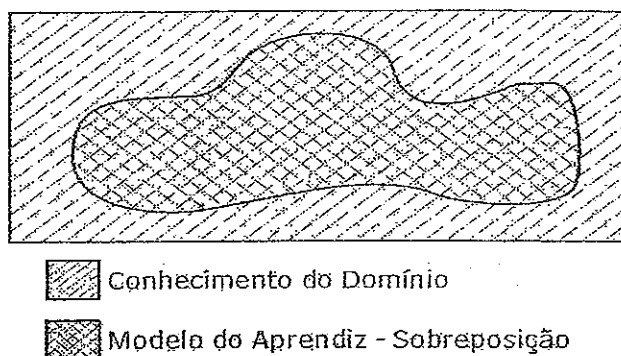


Figura 3.1- Representação por Sobreposição, adaptada de (KASS, 1989).

A Representação por Sobreposição é simples e fácil de implementar. Este tipo de representação tem sido empregada em vários sistemas, tais como: ML-Modeler (DESJARDINS, et al., 1995), TRILL (CERRI et al., 1990), WUMPUS (GOLDSTEIN, 1982) e GUIDON (CLANCEY, 1982).

No módulo hipermídia adaptativo para integrar sistemas tutores inteligentes definidos por (COELHO, 1996), o módulo do modelo do aprendiz mantém a informação detalhada sobre a evolução do aprendiz para determinado assunto de forma personalizada e individualizada. Considera as três dimensões básicas no diagnóstico do aprendiz citadas por VanLehn em (POLSON, 1988):

- a) O quanto das atividades do aprendiz serão avaliadas;
- b) Tipos de conhecimento a serem aprendidos;
- c) Aferir o conhecimento do aprendiz e do especialista através da sobreposição.

Com relação aos conceitos errados e/ou ausentes dos aprendizes, estes serão mantidos em um catálogo para posterior identificação da ocorrência. Este modelo não considera o aprendiz cooperativo e se baseia especificamente na representação da sobreposição.

Em (GIROUX, 1998) são discutidas duas questões fundamentais: Como representar o modelo do aprendiz no modo distribuído? Como construir o modelo do aprendiz em tempo de execução? Afirma que, para resolver um determinado problema, geralmente existem tanto atalhos corretos para uma solução quanto pontos de vista no problema e no domínio. O aprendiz pode resolver problemas em diferentes planos e diferentes tempos. As hipóteses levantadas pelo aprendiz são comparadas às soluções fornecidas pelo especialista,

cada uma situada em diferentes pontos de vista. Os multi-agentes aproximam-se da modelagem do aprendiz e mostram nas janelas de trabalho a representação e coordenação de múltiplas soluções e múltiplos pontos de vista. De acordo com a totalidade das ações, várias alternativas são consideradas concorrentemente.

Como resultado, a arquitetura multiagentes endereça a modelagem de ambos, o processo de raciocínio e o conhecimento do aprendiz. Isso traz muitas vantagens, dentre elas, redução da complexidade, avaliação concorrente de múltiplos pontos de vista e evolução em tempo real. A forma mais simples de representar conhecimento por sobreposição é designar o valor 1 ou 0 para cada um dos elementos do conhecimento representado no modelo do domínio. Designar o valor 1 se o aprendiz conhece o elemento do conhecimento ou 0 se o aprendiz não o conhece. Outras formas não tão simples têm sido propostas, como exemplo, designar, para cada um dos elementos de conhecimento, medidas escalares como uma probabilidade ou um vetor computacional.

Giroux considera o conhecimento do aprendiz baseado nas hipóteses por ele levantadas soluções são encontradas em diferentes caminhos e pontos de vista.

No sistema MYCIN e GUIDON, o conhecimento do aprendiz é um subconjunto do conhecimento do especialista e deve possuir um único caminho de raciocínio. Nesta abordagem, o aprendiz limita-se às unidades de conhecimentos do modelo do domínio. Em outras palavras, esta representação assume que o aprendiz não irá pensar diferente do modelo do domínio e em casos em que o aprendiz tem conhecimentos que não são previstos pelo modelo do domínio o sistema considera que ele cometeu erros.

### **b) Representação por Perturbação**

A Representação por Perturbação é uma extensão do método por sobreposição e visa representar conhecimentos do aprendiz que não pertençam ao modelo do domínio, assumindo que estes consistem em mal-entendidos.

Através desta representação, os erros do aprendiz passam a ser explicados tanto pela falta de conhecimento quanto pela influência de mal-entendidos, ou ambos.

Normalmente, esta representação é implementada através do uso de uma *biblioteca de*

*mal-entendidos catalogados*. Essa biblioteca é uma catalogação dos mal-entendidos mais comuns de um domínio de aprendizagem.

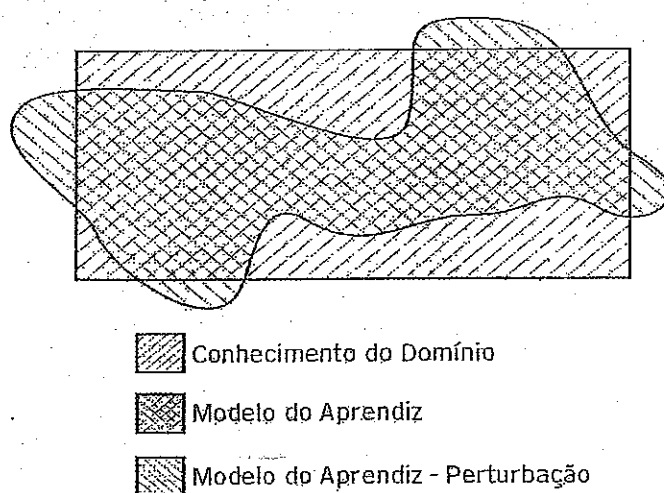


Figura 3.2 – Representação por Perturbação – adaptada de (KASS, 1989).

Os mal-entendidos de um aprendiz são um subconjunto da *biblioteca de mal-entendidos catalogados*. Portanto o modelo do aprendiz é representado por sobreposição do conhecimento estendido com os mal-entendidos mais comuns identificados em um domínio de aprendizagem (Ver Figura 3.2).

Muitos sistemas têm utilizado a Representação por Perturbação, principalmente na construção de modelos do aprendiz com fins de diagnóstico e remediação de erros. Por exemplo, BUGGY (BURTON, 1982), LMS (SLEEMAN et al., 1981), MENO (WOOLF et al., 1992) e ACM (LANGLEY et al., 1984).

O sistema PROUST (JOHNSON et al., 1985) é um outro exemplo de utilização da representação por perturbação. Este sistema foi desenvolvido para analisar e entender programas escritos em Pascal por programadores iniciantes. O diagnóstico é feito através da reconstrução de um modelo de intenções do programador e utilizado para fornecer conselhos sobre possíveis erros cometidos durante a programação.

Por envolver a representação de mal-entendidos, a Representação por Perturbação não é um método tão simples de implementar. Um ponto bastante discutido na literatura é como catalogar e representar os mal-entendidos. Nos programas BUGGY, o catálogo de erros era

pré-definido pelos projetistas. Outra abordagem é ter um mecanismo de geração deste conhecimento defeituoso a partir da base de conhecimento do sistema (VAN LEHN et al., 1994). As duas abordagens apresentam problemas sérios. No primeiro caso, é difícil e demorado coletar informações sobre os mal-entendidos mais comuns cometidos por aprendizes de uma área de conhecimento. No segundo caso é difícil justificar psicologicamente a geração de conhecimentos defeituosos.

A idéia de estereótipos tem sido utilizada tanto como método de representação de informações quanto como método de aquisição de novas informações para um modelo de usuário (BEAUMONT, 1994).

O uso de estereótipos é um método eficiente quando se pretende realizar a modelagem do usuário (aqui, no caso, modelagem do aprendiz), mas dispõe de poucas informações. É utilizado normalmente para representar o perfil ou modelo inicial de um aprendiz. Um estereótipo classifica os dados detalhados de um aprendiz para um tipo correspondente de aprendizes (WINTER et al., 1999).

A representação por estereótipos mostra-se confiável e simples, porém pouco flexível (BRUSILOVSKY, 1993). A grande vantagem do uso de estereótipo é que com apenas poucas informações sobre o aprendiz pode-se inferir muitas outras informações a seu respeito. Por outro lado, a principal desvantagem de representação por estereótipos é a possibilidade de inclusão de inconsistências no modelo do aprendiz. Pois as informações contidas em um estereótipo se aplicam somente à parte dos indivíduos classificados. Além disso, a aquisição por estereótipos não fornece uma análise detalhada do aprendiz (SELF, 1994). Dois exemplos de sistemas que utilizam estereótipos são: Grundy (RICH, 1983) e GUMS (FININ, 1989).

Um exemplo bastante interessante do uso de estereótipos pode ser observado em (WINTER et al., 1999), onde cada aprendiz é colocado no papel de um diretor de programação de software, sendo confrontado por muitas decisões críticas, cada uma relativa à ética. O aprendiz justifica suas decisões, seu comportamento é monitorado e usado para adaptar os cenários seguintes a fim de classificar o aprendiz a um perfil relativo à ética.

## 2. Aquisição de Informações

A aquisição das informações durante a modelagem do aprendiz é o processo através do qual o sistema obtém informações que darão origem a novas crenças do sistema sobre o aprendiz (seu estado de conhecimento, planos, etc.) a serem incorporados ao modelo do aprendiz.

A aquisição de informações a serem representadas no modelo do aprendiz apresenta várias limitações computacionais. Mas, segundo Self, em (SELF, 1990) existem várias maneiras de amenizá-las, como por exemplo: 1) projetar interfaces onde a informação requerida pelo sistema seja fornecida de forma natural pelo aprendiz durante a sessão de aprendizagem; 2) tornar o modelo do aprendiz aberto ao aprendiz; 3) o modelo do aprendiz não necessita ser tão detalhado e fiel; 4) ter em mente que o modelo do aprendiz possui incertezas e inconsistências a serem tratadas pelo módulo de manutenção.

O processo de aquisição pode ser realizado de forma direta ou indireta. Na aquisição direta, as informações são obtidas mediante diálogo entre o sistema e o aprendiz, no qual o sistema solicita explicitamente as informações ou o usuário as acessa (ler e altera) diretamente no modelo do aprendiz. A aquisição direta gera novos fatos sobre o aprendiz independentemente do atual estado do modelo do aprendiz. Na aquisição indireta, as informações sobre o aprendiz são inferidas a partir de seu comportamento observado, ou seja, suas ações realizadas na interface do sistema. A aquisição indireta gera hipóteses, ou melhor, gera informações incertas sobre o aprendiz que dependem do atual estado do modelo do aprendiz.

### a) Aquisição direta

Muitos trabalhos têm mostrado que parte do modelo do aprendiz pode ser mantida pelo próprio aprendiz (MURPHY et al., 1997), (BECK et al., 1997). Em outras palavras, o sistema poderá disponibilizar para o aprendiz a visualização e alteração direta de alguns aspectos que dizem respeito a ele. Por exemplo, preferência por tipo de mídia, línguas que o aprendiz fala e/ou escreve, etc. Além disso, o sistema poderá também realizar uma aquisição direta através de um questionário ao aprendiz para que possa a partir deste armazenar alguns aspectos do mesmo. Um exemplo disto seria fazer um teste de colocação para saber se um

aprendiz sabe realmente uma determinada língua que diz saber.

A classificação em estereótipos é uma técnica bastante utilizada em aquisição direta. Nesse caso, o sistema poderá exibir um formulário para o aprendiz preencher e então, a partir dessas informações, os classifica em estereótipos pré-definidos pelo sistema. Isso normalmente ocorre na inicialização do modelo do aprendiz.

### b) Aquisição indireta

Na aquisição indireta, o sistema, a partir de observações do comportamento do aprendiz, gera hipóteses sobre o estado do aprendiz quanto à aprendizagem. Esse tipo de aquisição é também denominado de diagnóstico cognitivo, pois normalmente é utilizada para inferir o estado cognitivo do aprendiz.

Em caso de resolução de problemas, a aquisição indireta observa os passos de resolução adotados pelo aprendiz, então, a partir disso, o sistema infere os conhecimentos que supostamente o aprendiz assimilou.

Muitas são as técnicas utilizadas para a realização do diagnóstico cognitivo. Apresentamos três destas:

i) **Reconstrução de Passos:** O aprendiz informa ao sistema somente a resposta do problema, sem os passos que foram utilizados para a resolução do problema. Neste caso, o sistema deverá refazer os possíveis passos de resolução para então inferir o conhecimento do aprendiz. Levando em consideração as  $r$  regras possíveis de serem aplicadas e os  $p$  passos utilizados pelo aprendiz na resolução, o sistema terá que reconstruir os passos do aprendiz em meio a  $r^p$  possíveis combinações de regras. Portanto, a reconstrução de passos é de difícil tratamento computacional (SELF, 1990).

ii) **Análise de Passos:** Neste caso, o aprendiz resolve o problema, apresentando todos os passos de resolução para o sistema. Então, o sistema é capaz de inferir o conhecimento utilizado pelo aprendiz no momento da utilização dos passos. Isso é possível em razão de que associado a cada passo de resolução estão várias unidades de

conhecimento do modelo do domínio (REISER et al., 2000). Pelo fato de que o aprendiz deve explicitar todos os passos da resolução, o uso de interfaces apropriadas poderá facilitar o aprendiz na adoção de passos durante a resolução de problemas evitando que este tipo de diagnóstico cognitivo venha tornar o processo de aprendizagem maçante para o aprendiz.

iii) **Aprendizagem de máquina:** Essa estratégia de diagnóstico cognitivo utiliza algoritmos da área de aprendizagem de máquina para inferir o estado de conhecimento de um aprendiz, tendo como referência básica o seu comportamento. Existem várias técnicas de aprendizagem de máquina, como por exemplo, aprendizagem indutiva (GILMORE et al., 1988) e revisão de teorias (BAFFES et al., 1992). As estratégias baseadas em aprendizagem de máquina podem inferir conhecimentos do aprendiz não presente em um modelo de domínio pré-estabelecido. No entanto, um possível problema é a instabilidade do modelo cognitivo gerado.

#### • **Módulo de Manutenção**

Tendo visto como o modelo do aprendiz normalmente é representado e adquirido, apresenta-se aqui, as principais técnicas utilizadas, para realizar a sua manutenção.

Todo processo de modelagem do aprendiz necessita manter dinamicamente as informações sobre o aprendiz em um modelo. Normalmente, para realizar essa tarefa, existe o módulo de manutenção. O módulo de manutenção é responsável por integrar as informações oriundas do módulo ou componente de aquisição.

As novas informações sobre o aprendiz, a serem integradas ao modelo, poderão ser imprecisas, incompletas e inconsistentes. Isso ocorre devido à complexidade da personalidade de quaisquer aprendizes e das limitações dos recursos computacionais. Adquirir conhecimentos detalhados sobre o aprendiz, em geral, é um problema computacional intratável (SELF, 1990).

Existem várias técnicas computacionais que podem ser utilizadas para realizar a manutenção das informações mantidas pelo processo de modelagem do aprendiz. A seguir, apresentam-se duas teorias que podem ser utilizadas no desenvolvimento dessas técnicas:

Lógica Fuzzy (Teoria de Conjuntos Difusos), (ZADEH, 1979) e a Teoria de Probabilidades (GURER et al., 1995).

A Lógica Fuzzy ou Teoria de Conjuntos Difusos tem como idéia fundamental a atribuição de graus de pertinência, valores do intervalo  $[0,1]$ , a elementos de um conjunto (KLIR et al., 1988). Esse tipo de manutenção é adequado para tratar com incertezas e imprecisão, que são características inerentes ao processo de aprendizagem.

$$\mu_A: U \rightarrow [0,1]$$

Quanto mais próximo de 1 for  $\mu_A(u)$ , mais  $u$  é dito pertencer a  $A$ .  $A$  é dito ser um conjunto difuso,  $U$  o universo de discurso e  $\mu_A$  a função de pertinência de  $A$ .

Várias técnicas que utilizam Teoria de Conjuntos Difusos podem ser empregadas na integração de novas informações ao modelo do aprendiz. Duas são relevantes:

- **Sobreposição difusa:** é a representação do modelo cognitivo como um conjunto difuso, tendo como conjunto do universo o modelo do domínio. A técnica de sobreposição difusa mostra-se muito interessante no caso do modelo do aprendiz ser um subconjunto do Modelo do Domínio.

A manutenção baseada em sobreposição difusa consiste em mecanismos para inicializar e atualizar os valores de pertinência de um dado aprendiz em relação a um determinado conceito pertence ao domínio. Em (GISOLFI et al., 1992) é apresentado um exemplo do uso desse tipo de técnica, onde a função de manutenção é:

$$\text{Manutenção: } (k, w) \rightarrow \begin{cases} w^{1/2^k} & 0 < k \leq i \\ w^{2^{|k|}} & j \leq k < 0, w \in (0, t) \\ w^{|k|} & j \leq k < 0, w \in [t, 1] \end{cases}$$

Esta função funciona da seguinte forma, ao aprendiz é apresentado um problema envolvendo um dado conceito  $c$  que pertence ao Modelo do Domínio. Dada a resposta do aprendiz ao problema, o sistema irá gerar uma hipótese numérica sobre sua correção; atribuirá um inteiro  $0 < k < i$ , caso a resposta esteja correta; atribuirá um número inteiro  $j \leq k < 0$ , caso



a resposta esteja errada; respostas com maiores valores são tidas como mais corretas do que respostas com menores valores; o inteiro  $i$  é o valor máximo atribuído a respostas corretas, o inteiro  $j$  é o valor mínimo atribuído a respostas erradas.

Com base no valor  $k$ , o processo de manutenção irá incrementar ou decrementar o valor  $w$  associado ao conceito  $c$ . Para isso, usará, respectivamente, a função raiz-ésima  $w^{1/2^k}$  e as funções potência  $n$ -ésima  $w^{2^{k|n}}$ ,  $w^{|k|}$ , cujo comportamento é tal que pode ser verdadeiramente visto como a curva de aprendizagem.

O incremento é feito de forma única; o decremento leva a duas opções dependentes de um parâmetro  $0 \leq t \leq 1$  previamente estabelecido. Quando o aprendiz é dito ainda não saber o conceito  $c$ , ou seja, quando  $w \in (0, t)$ , o decremento é realizado pela função  $w^{2^{k|n}}$ ; quando o aprendiz é dito já ter conhecimento sobre  $c$ , ou seja, quando  $w \in [t, 1)$ , o decremento é realizado pela função  $w^{|k|}$ . Notemos que na segunda opção o decremento é menor que na primeira. Isto representa o fato de que quando o aprendiz é dito saber um conceito, eventuais diagnósticos negativos devem ser vistos mais como causados por ruídos no comportamento do aprendiz e limitações computacionais do que propriamente pelo desaprender.

Quanto a escolha de  $t$ , Gisolfi, Dattalo e Balzano (GISOLFI et al., 1992) observam que no intervalo  $[0.7, 0.9]$  irá existir um valor a partir do qual as derivadas das funções de incremento e decremento aproximam-se de zero. Isto modela o fato de que a partir de um nível de conhecimento poucas ou quase nenhuma variação deve ocorrer.

- **Variáveis linguísticas** podem ser utilizadas para representar incertezas em um modelo cognitivo, onde cada conceito do Modelo do Domínio pode ser visto como uma variável linguística. Nesta abordagem, cada conjunto difuso resume possibilidades de conhecimento de um aprendiz sobre um dado conceito.

A manutenção baseada em variáveis linguísticas consiste em mecanismos para inicializar e atualizar os conjuntos difusos (JAMESON, 1996).

A Teoria de Probabilidades é um dos modelos matemáticos que possibilita lidar com experimentos aleatórios. A idéia central da teoria de probabilidade é a noção de probabilidade

associada a um evento de um experimento aleatório. Um número real entre 0 e 1 que indica a crença de uma pessoa na ocorrência de um dado evento em experimento aleatório. As idéias da Teoria de Probabilidades têm sido empregadas no tratamento de incerteza em modelagem do aprendiz. Em especial na etapa de manutenção do modelo do aprendiz. Algumas das principais técnicas em Teoria de Probabilidades são: as técnicas de manutenção baseadas em Variáveis Aleatórias Independentes (GURER et al., 1995) e em Redes Bayesianas.

### 3.3 Conclusão

Neste capítulo, apresentou-se uma revisão de várias idéias e abordagens existentes sobre a modelagem do aprendiz em ambientes de aprendizagem. Não se pretendeu esgotar a literatura sobre o assunto, entretanto, as idéias e abordagens apresentadas são relevantes, pois mostram os trabalhos relacionados que serviram de base aos objetivos desta tese. Mostrou-se o que é modelo do aprendiz e como as informações a serem modeladas podem ser representadas em um modelo, bem como os principais mecanismos de aquisição e manutenção em modelagem do aprendiz. A partir do próximo capítulo detalhar-se-á, especificamente, o processo de modelagem do aprendiz no ambiente MATHNET que se insere no paradigma de ensino-aprendizagem cooperativo computadorizado.

## CAPÍTULO 4

### MATHNET

#### 4.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se o Ambiente MATHNET de Ensino Inteligente Cooperativo Computadorizado. Abordam-se os componentes básicos de sua arquitetura com a incorporação de novos agentes. Mostra-se a forma como ocorrem as interações entre os agentes humanos e artificiais, a estrutura e organização do domínio de aprendizagem, os tipos de atividades pedagógicas que podem ser desempenhadas pelos aprendizes. Apresentam-se também, as estratégias pedagógicas que podem ser utilizadas pelo sistema na condução do ensino.

#### 4.2 Ambiente MATHNET

O Ambiente MATHNET (LABIDI et al., 2000a) surgiu da junção de conceitos do sistema SHIECC (LABIDI et al., 1998c) com o sistema MATHEMA (COSTA, 1997). Entre vários conceitos utilizados, o MATHNET une as idéias que fundamentam os STI ao

paradigma de Aprendizagem Cooperativa, definindo um Ambiente de Ensino Inteligente Cooperativo Computadorizado, conforme ilustrado na Figura 4.1. O núcleo do Ambiente MATHNET encontra-se instalado no servidor que, operacionalmente, poderá estar distribuído pela rede. Aos serviços disponíveis no servidor, chama-se de Sistema MATHNET.

O termo MATHNET pode ser entendido como sendo o ambiente de aprendizagem ou o sistema computacional, propriamente dito. O contexto do uso mostra sua aplicabilidade.

No Ambiente MATHNET, os aprendizes são divididos em grupos distintos, chamados de áreas cooperativas. Eles cooperam e aprendem a partir da interação dentro de seus próprios grupos (interação intragrupo), com o sistema, com o professor, e com os outros grupos (interação intergrupo), através da utilização de recursos multimídia e da tecnologia de redes.

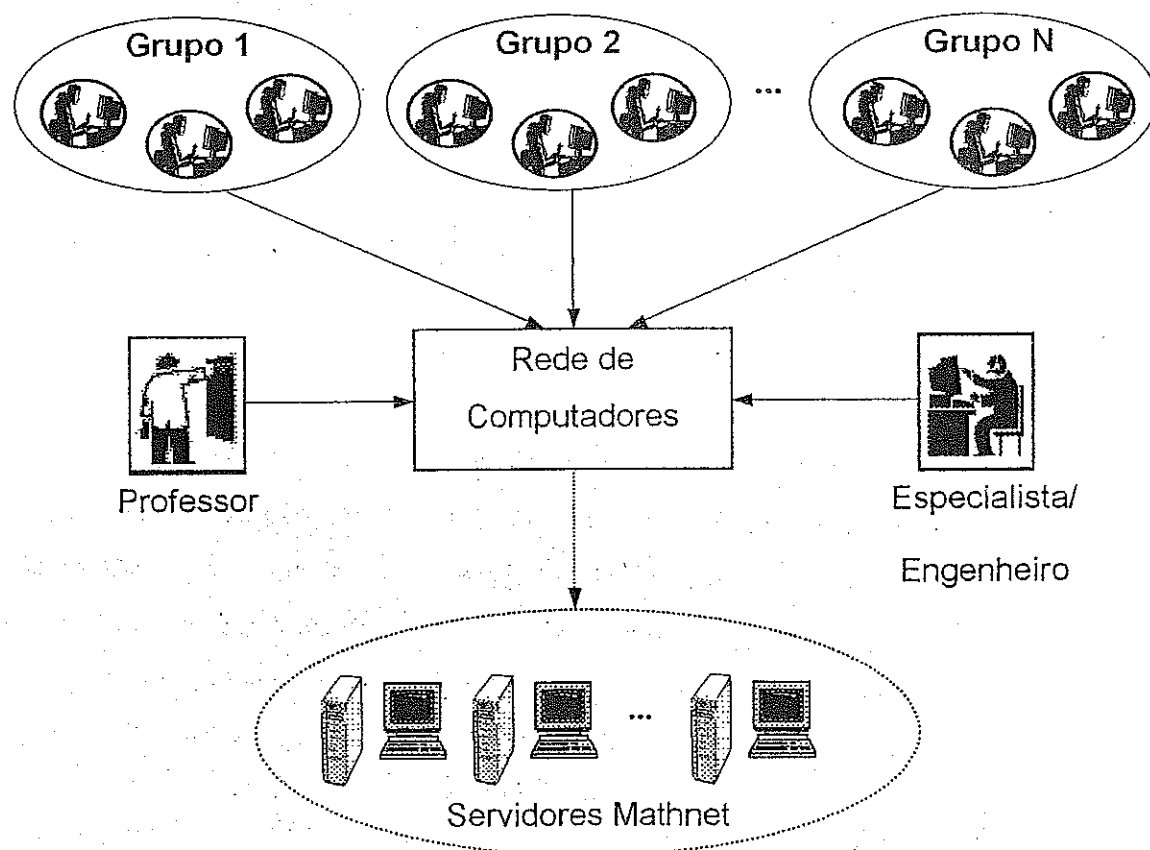


Figura 4.1 - Ambiente MATHNET

Um grupo ou área cooperativa é formado por três aprendizes que cooperam e interagem entre si e com o sistema, através de terminais (LABIDI et al. 1998b). Estes

aprendizes podem estar separados fisicamente, e sendo assim, poderão realizar as interações através de recursos de comunicação de rede (salas de conversação, videoconferência, correio eletrônico, banco de dúvidas, etc.). Dessa maneira, os aprendizes podem realizar atividades sugeridas pelo sistema ou pelo professor; resolver problemas, solicitar informações ou tirar dúvidas, entre outras atividades.

O professor, interagindo com um *terminal*, é considerado uma área cooperativa específica. Com o auxílio do sistema, o professor desempenha várias tarefas, visando eficiência no ensino. Por exemplo, o professor utiliza o MATHNET para formar os grupos de aprendizes com base em critérios pedagógicos e em informações sobre os aprendizes, para determinar alguns parâmetros básicos para o ensino do conteúdo (sequência de atividades, tempo alocado para cada atividade) e outros parâmetros que auxiliarão o sistema no processo de avaliação dos aprendizes.

Em uma Sessão de Aprendizagem, ocorre a interação entre várias áreas cooperativas interligadas através da rede, objetivando o aprendizado por parte dos aprendizes. Nas etapas da aprendizagem, teremos vários tipos de atividades sendo desempenhadas pelos aprendizes.

#### 4.2.1 Arquitetura multiagentes do MATHNET

O MATHNET é baseado em uma arquitetura multiagentes composta por agentes artificiais inteligentes (Agente Tutor, Agente Estrategista, Agente de Modelagem do Aprendiz, e Agentes de Domínio, etc.) e humanos (aprendizes/grupos, engenheiro do conhecimento e professor) (LABIDI et al., 2000a) (LABIDI et al., 2000b). Na proposta desta tese, outros agentes são incorporados na arquitetura com vistas a permitir um acompanhamento das atividades realizadas pelo grupo de aprendiz em uma sessão de aprendizagem, que viabiliza o sistema MACSA. Apresenta-se inicialmente o conceito de agentes conforme utilizado neste trabalho em seguida detalha-se sua arquitetura.

Um agente pode ser definido como uma entidade que executa uma ação sobre algo, produzindo um efeito (WOOLDRIDGE et al., 1995). Mas, diante de uma definição genérica, define-se o contexto particular para poder especificar o conceito de agente adotado neste trabalho.

Na ciência da computação, pode-se falar de agentes artificiais como sendo *sistemas de computação* que executam determinadas tarefas com características que os enquadram como um agente. Agentes humanos são usuários humanos que projetam ou manipulam computadores (hardware ou software). "*Um agente é algo que percebe um ambiente através de sensores e age sobre esse ambiente através de efetadores*" (RUSSELL et al., 1995).

Russell e Norving, em (RUSSELL et al., 1995) afirmam ainda que o trabalho de concepção de um agente inteligente consiste em definir o que será percebido pelo agente no ambiente, suas possíveis ações e, principalmente, os mecanismos através dos quais o agente avaliará suas percepções para "escolher" a ação a ser executada, alcançando diferentes graus de autonomia.

Ao conceito de agentes inteligentes foi acrescentado a noção de sociedade, os agentes inteligentes devem ser capazes de se comunicar, interagindo uns com os outros através de algum tipo de linguagem comum. (WOOLDRIDGE et al., 1995)

Assim, avaliando as definições acima, pode-se dizer que agentes inteligentes artificiais constituem um paradigma de concepção de sistemas computacionais, no qual cada sistema deve ser visto como algo capaz de perceber um ambiente através de sensores e agir de forma racional e autônoma sobre esse ambiente. Estes sistemas podem conter mais de um agente, comunicando-se com outros agentes a fim de alcançarem os objetivos para os quais foram projetados.

#### 4.2.2 Proposta de Agentes do Ambiente MATHNET

A arquitetura inicial do MATHNET era composta por agentes humanos (professor, aprendiz/grupo e especialista do conhecimento) e artificiais (Tutor, Pedagógico e Domínio). Além destes, outros agentes secundários fazem parte do sistema, como pode ser observado em (NUNES, 2001) que descreve o serviço de busca MATHNET baseado em agentes móveis. A proposta de expansão e interação entre os agentes do ambiente MATHNET pode ser visto na Figura 4.2. Descreve-se a seguir os principais agentes que compõem essa arquitetura.

- **Agentes Artificiais**

- **Agente Tutor:** participa de todas as atividades de ensino e avaliação. Ele interage com os Agentes de Domínio e Agente de Modelagem do Aprendiz a fim de apresentar aos aprendizes o conteúdo e as tarefas adequados para cada um deles. É responsável pelo controle das interações no sistema durante o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, fornece dicas e ajudas ao aprendiz no momento da aplicação do assunto, e realiza a avaliação dos aprendizes e grupos ao longo do todo o processo. O Tutor realiza suas atividades de acordo com as estratégias definidas pelo professor e Agente Estrategista.

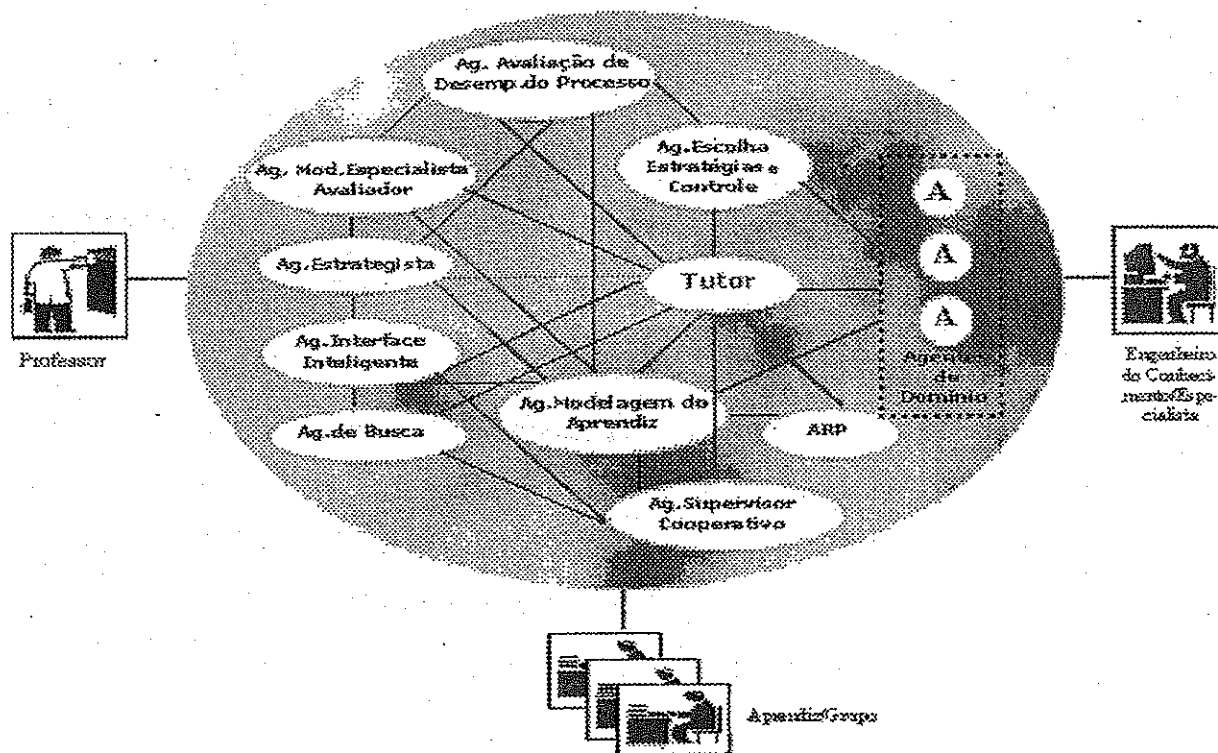


Figura 4.2 – Interações dos Agentes no MATHNET

- **Agentes de Domínio:** o Agente de Domínio é responsável pela representação de um conhecimento específico (LABIDI et al., 2000b), ou melhor, representação de um subdomínio do domínio em estudo. Na realidade, existem vários Agentes de Domínio, todos possuindo a mesma estrutura, diferenciando-se uns dos outros apenas pelo seu conhecimento específico. Eles mantêm *links* para recursos armazenados no servidor. Esses recursos podem suportar vários tipos de mídia.

- **Agente de Modelagem do Aprendiz:** é responsável pelo processo de aquisição, representação e manutenção de informações sobre aprendiz e grupos durante o processo de ensino-aprendizagem (COUTINHO et al., 2000).
- **Agente Estrategista:** interage com o Agente de Modelagem do Aprendiz a fim de definir as estratégias pedagógicas mais adequadas a serem adotadas pelo Agente Tutor em suas atividades. Por exemplo, o Agente Estrategista decide quais unidades de conhecimento e em que formato o conteúdo será apresentado aos aprendizes. Apresentam-se posteriormente, as estratégias pedagógicas suportadas por este agente.
- **Agente de um Especialista Avaliador:** é responsável pela modelagem de um especialista avaliador capaz de gerar um índice de desempenho de um aprendiz, de acordo com sua base histórica de avaliações. A base histórica de avaliação é transformada em uma base de conhecimento de regras *fuzzy* para uma avaliação pontual<sup>1</sup> (ANDRADE FILHO, 2002).
- **Agente de Avaliação de Desempenho do Processo:** é responsável pela avaliação de um aprendiz ou grupo de aprendizes em relação a uma avaliação global<sup>2</sup>. A avaliação global de desempenho é feita usando-se medidas difusas, capazes de agregar avaliações em diferentes contextos, gerando uma curva de desempenho global de aprendizagem para o processo (ANDRADE FILHO, 2002).
- **Agente para a Escolha das Estratégias e Controle:** é responsável pela definição da lista de estratégias pedagógicas cooperativas utilizadas pelo ambiente e supervisionamento das ações pedagógicas aplicadas ao aprendiz ou grupo de aprendizes. É responsável também, pela manutenção ou troca das estratégias de

---

<sup>1</sup> Entende-se por *Avaliação Pontual* o Índice de Desempenho Atual alcançado pelo Aprendiz/Grupo em um dado Contexto de um Domínio de Conhecimento.

<sup>2</sup> Entende-se por *Avaliação Global* o Índice de Desempenho alcançado por todos os Aprendizes/Grupos, levando-se também em consideração a contribuição de todos os Contextos de um Domínio de Conhecimento.



acordo com a avaliação de desempenho do processo, em um ambiente de aprendizagem multi-estratégico cooperativo. (ANDRADE FILHO, 2002).

- **Agente Supervisor Cooperativo:** é responsável pela verificação das interações ocorridas grupo de aprendiz vs. Sistema, dentro da estratégia escolhida, mediante sua categorização, nos passos da resolução de problemas. Verifica os recursos cooperativos usados, ou seja, observa e contabiliza as interações efetivadas pelo grupo de aprendiz na sessão de aprendizagem disponibilizando essas informações ao Tutor/Professor (apresentação, assimilação e aplicação do conhecimento). Interage com o Agente de Modelagem do Aprendiz. (LABIDI; TEIXEIRA; FERREIRA, 2002) (LABIDI; TEIXEIRA; LIMA, 2002) (TEIXEIRA, 2003).
- **Agente de Interface Inteligente:** responsável pelo fornecimento de dicas no processo de resolução de problemas, mediante estratégias definidas pelo Tutor/Professor/Estrategista (TEIXEIRA, 2003);
- **Agentes de Busca:** são responsáveis por buscar informações que auxiliem os aprendizes a responderem suas dúvidas no MATHNET. Por serem móveis<sup>3</sup> os agentes de busca podem funcionar de maneira autônoma e assíncrona (NUNES, 2001).
- **ARP – Assistente de Resolução de Problemas:** responsável em ajudar o aprendiz ou grupo de aprendizes a resolver problemas.

#### o Agentes Humanos

- **Professor:** agente humano que pode assumir diferentes papéis no sistema, dentre os quais, destacam-se os de *especialista*, *orientador* e *avaliador*. Entre outras funcionalidades, o professor poderá:
  - i) Fornecer ao engenheiro do conhecimento o conteúdo a ser ensinado aos aprendizes;

---

<sup>3</sup> O termo “agentes móveis” surgiu com a publicação do artigo “mobile agents” (WHITE, 1997), que apresentou a arquitetura do sistema Telescript como exemplo de aplicação desse paradigma.

- ii) Com o auxílio do sistema, formar grupos e reorganizá-los, quando for necessário;
- iii) Definir e modificar a estratégia pedagógica adotada pelo Agente Tutor;
- iv) Supervisionar e interagir com as áreas cooperativas, monitorando a apresentação dos conteúdos, discutindo e esclarecendo dúvidas dos aprendizes;
- v) Avaliar os aprendizes, tendo como base as informações do modelo do aprendiz.

- **Aprendizes/Grupo de Aprendizes:** podem ser organizados em grupos virtuais. Cada aprendiz necessita estar inserido em um grupo para que possa participar das sessões de aprendizagem. Ele está ligado ao sistema através de um computador e pode estar ou não separado fisicamente dos demais integrantes do seu grupo.

- **Engenheiro do Conhecimento:** é responsável pela manutenção dos Agentes de Domínio. Ele inclui e realiza a edição do conhecimento de cada Agente de Domínio e a organização de seu respectivo subdomínio.

#### • Núcleo Padrão de Agentes Artificiais MATHNET

O núcleo padrão dos agentes artificiais MATHNET é um conjunto de classes, embutidas no pacote ZEUS (NWANA et al., 1999), que provê toda funcionalidade de comunicação interagentes, planejamento e execução de tarefas.

A ferramenta ZEUS se caracteriza por ser um ambiente gráfico que fornece uma biblioteca de componentes de software e ferramentas que facilitam uma rápida construção e desenvolvimento de sistemas multiagentes. O pacote ZEUS é gratuito, de código aberto constituído por conjunto de componentes escritos em Java, descritos em três grupos funcionais (ou bibliotecas): biblioteca de componentes para agentes, uma ferramenta construtora de agentes e um conjunto de utilitários, incluindo um servidor de nomes, um facilitador e um visualizador de agentes. A biblioteca de componentes fornece, dentre outras coisas, uma linguagem de comunicação entre agentes baseada em performativas, neste caso FIPA-ACL. Além disso, ZEUS opera em redes TCP/IP, o que facilita a intercomunicação

entre agentes executados em sistemas operacionais diferentes. Na Figura 4.3 ilustra-se a interface Zeus.

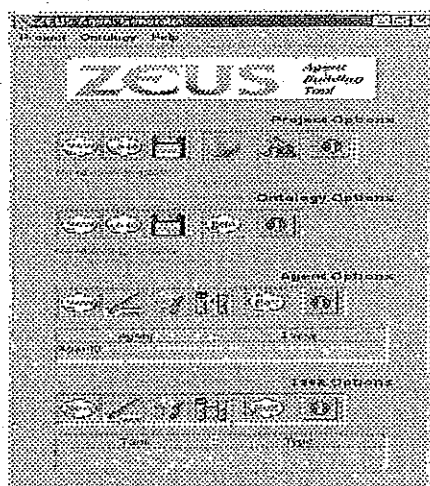


Figura 4.3 - Interface Principal do Zeus Agent Toolkit

Além dos agentes artificiais principais da arquitetura MATHNET, existem outros agentes que fazem parte do núcleo, como os Agentes de Interface, por exemplo. Esses agentes são responsáveis por conduzir toda a conversação entre os agentes humanos e os agentes artificiais do sistema, conforme especificado na Figura 4.4.

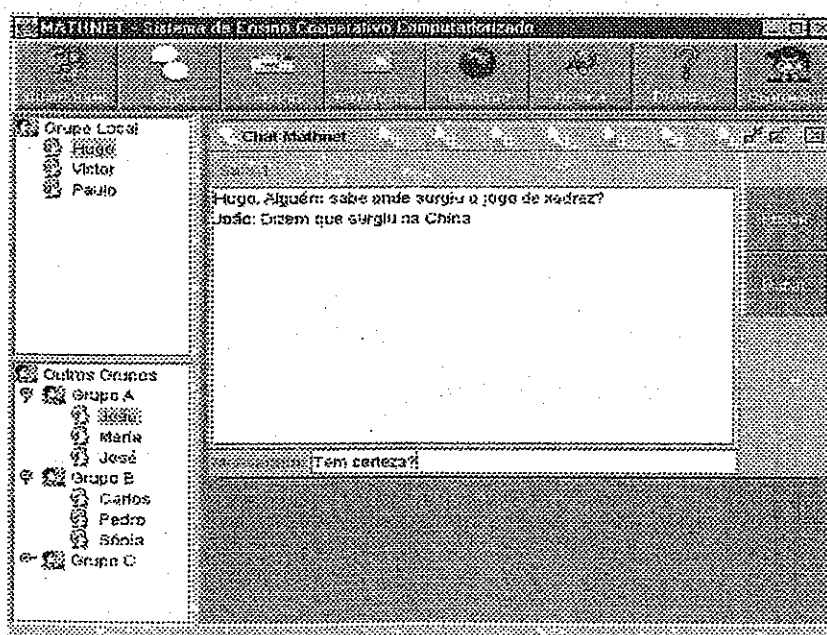


Figura 4.4 – Tela Principal da Interface do Grupo de Aprendiz no MATHNET

### 4.2.3 Interações no MATHNET

Todos os conceitos da aprendizagem cooperativa ressaltam a importância das interações entre aprendizes, grupos e professores em busca da eficiência no processo de ensino-aprendizagem. No MATHNET, os agentes humanos utilizam os recursos do sistema para interagir entre si. Por sua vez, os agentes artificiais interagem entre si e com os agentes humanos, com o objetivo de dar suporte computacional à aprendizagem.

Dos vários tipos de interações entre os agentes, destacam-se as seguintes interações (LABIDI et al., 2000a):

**Agente Tutor - aprendizes/grupos:** os aprendizes interagem com o Agente Tutor durante todo o decorrer do *curso*. Por exemplo, o Agente Tutor poderá ter a iniciativa de fornecer aos aprendizes dicas, sugerir discussões, etc. Os aprendizes podem pedir ao Tutor que repita parte específica de uma apresentação, pedir/aceitar ajuda, expor dúvida, aceitar/rejeitar sugestões de interações inter e intragrupos, etc.

**Agentes artificiais - professor:** o professor pode interagir com vários agentes artificiais do MATHNET. Por exemplo, interage com o Agente de Modelagem do Aprendiz para solicitar informações sobre o aprendiz; com o Tutor para formar grupos; com o Agente Estrategista para definir estratégias pedagógicas, etc.

**Interação intragrupo:** os aprendizes em um grupo cooperam para o alcance de objetivos comuns. As interações entre os componentes de um grupo podem ocorrer a qualquer momento, dentro e fora das sessões de aprendizagem, podendo a comunicação ser síncrona ou assíncrona (ver Capítulo 5). Essas interações podem ser importantes durante as atividades de assimilação e aplicação do conhecimento.

**Interação intergrupo:** visando eficiência na aprendizagem, a interação entre os grupos assume papel importante. Através deste tipo de interação, os aprendizes têm oportunidade de conhecer outros colegas, trocar experiências e conhecimentos, etc.

**Professor - grupos/aprendizes:** este tipo de interação é importante para o andamento da aprendizagem, principalmente no caso de dúvidas não resolvidas por outros aprendizes, grupos ou agentes artificiais. A qualquer momento o professor poderá enviar e receber mensagens dos aprendizes. Além disso, o MATHNET pode funcionar sem a presença *online*

do professor. Neste caso, as mensagens destinadas/originadas pelo professor podem ser enviadas/recebidas fora da sessão de aprendizagem. Um exemplo disso pode ser observado na utilização do Banco de Dúvidas, o qual é um repositório de dúvidas compartilhado, onde os aprendizes cadastram suas dúvidas, colocando-as à disposição de todos os usuários do sistema, podendo ser respondidas tanto pelo professor quanto pelos aprendizes.

Muitas são as maneiras que um sistema de aprendizagem cooperativa tem para incentivar e propor interações entre os aprendizes. O Projeto MATHNET tem despendido esforços nesta área de pesquisa. Alguns outros trabalhos têm apresentado alguns resultados. O sistema PairSM (BULL et al., 1997), faz uma comparação com os modelos dos aprendizes e, baseado nos conceitos da Zona Proximal de Desenvolvimento (VYGOTSKY, 1978), infere quais conhecimentos pares de aprendizes podem revelar quando trabalham juntos. Através desta inferência, o sistema poderá recomendar interações entre pares de aprendizes de acordo com os conhecimentos que eles podem vir a desenvolver através de interações.

Em (NAKAMURA et al., 1996) são apresentados alguns métodos utilizados para estimular aprendizes à discussão em grupos, através da intervenção de um pseudo-aprendiz (artificial). Esses métodos utilizam-se do modelo do aprendiz para adaptar as intervenções:

- i) **Responder uma declaração desprezada:** quando a discussão torna-se muito ativa, muitas declarações feitas por alguns aprendizes menos competentes tornam-se desprezadas e tendem a não ser comentadas pelos outros. Um pseudo-aprendiz faz comentários sobre suas declarações, encoraja-os.
- ii) **Fingir não conhecer a resposta:** em um grupo de aprendizagem, os aprendizes tendem a depender de um aprendiz mais hábil que todos os outros. O sistema simula um pseudo-aprendiz hábil. Portanto, quando um aprendiz menos competente faz perguntas a esse pseudo-aprendiz, ele não responde a algumas perguntas e nem as encaminha para os aprendizes capazes de respondê-las. Isso estimula as discussões em busca das respostas.
- iii) **Falar ativamente:** quando um aprendiz não está discutindo com os *colegas*, um pseudo-aprendiz fala ativamente com ele, através da interface do aprendiz, comentando várias questões de domínio deste aprendiz e relevantes ao que está sendo estudado, para estimulá-lo a discutir.

- iv) **Sustentar uma opinião minoritária:** o sistema, através de um pseudo-aprendiz, comenta opiniões de aprendizes menos *competentes* que a maioria discorda ou não quer comentar. Isso incentiva aprendizes mais tímidos a sempre participar das discussões.

#### 4.2.4 Modelo de Domínio

O domínio de conhecimento a ser ensinado no sistema MATHNET é organizado e estruturado como uma extensão da visão multidimensional do modelo proposto em (COSTA, 1997), cujo domínio de conhecimento ( $D$ ) pode ser visto em uma série de contextos distintos ( $C_1, \dots, C_z$ ). Conforme ilustrado na Figura 4.5.

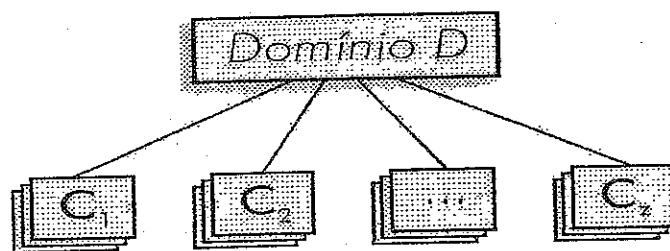


Figura 4.5 Visão de um domínio de aprendizagem  $D$

- **Unidades Pedagógicas**

Uma unidade pedagógica é um conjunto de unidades de conhecimento ( $uc_i$ ) relativas a um contexto. As unidades pedagógicas são organizadas de acordo com a estrutura pedagógica estabelecida para seu contexto.

Estrutura pedagógica é uma organização do conhecimento em critérios de pré-requisitos que visam estabelecer possíveis sequências nas quais o conteúdo pode ser ensinado. Como pode ser visto na Figura 4.6, a estrutura pedagógica do contexto estende-se para todas as profundidades. Na Figura 4.6 mostra-se um fragmento de uma estrutura pedagógica representada através de um *diagrama de Hasse*<sup>4</sup>. Os pontos nomeados por  $up_1, \dots, up_n$

<sup>4</sup> Em um diagrama de Hasse uma ligação entre dois pontos significa que o ponto de nível mais baixo tem precedência sobre o ponto de nível mais alto. Dois pontos de mesmo nível não são comparáveis.

representam algumas das unidades pedagógicas nas quais o conteúdo foi particionado para esta estrutura.

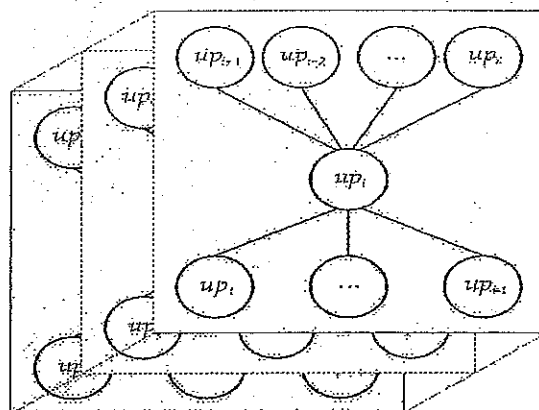


Figura 4.6 – Exemplo de uma estrutura Pedagógica de um contexto em três profundidades.

A ordem implícita no diagrama nos diz que a unidade pedagógica  $up_i$  tem como pré-requisitos todas as unidades pedagógicas  $up_1, \dots, up_{i-1}$ , da mesma forma,  $up_i$  é um pré-requisito para os conhecimentos presentes nas unidades pedagógicas  $up_{i+1}, \dots, up_n$ . Pode-se ainda observar que as unidades pedagógicas no mesmo nível da estrutura não mantêm relação de pré-requisito entre si.

Com a finalidade de visualizar melhor o modelo, mostra-se na Figura 4.7 um exemplo de um fragmento de uma estrutura pedagógica no domínio de Física (Mecânica) em um determinado contexto, em apenas uma profundidade (Paraná, 1993).

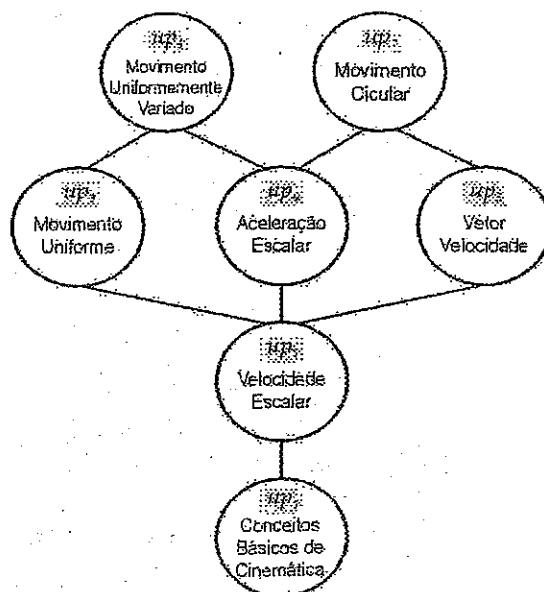


Figura 4.7 Exemplo de um fragmento de uma estrutura

Pode-se observar que  $up_1$  é um pré-requisito para todas as outras unidades pedagógicas e ainda que  $up_3$ ,  $up_4$  e  $up_5$  estão no mesmo nível da estrutura, não mantendo entre si nenhuma relação de pré-requisito.

$$UNIDADES = \{up_1, up_2, up_3, up_4, up_5, up_6, up_7\}$$

$$\text{Pré-requisitos} = \{(up_1, up_2), (up_2, up_3), (up_2, up_4), (up_2, up_5), (up_3, up_6), (up_4, up_6), (up_4, up_7), (up_5, up_7)\}$$

Para uma estrutura pedagógica, o sistema poderá escolher uma sequência de aprendizagem que julgar ser mais adequada para o ensino do conteúdo.

Uma sequência de aprendizagem é uma sequência na qual as unidades pedagógicas podem ser dispostas (para estudo) respeitando a ordem de pré-requisitos imposta pela estrutura pedagógica.

Pode-se visualizar, observando a Figura 4.8 dois exemplos de sequências de aprendizagem para uma determinada estrutura pedagógica em um nível de profundidade.

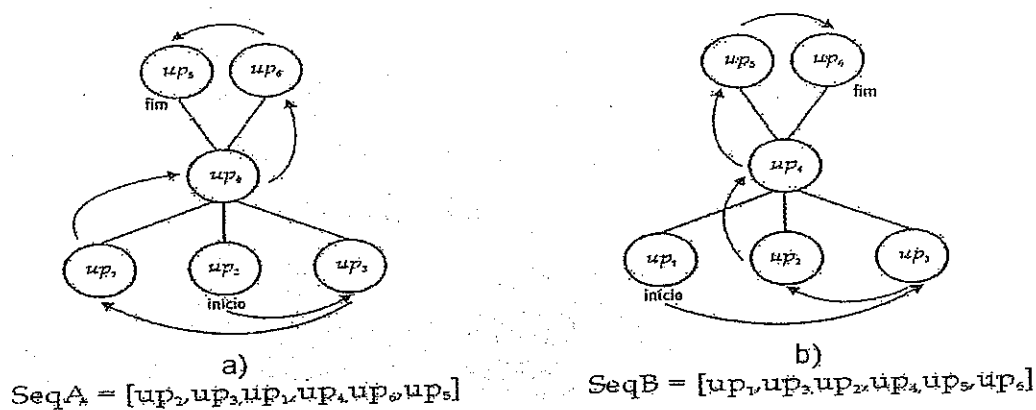


Figura 4.8 – Exemplos de Sequências de Aprendizagem

#### • Unidades de Conhecimento

Uma unidade de conhecimento ( $uc_i$ ) pode ser entendida como sendo um conceito ou uma habilidade que um aprendiz poderá aprender ( $uc_i =$  conceito ou habilidade).

Já foi dito anteriormente que unidade pedagógica é um conjunto de unidades de conhecimentos. Portanto uma unidade pedagógica pode ser vista também como sendo um conjunto de conceitos e habilidades. Ver Figura 4.9.



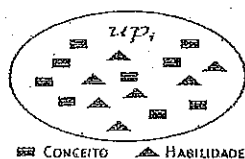




Figura 4.9 - Conceitos e Habilidades de uma Unidade Pedagógica

Pode-se ainda dizer que uma unidade pedagógica  $up_i$  é um par  $\langle C_i, H_i \rangle$ , onde  $C_i$  é o conjunto de conceitos e  $H_i$  é o conjunto de habilidades da unidade pedagógica.

$$C_i = \begin{Bmatrix} c_{i,1,1}, \dots, c_{i,1,k} \\ c_{i,2,1}, \dots, c_{i,2,k} \\ \vdots \\ c_{i,p,1}, \dots, c_{i,p,k} \end{Bmatrix} \quad H_i = \begin{Bmatrix} h_{i,1,1}, \dots, h_{i,1,j} \\ h_{i,2,1}, \dots, h_{i,2,j} \\ \vdots \\ h_{i,p,1}, \dots, h_{i,p,j} \end{Bmatrix}$$

a profundidade varia de 1 a  $p$ , a quantidade de conceitos de 1 a  $k$  e a quantidade de habilidades de 1 a  $j$ .

Tabela 4.1 – Exemplos de conceitos e habilidades de uma unidade pedagógica.

Tipo de unidade de conhecimento	Primeira Profundidade	Segunda Profundidade
<b>Conceitos</b> 	(c <sub>6.1.1</sub> ) Função da velocidade no MUV (c <sub>6.1.2</sub> ) Função horária nos espaços no MUV (c <sub>6.1.3</sub> ) A expressão de Torricelli	(c <sub>6.2.1</sub> ) Gráfico $v \times t$ (c <sub>6.2.2</sub> ) Gráfico $a \times t$ (c <sub>6.2.3</sub> ) Gráfico $S \times t$
<b>Habilidades</b> 	(h <sub>6.1.1</sub> ) Identificar a velocidade inicial ( $V_0$ ) (h <sub>6.1.2</sub> ) Identificar a aceleração ( $a$ ) (h <sub>6.1.3</sub> ) Identificar o tempo ( $t$ ) (h <sub>6.1.4</sub> ) Calcular a velocidade inicial ( $V_0$ ) (h <sub>6.1.5</sub> ) Calcular a velocidade ( $V$ ) (h <sub>6.1.6</sub> ) Calcular a aceleração ( $a$ ) (h <sub>6.1.7</sub> ) Calcular o tempo ( $t$ ) (h <sub>6.1.8</sub> ) Calcular o Espaço Inicial ( $S_0$ ) (h <sub>6.1.9</sub> ) Calcular o Espaço ( $S$ )	(h <sub>6.2.1</sub> ) Construir o gráfico $v \times t$ (h <sub>6.2.2</sub> ) Construir o gráfico $a \times t$ (h <sub>6.2.3</sub> ) Construir o gráfico $S \times t$

A cada conceito poderá estar associado a um ou mais recursos. Recursos são os itens de multimídia (texto, áudio, vídeo) apresentados para introduzir ou reforçar uma unidade de conhecimento.

Para ilustrar sobre as unidades de conhecimentos (conceitos e habilidades), descreve-se na Tabela 4.1 os conceitos e habilidades da unidade pedagógica  $up_6$ , conforme o exemplo visto na Figura 4.7.

As unidades de conhecimentos são dispostas em profundidades de contexto. Uma unidade de conhecimento pode estar relacionada com uma ou várias unidades de conhecimento em um outro nível de profundidade. Observe a Figura 4.10, que ilustra conceitos de uma unidade pedagógica ( $up_i$ ) relacionados entre si em níveis de profundidade.

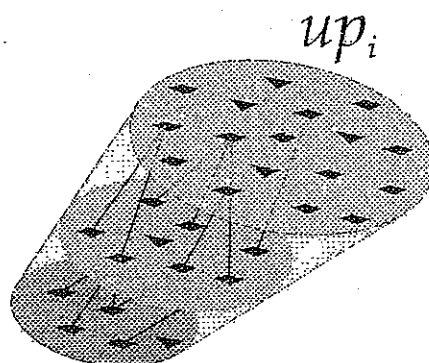


Figura 4.10 – Conceitos de uma unidade pedagógica - relacionamento em níveis de profundidade

O relacionamento de profundidade entre as unidades de conhecimento permite ao sistema decidir com facilidade qual será a próxima unidade de conhecimento a ser apresentada ao aprendiz, caso ele queira se aprofundar no assunto em estudo.

Os conceitos em duas profundidades de  $up_6$ , descritos na Tabela 4.1, podem estar relacionados conforme pode ser visto na Figura 4.11.

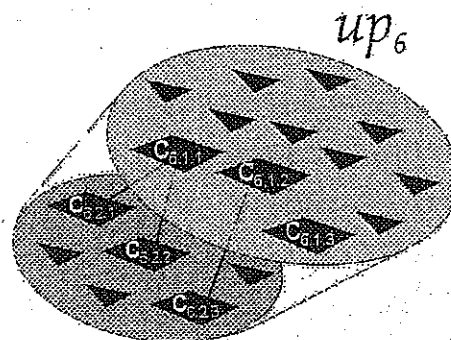


Figura 4.11 – Exemplo de relacionamento entre conceitos

Observa-se na Figura 4.11, que o conceito  $C_{6.1.1}$  (primeira profundidade) está relacionado com os conceitos  $C_{6.2.1}$  e  $C_{6.2.2}$ , presentes na segunda profundidade. Visualiza-se

ainda que o conceito  $C_{6.1.2}$  (primeira profundidade) está relacionado com o conceito  $C_{6.2.3}$  (segunda profundidade).

- **Domínio de Problemas**

Um domínio de problemas é uma catalogação dos problemas relativos a um contexto, os quais são utilizados durante o ensino das unidades de conhecimento. Um problema pode estar associado a uma ou várias unidades de conhecimento (ver Figura 4.12).

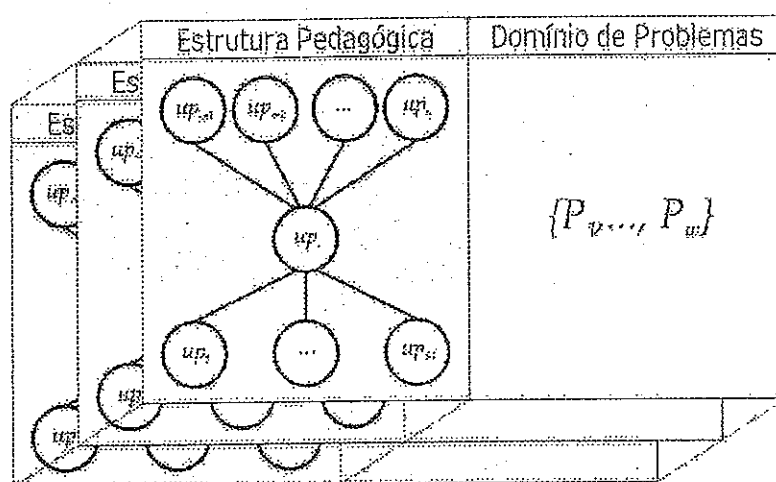


Figura 4.12 – Domínio de Problemas

Os problemas são apresentados ao aprendiz ou grupo durante as atividades de aplicação do conhecimento, avaliação de grupos e individual. A escolha do problema a ser apresentado depende da crença que o sistema tem sobre o nível de conhecimento do aprendiz na unidade pedagógica em estudo. Isso é feito através do uso da modelagem do aprendiz.

Para facilitar os serviços dos agentes artificiais do sistema, no que diz respeito a escolha do problema mais adequado e a ajuda durante a resolução de problemas, um problema é composto de várias partes, são elas: **1) Enunciado:** é como o problema será apresentado ao aprendiz; **2) Dados:** são dados utilizados pelo aprendiz na resolução do problema; **3) Conhecimentos:** são *links* para as unidades de conhecimento relacionadas ao problema; **4) Passos:** são regras que darão suporte ao sistema no momento em que o mesmo tentar traçar os planos do aprendiz durante a resolução do problema.

### • Atividades Pedagógicas

As atividades de ensino-aprendizagem, no sistema MATHNET, são classificadas em seis tipos (ver Figura 4.13). Cada tipo de atividade tem funções específicas que são desempenhadas com o uso de estratégias pedagógicas apropriadas, escolhidas de acordo com o modelo do aprendiz (COUTINHO et al., 2000).

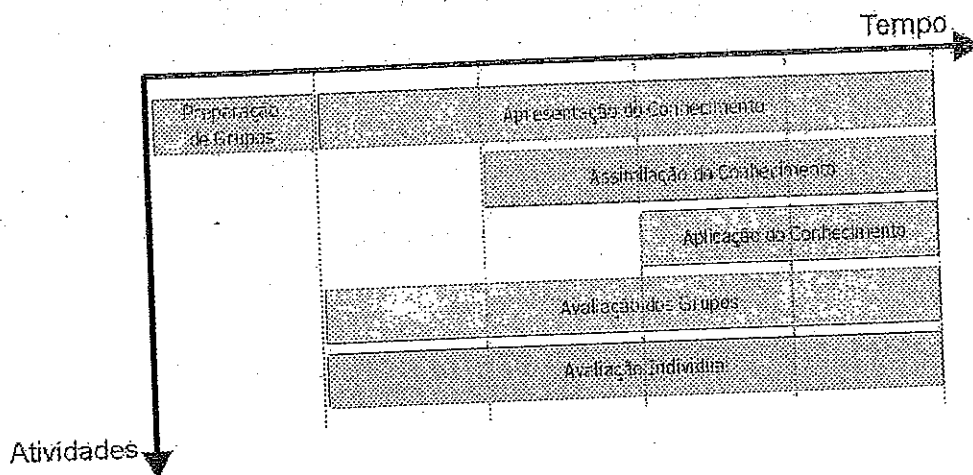


Figura 4.13 – Sequência de atividades pedagógicas no MATHNET

Antes de iniciar as sessões de ensino-aprendizagem, o aprendiz preenche alguns formulários, fornecendo ao sistema informações pessoais, preferências e atributos relevantes para a formação dos grupos. Em seguida, é cadastrado no sistema, e finalmente, recebe instruções sobre utilização da interface a ele disponível. Após essas preliminares, o sistema dará início às atividades pedagógicas.

**Preparação de Grupos:** ocorre sempre no início de uma sessão de aprendizagem, com a finalidade de preparar os grupos para as atividades de ensino-aprendizagem. Nesse momento, o professor, baseado nas informações dos aprendizes e com o auxílio do sistema poderá organizar os aprendizes em grupos. Este tipo de atividade pode ser entendido como uma das fases de planejamento do curso. Essa preparação é indispensável para todas as sessões. As atividades subsequentes são típicas de ensino-aprendizagem e avaliação e a sua sequência depende da estratégia global estabelecida pelo professor.

**Apresentação do Conhecimento:** corresponde à apresentação do conteúdo nos terminais dos aprendizes. O Agente Estrategista define o conteúdo e a estratégia específica de apresentação mais adequada, com base no perfil de cada aprendiz.

**Assimilação do Conhecimento:** este é o primeiro tipo de atividade realmente cooperativa. Onde, os aprendizes, organizados em grupos, interagem entre si com o objetivo de assimilar o conhecimento apresentado. O Agente Tutor e o Professor poderão intervir nas interações se assim julgar necessário.

**Aplicação do Conhecimento:** esta atividade é muito importante na fixação do conhecimento supostamente adquirido. Os aprendizes trabalham cooperativamente na realização de tarefas, como por exemplo, resolução de problemas.

**Avaliação do Grupo:** a atividade de avaliação é iniciada desde o momento da realização da primeira atividade de ensino-aprendizagem. No entanto, é principalmente nas atividades de Avaliação de Grupo e Avaliação Individual que acontece a Avaliação Final de Sessão, ou a avaliação propriamente dita. Todas as atividades de ensino-aprendizagem (Apresentação, Assimilação e Aplicação do Conhecimento) auxiliam o sistema na composição do processo avaliativo.

A Avaliação Final de Sessão é realizada pelo Agente Tutor, com o objetivo de complementar a avaliação feita ao longo da sessão. Para isso, o Agente Tutor leva em consideração as informações presentes no modelo do grupo e alguns critérios pré-estabelecidos pelo professor, no início da sessão. Os mesmos métodos utilizados na Aplicação do Conhecimento podem ser aqui utilizados.

**Avaliação Individual:** o sistema realiza a avaliação individual de forma semelhante à Avaliação do Grupo, com a diferença que o sistema avalia o aprendiz individualmente e não em grupo. Portanto, as tarefas são apresentadas para o aprendiz individualmente e o modelo do aprendiz individual é consultado para dar suporte à avaliação.

- **Estratégias Pedagógicas**

Mesmo que as pessoas possuam o mesmo nível de conhecimento, normalmente, o estilo de aprendizagem de cada um é diferente. Alguns aprendem mais facilmente participando de atividades de discussão, outros por meio de observações, outros através de exemplos, analogias, etc. Para adaptar o ensino ao estilo de aprendizagem de cada aprendiz ou grupo são utilizadas as estratégias pedagógicas. Estratégias pedagógicas são métodos e

técnicas pedagógicas utilizados pelo professor, objetivando uma maior eficiência no processo de ensino-aprendizagem, frente às diferenças comportamentais dos aprendizes.

Tradicionalmente, um professor pode mudar a estratégia pedagógica utilizada, caso perceba que o assunto está sendo ensinado de forma não muito eficiente. Ele pode fornecer explicações, introduzir exemplos, desafiar o aprendiz com questões, omitir a parte introdutória do assunto, e muitas outras estratégias de ensino que são utilizadas no dia-a-dia de um professor. Essa flexibilidade do professor para mudar a estratégia pedagógica tem fornecido eficiência na condução do ensino (SPENSLEY, 1990). Mas para esse professor, a adaptação das estratégias pedagógicas ao estilo de cada aprendiz, somente é possível se a quantidade de aprendizes for relativamente pequena, pois ele necessita obter muitas informações para adequar-se às particularidades pessoais e o estado de conhecimento de cada aprendiz. Esse limite de aprendizes pode ser superado com a informatização desse processo, através do uso de Sistemas Tutores Inteligentes.

Apesar dos STI possuírem capacidade de interagir com muitos aprendizes ao mesmo tempo, tradicionalmente, um STI apresenta pouca flexibilidade a respeito do uso de estratégias pedagógicas, e normalmente é desenvolvido seguindo uma estratégia fixa que seria aplicada para todos os aprendizes (ABOU-JAOUDE et al., 1998). Para que um STI interaja de forma eficiente e personalizada com os aprendizes é necessário *imitar* ao máximo a capacidade que o professor humano possui na mudança de estratégias pedagógicas.

O MATHNET possui a possibilidade de múltiplas estratégias pedagógicas, como também introduz o conceito de Agente Estrategista que interage com o Agente de Modelagem do Aprendiz para selecionar a estratégia mais adequada de ensino com base no modelo do aprendiz. Existem dois tipos de estratégias utilizadas pelo Agente Estrategista MATHNET: 1) **Estratégia Global**: estratégia definida ou modificada pelo professor nos intervalos entre as sessões de ensino-aprendizagem; e 2) **Estratégias Específicas de Atividades**: estratégias que podem ser modificadas pelo Agente Estrategista ou professor durante as atividades em uma sessão.

A seguir relacionaremos algumas estratégias pedagógicas utilizadas pelo MATHNET. No entanto, outras estratégias podem ser acrescentadas às já existentes. Inclusive, está sendo pesquisada a viabilidade de se incluir ao MATHNET um **Editor de Estratégias Pedagógicas**.

### 1) Estratégia Global

A Estratégia Global faz parte do planejamento pedagógico realizado antes do início de uma sessão de ensino-aprendizagem. Essa estratégia diz respeito à seqüência das atividades pedagógicas e ao tempo alocado para cada uma delas. Portanto, nessa estratégia é definida:

- i) **a seqüência das atividades durante a sessão:** a seqüência das atividades é muito importante para o bom andamento do processo de ensino-aprendizagem. Por exemplo, uma sessão poderá iniciar com uma atividade de assimilação de conhecimento, depois finalizar com as avaliações de grupo e individual;
- ii) **o tempo de duração alocado para cada uma das atividades:** para cada tipo de atividade será alocado um tempo para que a sessão tenha um limite de tempo máximo para terminar. Isso facilita o sincronismo entre as tarefas realizadas pelos grupos.

### 2) Estratégias Específicas de Atividades

Durante as atividades de ensino-aprendizagem e avaliação, muitas estratégias podem ser adotadas (FERREIRA, 1998) (FRASSON et al., 1997) (FRASSON, 1998). No entanto, o uso destas limita-se aos recursos disponíveis em um ambiente de aprendizagem. Nesta pesquisa, identificam-se algumas estratégias específicas que podem ser adotadas pelo Agente Estrategista MATHNET, conforme o tipo de atividade:

#### • Estratégias de Apresentação

- **Expositiva:** trata-se de uma aula convencional, porém apresentada com recursos multimídia no terminal de cada um dos aprendizes;
- **Argüição:** inicia a apresentação com questionamentos, seguidos de respostas a cerca do conteúdo a ser ensinado. Suscita a curiosidade dos aprendizes e os motiva para uma participação mais intensa no decorrer da aprendizagem;
- **Analogia:** consiste em estabelecer comparações entre o que será ensinado e o mundo real, facilitando assim a fixação do assunto por parte dos aprendizes;

- **Contagem de histórias:** trata do assunto de forma simples e ajuda na rápida fixação por meio de histórias relatadas.

- **Estratégias de Assimilação**

Na fase de assimilação, os aprendizes estarão interagindo, discutindo e trocando informações entre si, em busca da assimilação do conteúdo apresentado. O *Agente Tutor* poderá intervir na discussão, sugerindo uma questão para um aprendiz (aprendizes ou grupo), mostrando uma opinião oposta, levantando discussões com aprendizes pouco interativos, etc. (NAKAMURA et al., 1996).

- **Estratégias de Aplicação**

- **Negociação:** os aprendizes trabalham juntos. Eles *negociam* uns com os outros durante todas as etapas do problema a fim de solucioná-lo em conjunto, da melhor forma possível;
- **Competição:** nesta estratégia, a mesma tarefa é alocada para todos os membros do grupo. Cada aprendiz tenta resolvê-la separadamente no menor espaço de tempo possível. Depois interagem entre si para apresentar as respostas e expor suas dúvidas;
- **Co-Ação:** semelhante à estratégia anterior, mas não há competição entre eles.
- **Complemento:** permite que a tarefa alocada para o aprendiz represente uma pequena parte de uma tarefa maior. Assim, a realização do trabalho depende da performance na realização das sub-tarefas por parte de cada um.
- **Assistência:** algumas tarefas são alocadas para determinados aprendizes para resolução, os quais podem auxiliá-lo quando necessário.

- **Estratégias de Avaliação de Grupo**

Nesse tipo de atividades, as estratégias que podem ser utilizadas são as mesmas da Aplicação de Conhecimento. Nesse momento o sistema propõe aos aprendizes a realização de tarefas a fim de completar a avaliação dos grupos.



### • Estratégias de Avaliação Individual

Nesse tipo de atividade não existem muitas possibilidades de estratégias pedagógicas. Cada aprendiz se depara com tarefas individuais (ex: resolver uma lista de problemas de Física) e não pode interagir com os outros componentes de seu grupo e nem receber dicas do sistema para a realização destas.

Cada estratégia pedagógica possui vantagens peculiares no processo de ensino-aprendizagem. Elas devem ser escolhidas adequadamente, de acordo com o estilo de aprendizagem de cada aprendiz/grupo, visando a eficiência durante o processo de ensino. Para isso, critérios devem ser estabelecidos com base no tipo de domínio, na forma de ensinar o domínio e nas informações que o sistema tem sobre os aprendizes. Os critérios são assim definidos dentro da estratégia global e das específicas de atividades, a saber:

#### a) Estratégia Global

Quanto à Estratégia Global, o professor define a seqüência das atividades e o tempo para cada uma delas de acordo com a forma de ensinar o assunto. Por exemplo, sendo Física, o assunto a ser ensinado, em uma sessão de 1:40 minutos de duração, o professor poderá enfocar a aplicação do conhecimento da seguinte forma:

- i) **Apresentação do Conhecimento – 20 minutos:** após a preparação dos grupos, inicia-se a sessão com a apresentação do assunto em estudo;
- ii) **Aplicação do Conhecimento – 55 minutos:** aplica o conhecimento, propondo para os aprendizes/grupos atividades relacionadas ao assunto apresentado;
- iii) **Avaliação de Grupos e Individual – 25 minutos:** avalia os grupos e aprendizes.

#### b) Estratégias Específicas de Atividades

A escolha das Estratégias Específicas de Atividades é responsabilidade do Agente Estrategista. No entanto, o professor poderá a qualquer momento modificar uma estratégia específica, caso discorde com a decisão do Agente Estrategista em razão de perceber que o andamento do curso não está sendo satisfatório. O Agente Estrategista seleciona essas estratégias com base em dois critérios:

- i) **Domínio a ser ensinado:** a escolha das estratégias está estritamente relacionada ao tipo de conteúdo a ser ensinado. Ao criar o modelo do domínio, o professor define preferências para determinadas estratégias específicas;
- ii) **Informações sobre o aprendiz:** o Agente Estrategista utiliza informações contidas no modelo do aprendiz.

#### • **Processo Avaliativo dos Aprendizes**

Avaliar consiste em fazer um julgamento sobre resultados, comparando o que foi obtido com o que se pretendia alcançar (HAYDT, 1997). Dessa forma, a avaliação pode ser útil para orientar tanto os aprendizes quanto o professor, de forma que: 1) fornece informações ao aprendiz para melhorar sua atuação; e 2) dá elementos ao professor para aperfeiçoar seus procedimentos pedagógicos.

A avaliação não visa eliminar aprendizes, mas orientar o processo de aprendizagem. Nesse sentido, a avaliação permite ao aprendiz conhecer seus erros e acertos, auxiliando-o a corrigir suas falhas.

A aprendizagem, assim como qualquer processo psicológico, não pode ser medido ou avaliado de forma trivial. O que pode ser medido são alguns comportamentos que nos ajudam a inferir se houve ou não aprendizagem (TYLER, 1974). Por exemplo, resultados de resolução de problemas, frequência, quantidade e qualidade nas interações, etc.

No MATHNET, a avaliação não se restringe a apenas quantificar os resultados de alguns problemas propostos aos aprendizes. Ela consiste na coleta de dados quantitativos e qualitativos e na interpretação destes com base em critérios previamente estabelecidos pelo professor.

Nas atividades de Avaliação de Grupo e Avaliação Individual que ocorre a Avaliação Final de Sessão. A Avaliação Final de Sessão é um complemento da avaliação realizada ao longo da sessão de aprendizagem, através da representação mantida pelo modelo do aprendiz. Portanto, a avaliação no MATHNET ocorre durante todo o processo de aprendizagem e o modelo do aprendiz é indispensável para a realização desta.

Em função de que na prática cada professor possui sua metodologia de avaliação, no MATHNET, é o professor quem define os parâmetros que serão levados em consideração no processo avaliativo.

O professor define conceitos (Ótimo, Bom, Regular, Ruim) para cada aprendiz ou grupo de acordo com alguns critérios por ele estabelecidos. O professor pode definir determinados pesos para dados critérios, como por exemplo:

- i) Frequência durante as apresentações – peso 2;
- ii) Quantidade e qualidade nas interações – peso 3;
- iii) Conhecimento dos principais conceitos e habilidades envolvidos no assunto – peso 10;
- iv) Resolução de exercícios de avaliação – peso 5;

A partir dos critérios, o sistema poderá realizar o cálculo da avaliação e dispor, ao professor, o resultado em conceitos (Ótimo, Bom, Regular, Ruim). Por sua vez, o professor poderá tomar atitudes a partir desse resultado, como exemplo, apenas apresentá-lo ao aprendiz, ou ainda, enviar mensagens de congratulações para o aprendiz, promover ou não o aprendiz para cursos de nível mais elevado, reorganizar grupos, etc. Ver Figura 4.14.

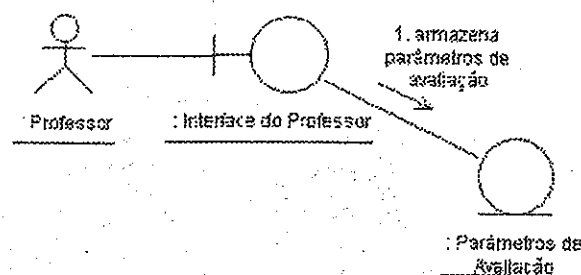


Figura 4.14 – Armazenando os parâmetros de avaliação

Ao longo das atividades pedagógicas, o sistema armazena várias informações sobre os aprendizes que servirão de base para a avaliação dos aprendizes e grupos. Portanto, o Tutor realizará a Avaliação Final de Sessão com base nos parâmetros de avaliação estabelecidos

pelo professor e nas informações sobre os aprendizes, as quais são representadas no modelo do aprendiz.

A forma como o cálculo da avaliação é feito e as maneiras que o professor tem para editar esses parâmetros fogem ao escopo deste trabalho. Destaca-se apenas a importância das informações do modelo do aprendiz no processo de avaliação.

#### 4.2.5 Modelo de um Especialista Avaliador

A modelagem proposta por Andrade Filho (2002) utiliza a lógica fuzzy, proposta por Zadeh em 1965, para a criação de uma base de regras de avaliação, pois a natureza da subjetividade das avaliações do aprendiz e o tratamento da incerteza da lógica difusa serve muito bem para a agregação de diferentes contextos e parâmetros de uma avaliação multiníveis (COSTA, 1997).

A sistemática usada consiste em desenvolver um modelo que possa ser capaz de avaliar aprendizes de acordo com uma estratégia pedagógica adotada e dar uma resposta satisfatória comparada com a de um especialista avaliador, a partir de um banco de dados, histórico de avaliação de desempenho do aprendiz ou grupo de aprendizes.

Na Figura 4.15 é mostrada a proposta para a modelagem de um especialista avaliador e a sua relação com os modelos do aprendiz e do domínio. O modelo do aprendiz fornece informações sobre o mesmo, tais como competências e interesses, dentre outras características. O modelo do domínio informa os contextos e problemas utilizados e aplicados no processo de ensino-aprendizagem.

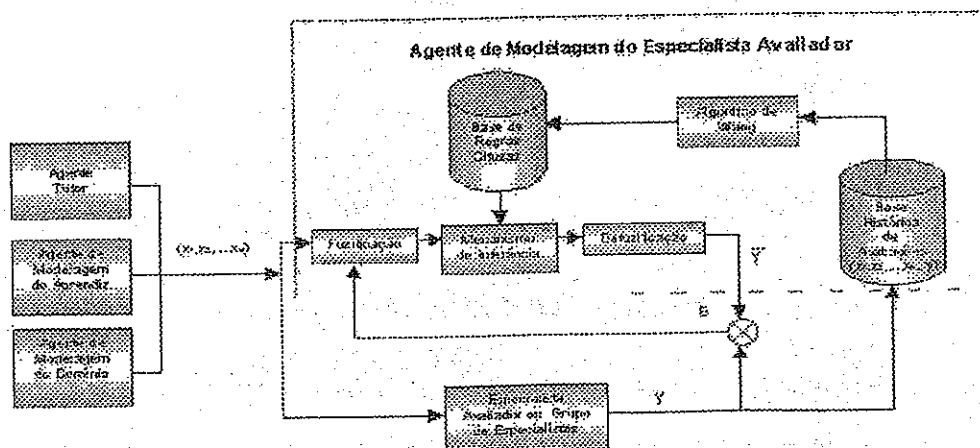


Figura 4.15 Agente de um especialista avaliador

A Figura 4.15, mostra o Agente de Modelagem de um especialista avaliador, onde  $y$  e  $\bar{y}$  representam o desempenho do aprendiz gerado pelo especialista avaliador e o aproximado pelo modelo, respectivamente.

A base histórica de avaliações do especialista avaliador contém as avaliações feitas de vários aprendizes/grupo por um especialista (ou o consenso de vários especialistas), dentro de um contexto específico do domínio de conhecimento. Essa base é de suma importância para a modelagem, pois é através dela que se pode criar uma base de regras difusas que, juntamente com os outros componentes do modelo, vai permitir a avaliação pontual dos aprendizes/grupo.

Conforme mostrado na Figura 4.15, o agente de modelagem de um especialista avaliador utiliza uma base histórica de avaliações e tem uma estrutura geral de um sistema difuso definido por Mendel (MENDEL, 1995). Ele contém quatro componentes básicos: fuzzificação, formação da base de regras difusas (base históricas de avaliações e algoritmo de Wang), mecanismo de inferência e defuzzificação.

O modelo do Especialista Avaliador que possui a função de avaliar o desempenho de aprendizes, em um dado contexto, dentro de um domínio específico de conhecimento. Esta avaliação é importante para auxiliar o *agente de avaliação e diagnóstico do processo multi-estratégico de aprendizagem*. O diagnóstico pode permitir uma modificação dinâmica do ambiente de aprendizagem, adaptando-o à capacidade e comportamento cognitivo do aprendiz.

Para realizar esta tarefa, a teoria da lógica fuzzy aparece como uma via promissora para muitos pedagogos e especialistas (ZADEH, 1988), (AMMAR et al., 1995). Aqui, o agente de avaliação de desempenho do processo (Figura 4.16) será explorado para calcular índices de desempenho difusos com o objetivo de:

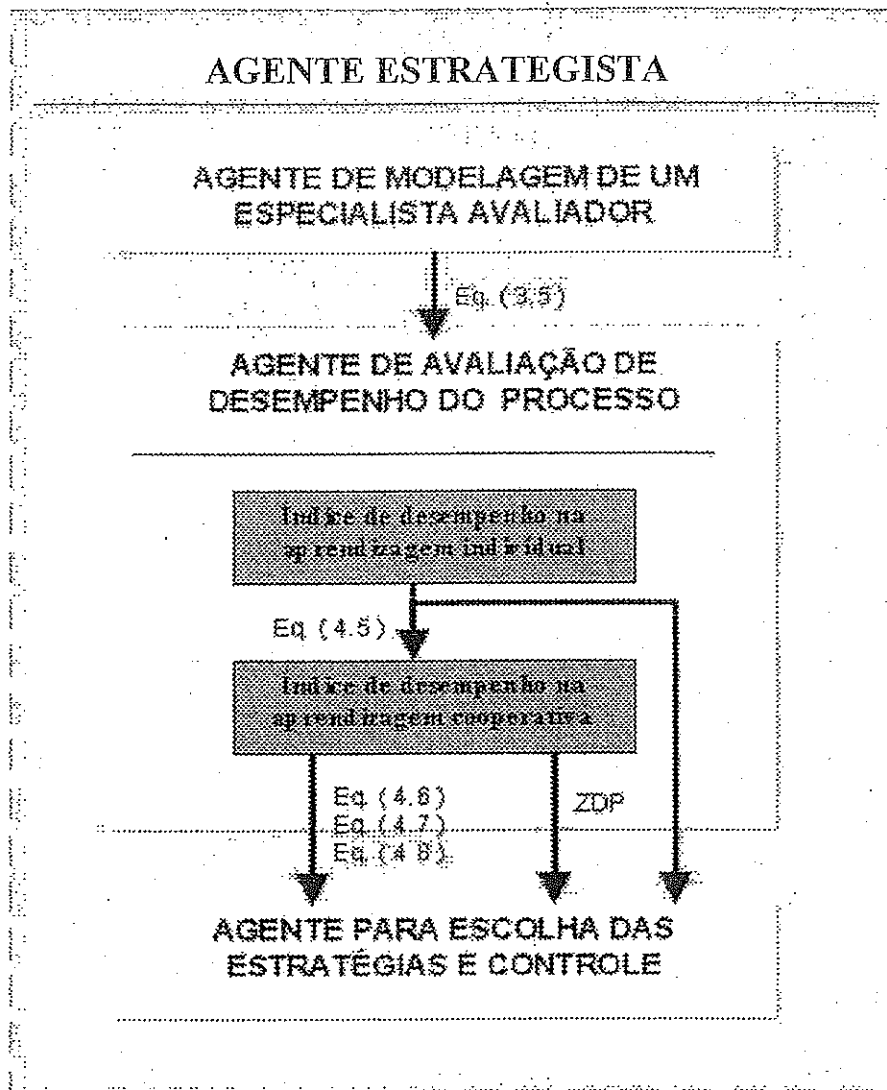


Figura 4.16: Modelagem proposta para o agente estratégico e equacionamento correspondente. (ANDRADE FILHO, 2002)

- a) definir um objeto hipotético (índice de desempenho difuso) que representa uma avaliação global do desempenho do aprendiz ou de um grupo de aprendizes. Pode-se considerar somente um ou vários contextos;
- a) determinar um objeto de referência (índice de desempenho difuso) que possa representar o melhor desempenho do grupo (objetivo a ser alcançado para cada aprendiz do grupo).

#### 4.4 Conclusão

Neste capítulo, descreveu-se o MATHNET, um Ambiente de Ensino/Aprendizagem Cooperativa à Distância.

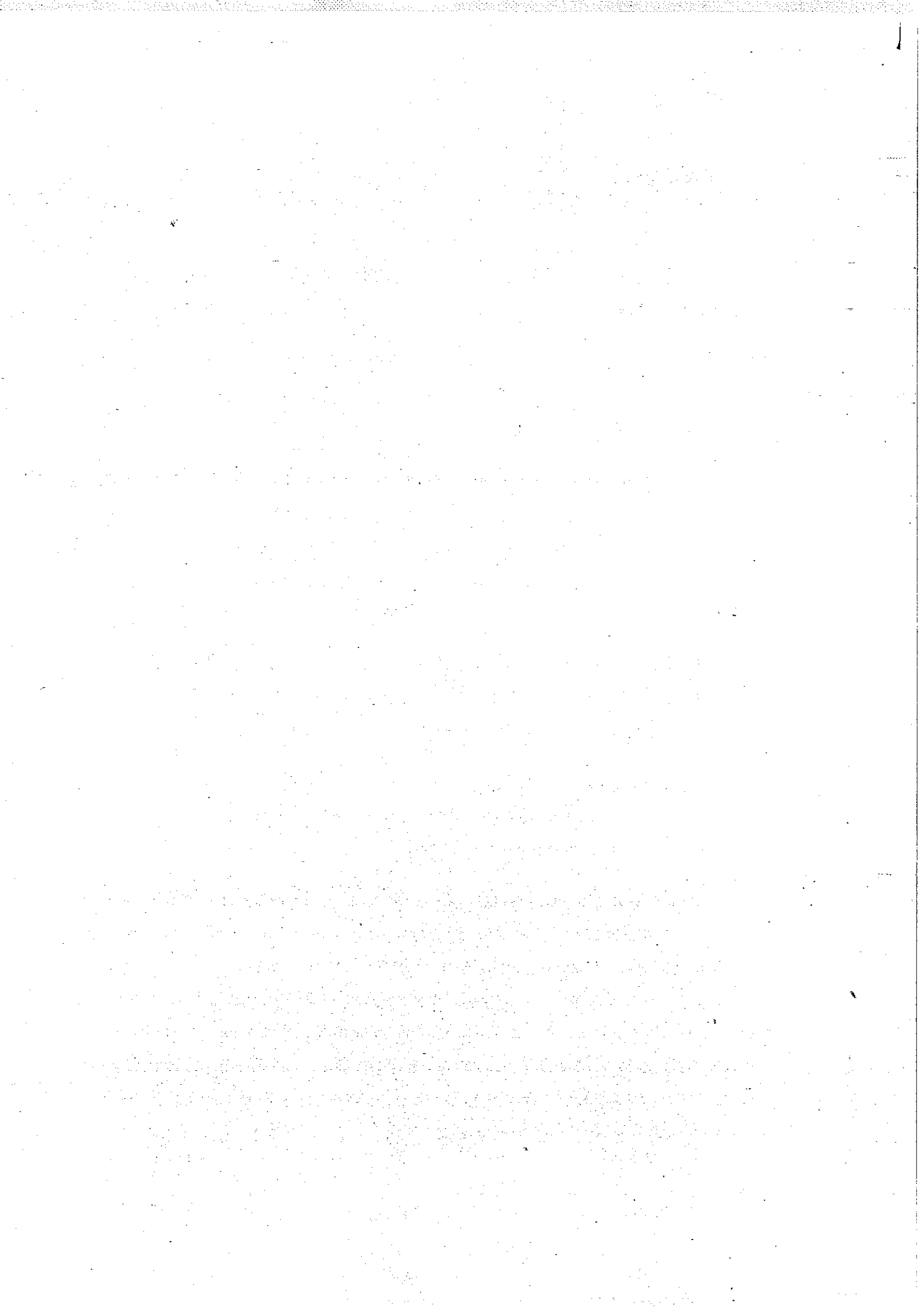
Apresentou-se o ambiente computacional MATHNET e sua arquitetura multiagentes, destacando a função de cada um deles. Explicou-se as atividades pedagógicas cooperativas e a sequência em que podem ser realizadas.

Mostrou-se ainda, o processo de modelagem do aprendiz em um ambiente de aprendizagem cooperativa computadorizada, ambiente MATHNET. Definiu-se quais informações podem ser modeladas ao longo das atividades pedagógicas. Para que o modelo do aprendiz represente somente informações úteis, identificou-se, através dos usos que os agentes do sistema fazem do modelo, quais informações de fato precisam ser modeladas.

Levando-se em consideração o paradigma de aprendizagem cooperativa, o aprendiz modelado pode ser visto como sendo um aprendiz ou grupo de aprendizes. Para isso, são criados modelos individuais e modelos de grupos.

Na construção do modelo do aprendiz, encontrou-se limitações no campo pedagógico e computacional. Mas, apresentou-se então, algumas teorias pedagógicas e computacionais que facilitaram o desenvolvimento desta pesquisa.

Para operacionalizar o processo de modelagem do aprendiz, especificou-se um agente artificial que tem a responsabilidade de prestar consultas, adquirir, manter e representar as informações sobre o aprendiz (individual ou grupo). A esse agente artificial foi denominado de Agente de Modelagem do Aprendiz. Esse agente possui as seguintes características: 1) adquire as informações de forma direta, através da interface do aprendiz, e indireta, através da análise dos passos da resolução de problemas; 2) representa as informações através do uso do método de representação por sobreposição com incertezas; e 3) mantém as informações através do uso da técnica de sobreposição difusa.





## **CAPÍTULO 5**

# **MODELAGEM DAS INTERAÇÕES DO APRENDIZ NOS PASSOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

### **5.1 Introdução**

Neste capítulo apresenta-se a modelagem das interações do aprendiz nos passos da resolução de problemas. Inicialmente aborda-se a resolução de problemas, define-se o que é um problema, o método para resolução de problemas e o processo de análise, modelagem e implementação de um Assistente de Resolução de Problemas - ARP para o ambiente MATHNET de ensino aprendizagem cooperativa computadorizada (BORGES, 2002). Especificam-se as categorias das interações para os passos realizados na resolução de problemas e o agente analisador dessas interações.

### **5.2 Resolução de Problemas**

Na década de 80 surgiram os primeiros estudos relacionados à resolução de problemas. Pelo estudo realizado, observou-se que esta área dispõe de pouco material para pesquisa,

dificultando o entendimento maior sobre os processos utilizados no seu desenvolvimento, sobre a geração de instrumentos que avaliem esses processos e sobre elaboração métodos que auxiliem a capacidade de resolver problemas.

As dificuldades acontecem devido às muitas variáveis envolvidas neste processo, entre elas, o aprendiz, o professor, a tarefa, o contexto, a afetividade e também o nível de desenvolvimento do aprendiz. Deve-se destacar a emoção envolvida nesse processo que varia ao longo do tempo de resolução, os aprendizes iniciam a tarefa com entusiasmo e com o passar do tempo, as reações positivas diminuem e as negativas aparecem.

Os principais resultados das investigações foram que algumas heurísticas, gerais e específicas, podem ser ensinadas e aprendidas e ajudam a melhorar o desempenho dos aprendizes na resolução de problemas; que os conhecimentos anteriores parecem determinar o sucesso na hora da resolução, resolver problemas num ambiente propício ajuda a melhorar o desempenho do aprendiz; algumas estratégias são mais utilizadas que outras e alguns aprendizes não conseguem utilizar as estratégias em outro contexto ou por um logo período de tempo. O aprendiz fixará melhor o conteúdo se a ele for dada uma aplicabilidade, ensinar estratégias por ensinar levará o aprendiz a uma mera memorização.

Um outro resultado interessante está no desempenho dos aprendizes pesquisados, que está longe do que seria desejável. Embora possuam um certo conhecimento, os aprendizes não sabem como utilizá-lo e não percebem qual é a pergunta do problema.

### **5.3 Conceituando Problemas**

Problema é qualquer situação em que se precisa encontrar uma solução, nos mais variados contextos, seja um pneu furado do carro, uma torneira com vazamento, uma máquina de costura, sem linha. Estes são exemplos que retratam o conceito de problema que é em si bastante amplo.

Os problemas aqui abordados restringem-se a problemas educacionais ou acadêmicos (Português, Matemática, Física, etc.), sendo ainda mais especificamente voltado para problemas de domínio formal, que são resolvidos através da aplicação de passos, e mesmo neste domínio, abordar-se-ão apenas problemas da Física.

No contexto acadêmico, a palavra “problema” normalmente é empregada de forma equivocada nas salas de aula. Geralmente chama-se de problemas, uma série de exercícios aplicados pelo professor, que necessitam da aplicação rotineira de um procedimento já estabelecido. Os exercícios geralmente consistem em trabalhar certo número de atividades idênticas ou quase idênticas às que o professor usou de exemplo em sala de aula. Esta rotina é válida para a fixação, mas não é suficiente para compreensão plena sobre a resolução de problemas.

Por essa ótica, deve-se atentar para que as atividades de resolução de problemas apareçam também como situações novas para os indivíduos que irão resolvê-las e com isto gerar oportunidades aos aprendizes para que eles realmente resolvam problemas.

Um problema é toda situação que requer a descoberta de informações desconhecidas para a pessoa que tenta resolvê-lo, e/ou a invenção de uma demonstração de um resultado dado. O fundamental é que o resolvidor tenha de inventar estratégias e criar idéias, ou seja, pode até ocorrer que o resolvidor conheça o objetivo a chegar, mas só estará enfrentando um problema se ele ainda não tem os meios para atingir tal objetivo.

Algumas características de problemas foram apontadas por Resnick apud Davis, 1995, como segue:

- Sem algoritmização: o caminho da resolução é desconhecido, ao menos em boa parte.
- Complexos: precisam de vários pontos de vista.
- Exigentes: a solução só é atingida após intenso trabalho mental; o caminho pode até ser curto, mas tende a ser difícil;
- Exigem lucidez e paciência: para na aparente desordem ver as regularidades, os padrões que permitirão a construção do caminho até a solução;
- Nebulosos: pode ocorrer que nem todas as informações necessárias estejam aparentes; por outro lado, pode ocorrer que existam conflitos entre as condições estabelecidas pelo problema;

- Não há resposta única: além de normalmente ocorrer de existirem várias maneiras de se resolver um dado problema, pode ocorrer de não existir uma única solução e até de não existir solução.

## 5.4 Resolução de Problemas no MATHNET

Para auxiliar na avaliação de conteúdo ministrado, na fixação do mesmo e tirar dúvidas do aprendiz enquanto resolve problemas no Sistema MATHNET, considerando o grau de aprendizagem e fixação dos assuntos ministrados aos aprendizes, e até mesmo para quantificar através de avaliações (provas) esta aprendizagem, e desta forma questionar a eficiência apresentada pelo sistema, torna-se necessário a existência de um o Assistente de Resolução de Problemas – ARP<sup>1</sup> que utiliza a funcionalidade destas interações, em momentos específicos quando requisitado, tendo como objetivo a modelagem, o armazenamento e a resolução de problemas propostos e também análise de uma dada solução (BORGES, 2002).

O ARP pode ser utilizado em três fases da seqüência de atividades pedagógicas definidas no sistema MATHNET, todas as etapas para a resolução são utilizadas igualmente, diferindo entre elas o enfoque ou objetivo requerido.

Especifica-se em seguida, como o ARP irá interagir nas fases de Aplicação do Conhecimento, Avaliação dos Grupos e Avaliação Individual mostradas na Figura 5.1

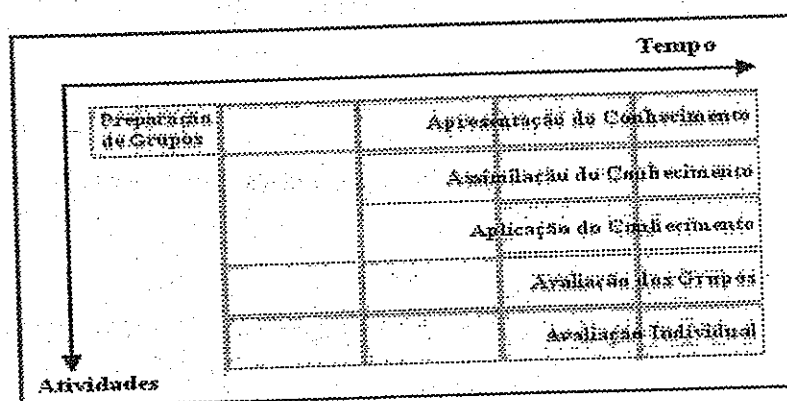


Figura 5.1 – Atividades pedagógicas utilizando o ARP.

- a) *Aplicação do Conhecimento*: nesta fase, o conhecimento já supostamente assimilado é apresentado ao grupo em forma de tarefas para que o mesmo possa resolvê-las de

<sup>1</sup> Para se referir ao Assistente de Resolução de Problemas, usar-se-á a sigla ARP.

maneira interativa com os agentes. Neste ponto as tarefas são atividades práticas que pretendem levar o aprendiz a uma aproximação do contexto ministrado e uma melhor assimilação e fixação.

Tanto a fase de Avaliação do Grupo como a de Avaliação Individual podem ocorrer paralelamente à fase de Aplicação do Conhecimento, sendo que as tarefas propostas servem aos dois propósitos.

- b) *Avaliação do Grupo*: esta atividade pedagógica avalia o grupo, sendo o enfoque aqui o quantificar o tanto que o conjunto de aprendizes, com a cooperação e integração de cada membro reteve do conhecimento.
- c) *Avaliação Individual*: o aprendiz é avaliado individualmente levando em consideração os resultados obtidos na resolução de seus problemas e até mesmo o tempo utilizado para responder. Nesta fase, cada aprendiz tem definido seu aproveitamento e também em que assunto se faz necessário reforço. Neste processo, não se permite a cooperação entre aprendizes e/ou com agentes.

A partir da abstração dos métodos de resolução de problemas de Pólya, (PÓLYA, 1945), e de Serway, (SERWAY, 1996), definiu-se um modelo para o aprendiz efetivar o processo de resolução de problemas, onde foram determinadas seis etapas bem específicas, visando uma melhor interação tanto para o professor na definição e especificações para os problemas, quanto para o aprendiz na resolução do mesmo.

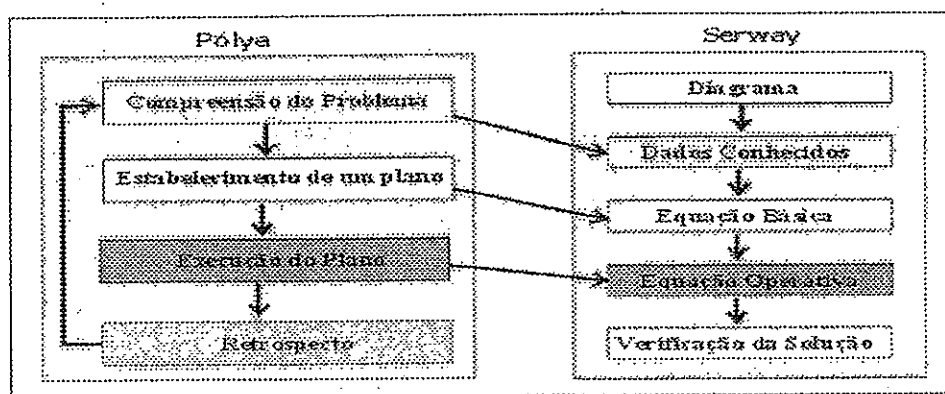


Figura 5.2 – Relacionamento entre o método de Pólya e de Serway.

A figura 5.2 mostra o relacionamento implícito entre o método de George Pólya e de Serway, sem levar em consideração o grau de abrangência de cada ponto apenas considerando a essência de cada um.

As etapas do modelo definido para o aprendiz resolver problemas no MATHNET são as seguintes:

1. *Identificação dos objetivos*: O aprendiz deverá, a partir de um enunciado, identificar qual é a incógnita principal do problema, ou seja, reconhecer o que o problema está pedindo. Se não houver entendimento correto do objetivo, acarretará em prejuízo ao aprendiz.
2. *Coleta de Dados*: A partir do enunciado e da identificação dos objetivos, o aprendiz deverá, reconhecer os dados iniciais presentes, explícitos, que servirão como base para resolução do problema. Estes dados fornecidos no enunciado serão certamente utilizados posteriormente, o que faz necessário sua atenta observação.
3. *Verificação de Conhecimentos Necessários*: Está relacionado com os conhecimentos relativos ao domínio do problema proposto, os quais o aprendiz já deverá possuir, saberá identificá-los e manipulá-los, em virtude desta etapa acontecer anteriormente no processo pedagógico. Os problemas estão necessariamente relacionados com o assunto ministrado pelo professor, logo, os conceitos e fórmulas já foram previamente esclarecidos.

Utilizam-se as idéias descritas por Pólya e Serway, destacadas na cor verde na Figura 5.2, devido às suas semelhanças intrínsecas, para avaliar a compreensão geral do aprendiz em relação ao problema no que diz respeito aos dados iniciais provenientes do enunciado, os conhecimentos necessários e também à identificação do objetivo.

4. *Estratégia*: Elaboração de um caminho lógico a ser percorrido, especificação de passos, a partir dos conhecimentos iniciais (analisados na fase de coleta de dados e verificação de conhecimentos), que levam a uma possível solução. A estratégia adotada é pessoal a cada aprendiz, podendo ser totalmente distinta de um aprendiz para outro. Os passos de resolução correspondem à maneira como o aprendiz organiza as informações em seu poder para encontrar uma informação que não possui.

Na definição da estratégia ou simplesmente dos passos para resolução do problema no MATHNET utilizam-se os conceitos das etapas especificadas na cor amarela na Figura 5.2. O

método de Pólya é mais abrangente em sua especificação, possuindo por isso uma grande quantidade de informações relevantes, já o Serway é mais simplificado contendo apenas o básico para resolução.

5. *Execução*: Aplicar todos os passos definidos na etapa anterior para encontrar uma solução para o problema. A atenção durante a etapa de execução é extremamente importante para se evitar equívocos como troca de valores ou sinais, o que fatalmente conduzirá a um resultado final errado. A execução realiza as substituições, manipulações algébricas e atribuições de valores.

A fase de execução ou da aplicação da estratégia adotada, que é de fundamental importância pra a obtenção de um resultado correto e que representa a validação de todo esforço até aqui, é baseada nos conceitos contidos nas etapas especificadas na cor azul na Figura 6.2.

6. *Verificação*: Todo o processo de resolução é revisto, em busca de uma possível falha ou até mesmo da possibilidade de melhorar a solução. Deve certamente existir mais de uma maneira de resolver um problema, portanto, esta fase é destinada a observação se realmente tudo que foi especificado está coerente e da possibilidade de diminuir a quantidade de passos para se chegar à solução, por exemplo.

Finalmente, os princípios da etapa destacada na cor rosa na Figura 6.2 serão aplicados na verificação da veracidade do resultado obtido, levando em consideração que deve existir um alto grau de confiabilidade nos resultados apresentados.

A técnica de Mapa Mental poderá ser utilizada, visando-se gerar uma representação gráfica de todas as etapas do processo até sua resolução, para melhor fixação e aprendizagem do aprendiz e entendimentos de outra pessoa que venha consultá-lo.

Estas etapas, não necessariamente precisam ocorrer de forma seqüencial, uma exatamente após a outra, na verdade o processo se dá concomitantemente em vista da necessidade de validação a cada etapa ou operação realizada. Sendo, portanto, um tanto quanto difícil a localização ou especificação onde exatamente está ocorrendo cada etapa.

A figura 5.3 mostra as etapas do modelo definido para o aprendiz resolver problemas no MATHNET.

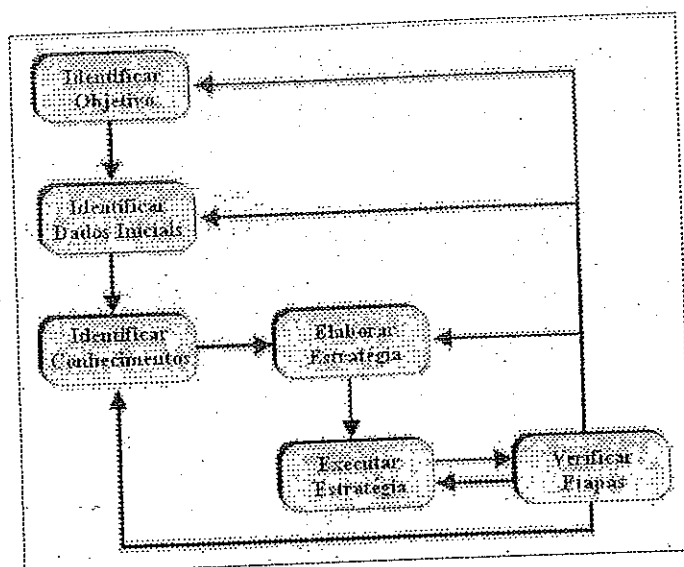


Figura 5.3 – Metodologia de Resolução de Problemas do MATHNET.

A proposta do ARP para o MATHNET, conforme a figura 5.3 consiste basicamente em:

1. *Uma interface de cadastro de problemas:* Na qual o tutor/professor, após ministrar seu conteúdo, cadastrará problemas referentes ao seu domínio, para fixação e/ou avaliação do aprendiz ou grupos, levando em consideração três níveis de dificuldade (básico, médio e avançado) em vistas da adequação ao perfil dos aprendizes.
2. *Uma interface de resolução de problemas:* Onde o aprendiz efetivamente solicitará e resolverá seus problemas e que é composta por um conjunto de outras interfaces, sendo cada uma destinada a um fim específico no processo de resolver problemas definido anteriormente.
- 3) *Uma classe problema:* por onde são modelados os problemas cadastrados pelo professor e utilizada para resolver problemas.
- 4) *Uma classe solução:* que é referente às soluções produzidas pelos aprendizes ou pelo próprio assistente.
- 5) *Funcionalidades agregadas ao agente tutor:* que constituem o núcleo do processo de resolver e analisar problemas.



Este conjunto de objetos, que chamamos ARP do Sistema MATHNET, pode ser visto na Figura 5.4.

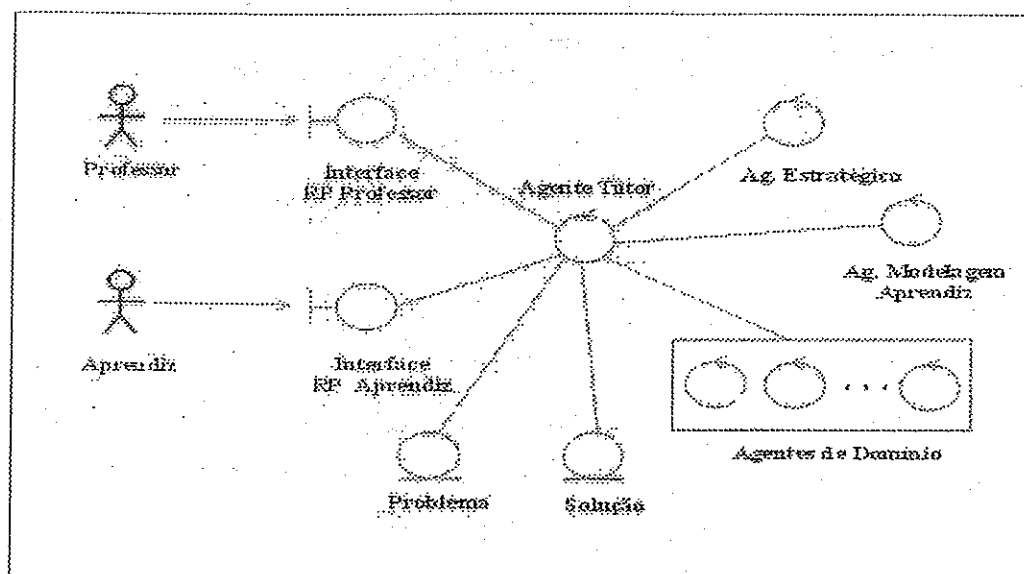


Figura 5.4 – Proposta de Arquitetura para Resolução de Problemas no MATHNET

- Modelagem do Processo de Resolução de Problemas

Apresentam-se os casos de uso envolvidos no processo de resolução de problema: do Professor e do Aprendiz, e o caso de uso Resolver Problemas.

- Casos de Uso

a) Professor

O agente humano, professor, responsável por um dado domínio, é incumbido da tarefa de cadastrar problemas de fixação, levando em consideração os assuntos ministrados.

Através de uma interface os problemas são cadastrados juntamente com as especificações requeridas pelo sistema para sua resolução e armazenados em uma base apropriada.

A figura 5.5 mostra o caso de uso do professor.

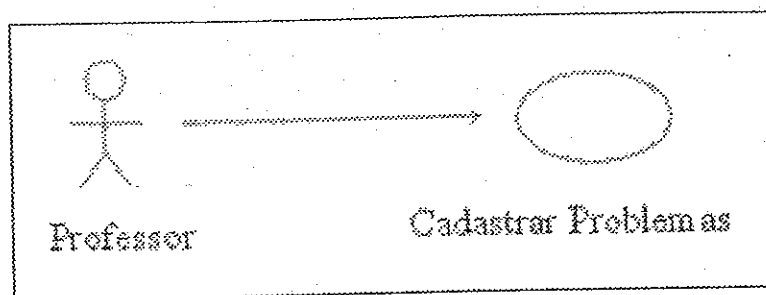


Figura 5.5 – Diagrama do caso de uso Professor

b) Caso de Uso Aprendiz

O Aprendiz também possui uma interface específica onde poderá solicitar exercícios de uma determinada disciplina para resolver, ou então ser enviado a ele uma avaliação de conteúdo, isto acontece dentro de uma sessão de aprendizagem onde o mesmo se encontra nas fases de aplicação do conhecimento ou avaliação individual/grupo.

Uma lista de problemas, relacionada com o assunto especificado é retornada ao aprendiz com o resumo de cada um. Sendo necessário neste momento escolher um dos problemas para resolver e desta maneira são disponibilizadas todas informações disponíveis referentes ao problema.

O problema é trabalhado pelo aprendiz livremente ou com restrição de tempo no caso de avaliações.

Quando o aprendiz informa que chegou ao final da resolução a solução especificada é armazenada, podendo ser emitido ou não o resultado da verificação conforme a situação.

O caso de uso aprendiz é demonstrado na figura 5.6.

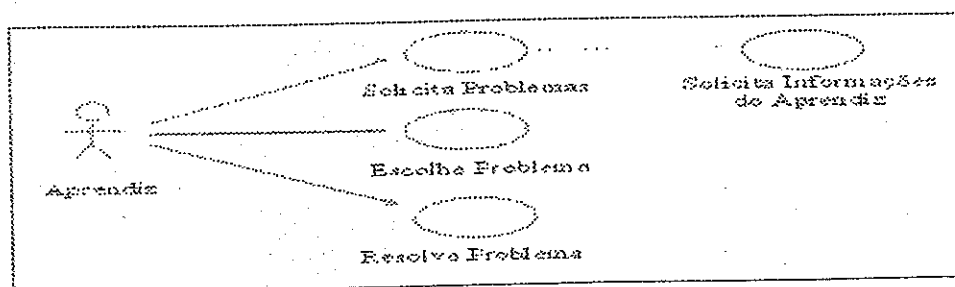


Figura 5.6 – Diagrama do Caso de uso Aprendiz

Este procedimento pode ser repetido até que todos os problemas sejam resolvidos ou encerrados a critério do aprendiz.

Quando um aprendiz informa que quer resolver problemas, o ARP solicita ao Agente Tutor que verifique o perfil do usuário para selecionar, na base de problemas, os que pertencem ao domínio solicitado pelo aprendiz.

Baseado nas informações contidas no perfil do aprendiz, que foram informadas pelo agente tutor, o assistente filtrará os problemas encontrados, gerando uma lista de problemas em conformidade com o perfil apresentado pelo aprendiz.

Esta filtragem também possibilita a verificação do progresso de cada aprendiz em vistas do aumento do grau de dificuldade dos problemas selecionados.

#### c) Caso de Uso Resolver Problema

A tarefa do aprendiz, resolver problemas seguirá os fluxos de funcionamento descritos a seguir.

##### c.1) Fluxo Principal da Resolução de Problemas

1. O ARP cria uma lista de problemas baseado no perfil do aprendiz e a exhibe para o Aprendiz.
2. O aprendiz seleciona um problema para resolver.
3. O ARP exhibe os detalhes do problema, tais como enunciado completo, figuras, etc. juntamente com ferramentas para sua resolução.
4. O aprendiz resolve o problema utilizando um ou mais dos seguintes passos:
  - a. Identificar o objetivo do problema.
  - b. Identificar os dados do problema.
  - c. Identificar os conhecimentos necessários.
  - d. Elaborar uma estratégia adequada

e. Aplicar os passos acima pra resolver o problema.

5. O Aprendiz avisa o sistema que acabou.
6. O ARP analisa a resolução e exibe ao aprendiz um resumo.
7. Os passos 2 a 6 se repetem até acabar a lista de problemas.
8. O caso de uso termina com sucesso.

#### c.2) Fluxos Alternativos da Resolução de Problemas

- Fluxo 1a: Não existe lista de problemas para o aprendiz.
  - 1a1. O ARP avisa o aprendiz que não existe lista de problemas.
  - 1a2. O ARP informa o professor que deve criar os problemas para a Banco de Problemas.
  - 1a3. Caso de uso termina sem sucesso.
- Fluxo 2a : O Aprendiz não seleciona um problema para resolver.
  - 2a1. O ARP avisa o aprendiz desta necessidade.
  - 2a2. O fluxo continua do passo 3.
- Fluxo 3a : Detalhes do problema e ferramentas não disponíveis.
  - 3a1. O ARP informa ao professor o ocorrido.
  - 3a2. O ARP informa ao aprendiz que não poderá continuar.
  - 3a3. Caso de uso termina sem sucesso.
- Fluxo 4a : O Aprendiz não consegue resolver o problema.
  - 4a1. O Aprendiz pede ajuda ao sistema.
  - 4a2. O ARP identifica até que fase o Aprendiz chegou e sugere um próximo passo.

4a3. O fluxo retorna ao passo 4.

- Fluxo 5a : O Aprendiz não informa o término do problema.

5a1. O ARP informa ao Aprendiz que é necessário encerrar o problema.

5a2. O fluxo continua do passo 6.

- Fluxo 6a : O ARP não consegue avaliar a solução.

6a1. O ARP avisa ao aprendiz o ocorrido.

6a2. O fluxo continua do passo 7.

- Fluxo 7a : A lista de problemas não é totalmente resolvida.

7a1. O ARP informa ao Aprendiz que é necessário resolver todos os problemas.

7a2. O fluxo continua do passo 2.

## 5.5 Assistente de Resolução de Problemas - ARP

O ARP é composto por duas interfaces. Uma para o professor cadastrar os problemas referentes à sua disciplina e outra para o grupo de aprendizes, onde ele solicitará sua lista de problemas, escolherá um problema para resolver, executará os procedimentos de resolução, podendo solicitar ajuda, caso julgue necessário e, finalmente, submeterá a solução encontrada para verificação.

O núcleo do Assistente é conhecido como ARP e contém as funcionalidade de resolver e analisar problemas e é responsável por montar a lista de problemas para os aprendizes em conformidade com o perfil do grupo de aprendizes informado pelo Agente Tutor que por sua vez foi informado pelo Agente Modelagem do Aprendiz.

A estrutura do ARP encontra-se apresentada na Figura 5.7.

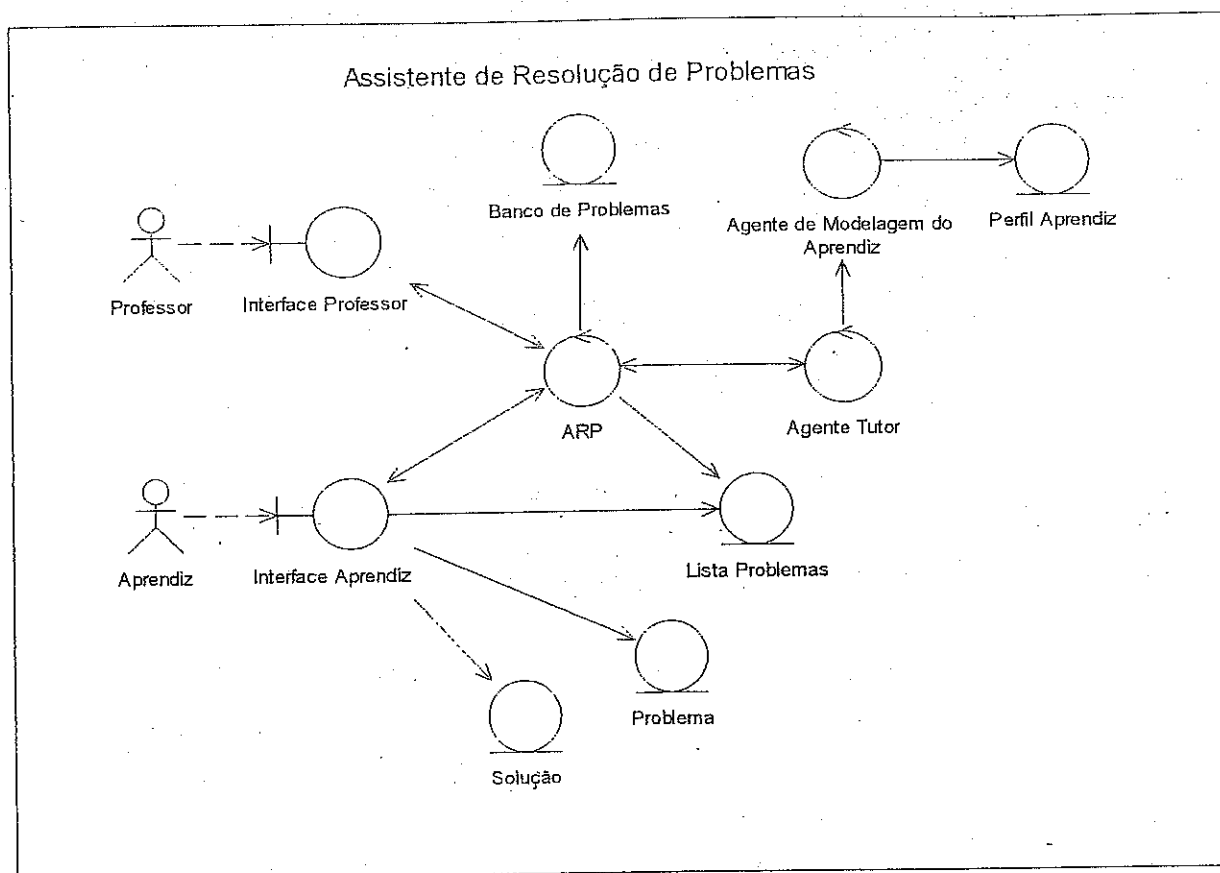


Figura 5.7 – Visão Geral das Classes que compõe o ARP

### 5.5.1 Classe Problema

Contém os dados referentes a um problema, os quais servem ao método “Solucionar” como base na formulação do processo de resolver problema, demonstrada na Figura 5.7.

É utilizada pelo ARP quando solicitado a resolver um determinado problema.

O agente humano, professor, responsável por um dado domínio, é incumbido da tarefa de cadastrar problemas referentes aos assuntos que ministrou.

Os problemas são cadastrados juntamente com as especificações requeridas pelo sistema para sua resolução, e são armazenados em uma base apropriada utilizando-se da classe problema.

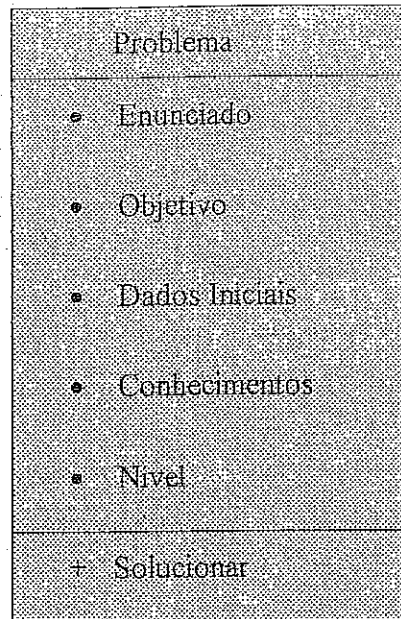


Figura 5.8 – Classe Problema

### 5.5.2 Classe Solução

Também se constitui em uma abstração de dados, só que referentes a uma solução. É gerado enquanto o aprendiz resolve um problema e é utilizada pelo ARP quando vai analisar uma determinada solução. A classe Solução é demonstrada na Figura 5.9.

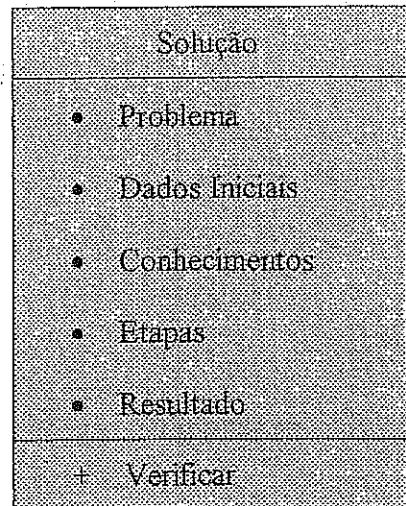


Figura 5.9 – Classe Solução

## 5.6 Processo de Resolução de Problemas

### 5.6.1 Grupo de aprendizes Resolvendo Problemas

O processo de resolvêr problemas por parte do aprendiz pode ser observado através do diagrama de colaboração, onde está detalhado cada etapa envolvida e as respectivas interações entre as classes na Figura 5.10.

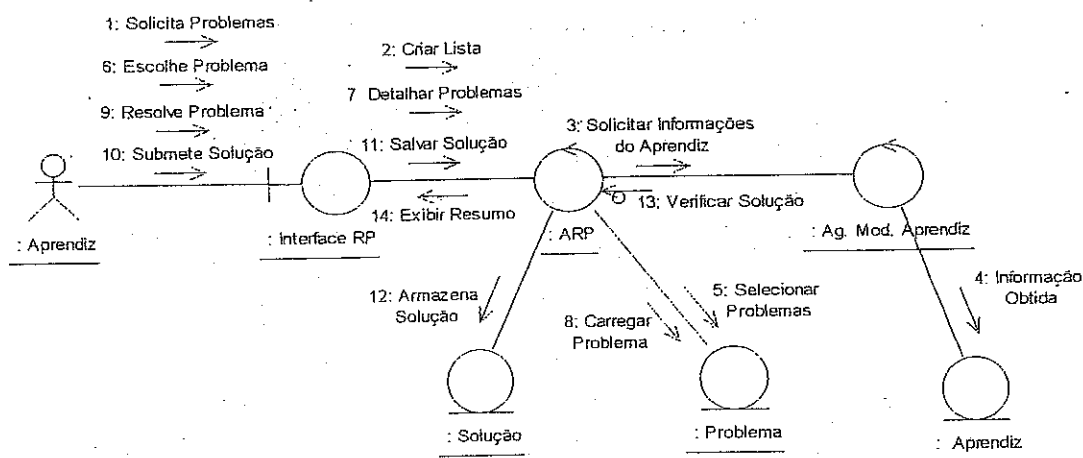


Figura 5.10 – Grupo de aprendizes Resolvendo Problema

O grupo de aprendizes poderá ainda, quando não estiver conseguindo resolver o problema solicitar ao sistema que lhe auxilie indicando uma possibilidade a seguir. Quando solicitado para este propósito, o ARP verifica todas as etapas já especificadas pelo aprendiz, para então sugerir um próximo passo.

### 5.6.2 ARP Resolvendo Problemas

O ARP pode resolver problemas em duas situações. A primeira quando solicitado pelo grupo de aprendizes onde fará uma solução completa. A outra situação acontece quando o grupo solicita ajuda devido não saber como prosseguir. Neste caso, o ARP cria uma solução para o problema e analisa os passos que foram desenvolvidos pelo aprendiz, verificando se estão corretos, e sugere um próximo passo. Ilustra-se na Figura 5.11.



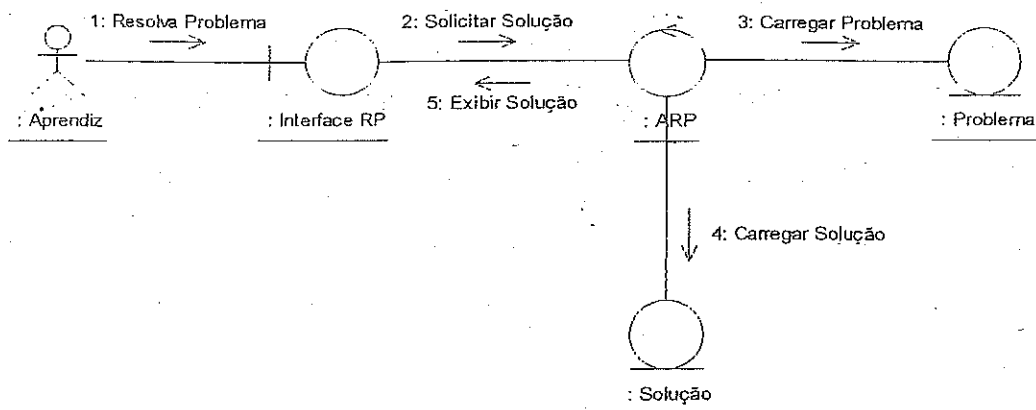


Figura 5.11 – ARP Resolvendo Problema

### 5.6.3 ARP Analisando Solução

Após o grupo de aprendizes terminar a última etapa na resolução de problemas, que é a elaboração da estratégia, a sua solução é salva e submetida a uma análise pelo ARP, visando verificar a consistência das afirmações informadas ali.

O processo de análise é composto por dois procedimentos. O primeiro diz respeito à verificação do que foi identificado, ou seja, os objetivos, os dados iniciais do problema e os conhecimentos necessários para resolução. Este primeiro processo é igual em todos os casos, pois não depende da estratégia adotada e os valores permanecem sem alterações.

O segundo processo envolve a análise da estratégia desenvolvida verificando-se a veracidade de cada etapa baseado nas informações corretas que foram obtidas pelo primeiro processo, ou seja, verifica-se se é possível afirmar cada etapa com os dados iniciais e conhecimentos especificados e se o resultado encontrado é compatível com o objetivo.

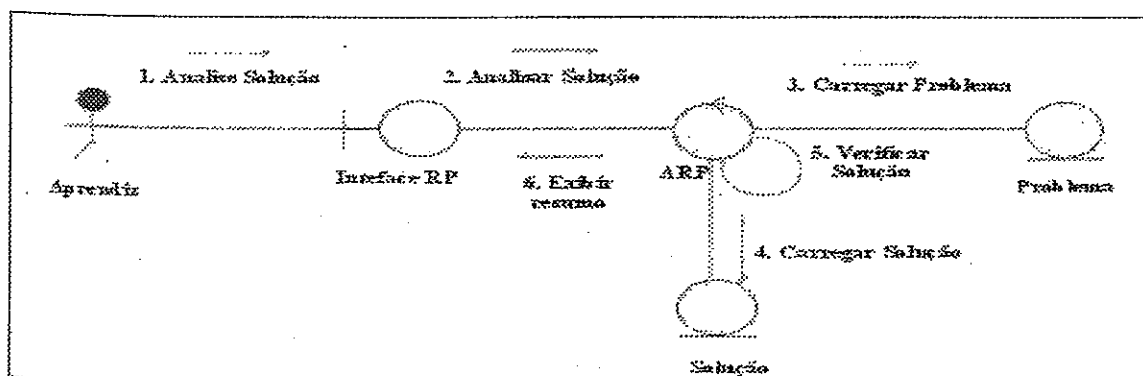


Figura 5.12– ARP Analisando uma Solução

## 5.7 Especificação das Interações do Aprendiz nos Passos da Resolução de Problemas

O agente Tutor mediante as estratégias definidas pelo professor e pelo agente estrategista, disponibiliza as interações que podem ocorrer nos passos da resolução de problemas, elas são categorizadas como *dicas*, *fazer o passo* e *mostrar exemplo*.

- **Dicas** – quando o grupo de aprendizes solicita ao Tutor uma dica em um determinado passo para resolução de problemas. Essas dicas podem também ser exibidas sem necessariamente serem solicitadas, através do Agente de Interface Inteligente, no momento em que o sistema percebe que houve algum tipo de falha enquanto os grupos de aprendizes estiverem resolvendo um determinado problema.
- **Executar o Passo** – quando o Tutor resolve um passo completo para o grupo de aprendizes;
- **Mostrar Exemplo** – quando o Tutor mostra ao grupo de aprendizes, um exemplo completo de um problema resolvido passo a passo.

Para cada tarefa executada, as informações são armazenadas na classe Histórico (ver Cap.4) e disponibilizadas ao Agente Supervisor Cooperativo, que mediante as interações, analisa quantitativamente e qualitativamente o nível dessas interações e o disponibiliza para o Professor. Mediante estas informações, o mesmo pode verificar, por exemplo, qual o grupo mais ou menos independente diante das tarefas executadas. Essa independência se dá através do número de vezes que o grupo solicitou ajuda ao Tutor dentro de cada categoria de interação específica. Como resultado obtém-se informações de grupos onde o grau de dificuldade para resolver problemas pode afetar o desempenho do mesmo, a partir daí o Tutor/Professor pode tomar uma atitude no sentido torná-lo mais independente na resolução de problemas. Este modelo está representado como na Figura 5.13.

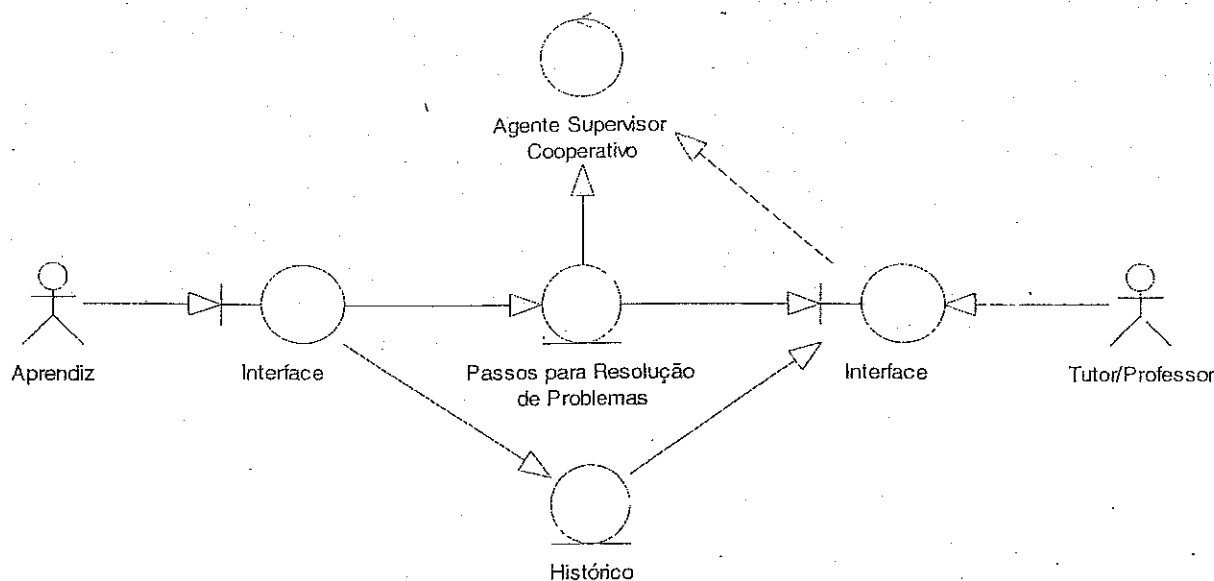


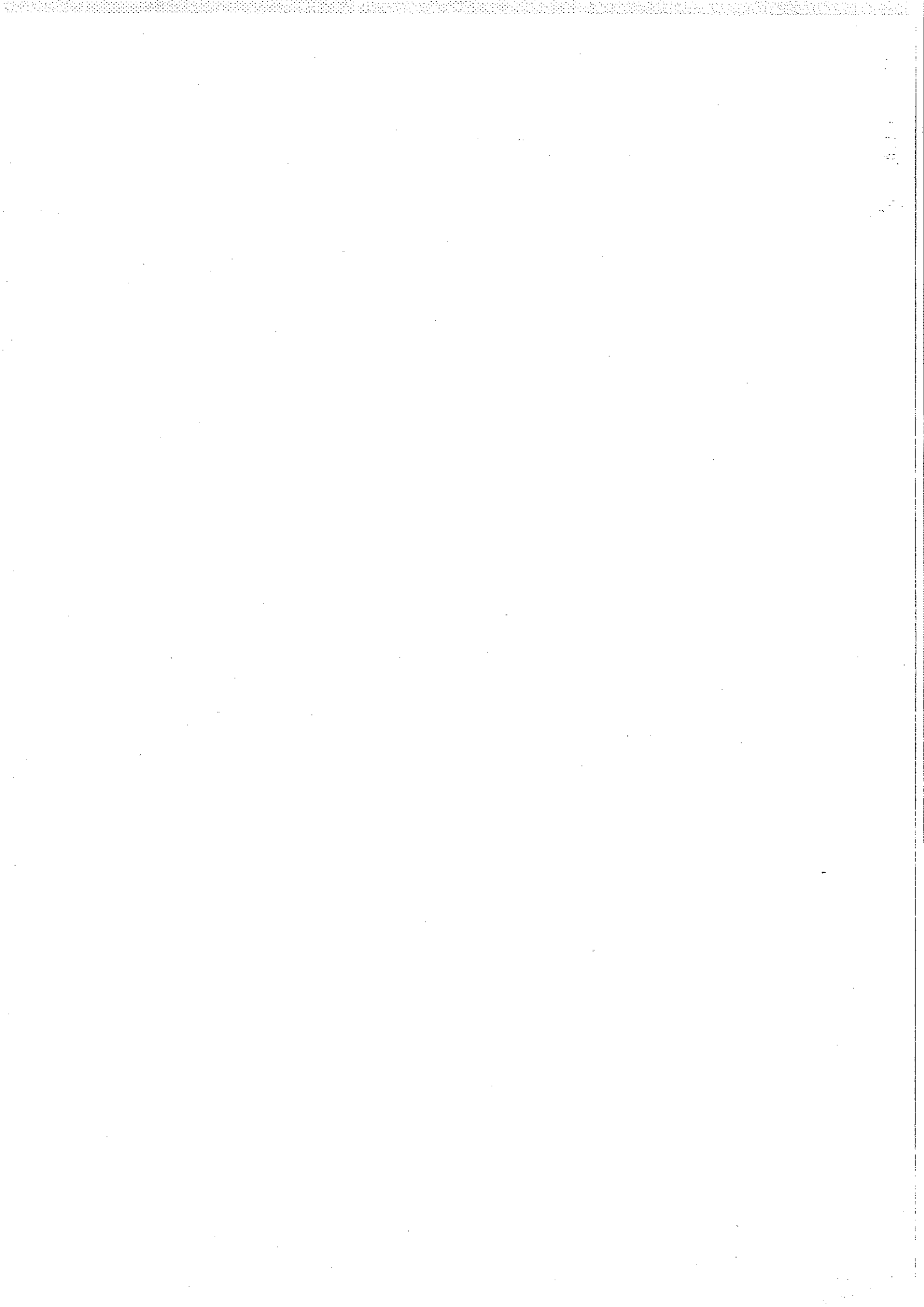
Figura 5.13 – Classes envolvidas nas interações da resolução de problemas.

## 5.8 Conclusão

Considerando-se o caráter pedagógico, de qualquer mecanismo de ensino, faz-se necessário a existência de uma maneira de avaliar o grau de aprendizagem dos aprendizes em relação ao que está sendo ensinado. Mas, é preciso lembrar que avaliação não tem a ver com punição, considerando-se que o processo de avaliar serve unicamente para identificar possíveis falhas na absorção do conteúdo pelo aprendiz e, com isto ajudar especificamente nestes pontos, e também para identificar equívocos nos métodos pedagógicos empregados, para também corrigi-los e então melhorar o ensino.

Neste capítulo descreveu-se o comportamento do ARP do MATHNET, bem como sua estrutura, suas restrições, funcionalidades e os resultados obtidos. A implementação foi realizada através da linguagem de programação Java. O papel principal do ARP é de auxiliar o aprendiz no aprendizado.

Ainda aqui, descreveu-se as especificações das interações ocorridas nos passos da resolução de problemas através da sua categorização que permitirá o acompanhamento pelo professor, através do agente supervisor dos passos da resolução de problemas, com o objetivo de tornar o aprendiz cada vez mais independente e confiante na resolução dos problemas.



## CAPÍTULO 6

# PROPOSTA DE MODELAGEM DO APRENDIZ COOPERATIVO EM UMA SESSÃO DE APRENDIZAGEM NO MATHNET

### 6.1 Introdução

Neste capítulo, apresenta-se a proposta da modelagem do aprendiz cooperativo em uma sessão de aprendizagem – MACSA, especificando as informações que precisam ser modeladas de acordo com o tipo de atividade que o aprendiz está desempenhando, responde-se as questões: para que modelar? e como modelar? Mostra-se a utilização do MACSA na formação de grupos, como auxiliar o agente-tutor, o agente estrategista e o agente de busca e o especialista avaliador. Especificam-se os agentes do MACSA através da sua estrutura e as classes que o compõem. Apresenta-se também a proposta de interações no MACSA. Definem-se os recursos de comunicação em ambientes de ensino-aprendizagem cooperativos, especifica-se as interações do aprendiz cooperativo, sua estrutura, representação, aplicação e integração do modelo no ambiente MATHNET de aprendizagem cooperativa.

## 6.2 Modelagem do Aprendiz Cooperativo - MACSA

O processo de modelagem do aprendiz no MATHNET é realizado no decorrer das atividades pedagógicas que caracterizam uma sessão de aprendizagem conforme descrito no capítulo 4.

Sendo o MATHNET um sistema de aprendizagem cooperativa, devem ser considerados tanto o aprendizes individuais como grupos de aprendizes. Portanto, é mantido um modelo do aprendiz para o aprendiz individual e um modelo do aprendiz para armazenar as informações relativas aos grupos.

As informações que o MATHNET armazena sobre os grupos de aprendizes são *temporárias* em função de que a cada sessão de aprendizagem o professor poderá formar novos grupos de aprendizes. A organização dos aprendizes em grupos é apenas uma maneira de suscitar cooperação entre eles a fim de melhorar o processo de aprendizagem dos aprendizes individuais. Então, na prática, o interesse concentra-se no modelo do aprendiz individual.

O modelo do aprendiz individual é *persistente*, ou seja, permanece ao longo de todas as sessões de aprendizagem do curso. Há um momento, durante a Aplicação do Conhecimento, em que o sistema modela apenas o grupo, após esse momento o sistema incorpora as informações do modelo do grupo ao modelo do aprendiz.

### 6.2.1 Modelagem do Aprendiz nas Atividades Pedagógicas

As sessões de aprendizagem MATHNET são divididas em atividades pedagógicas. Em cada tipo de atividade pedagógica o aprendiz é modelado de maneira peculiar. A seguir, apresentamos algumas diretrizes a respeito de como poderá se dar o processo de modelagem do aprendiz ao longo dos diferentes tipos de atividades pedagógicas.

**Preparação de Grupo:** nesta fase, informações relacionadas aos atributos pessoais dos aprendizes podem ser armazenadas no modelo do aprendiz. Algumas informações podem ser armazenadas diretamente pelo aprendiz, como por exemplo, tipo

de mídia que ele prefere. Outras informações podem ser adquiridas através de respostas do aprendiz a alguns questionamentos. Neste caso, as respostas do aprendiz o classificam em um estereótipo.

Durante a Preparação de Grupos, a aquisição de informações sobre o aprendiz é feita de forma direta, através de questionários e respostas diretas dos aprendizes. Essas informações são armazenadas no modelo do aprendiz e poderão ser utilizadas para Formar Grupos, auxiliar o Agente Estrategista e auxiliar o Agente de Busca (NUNES, 2001).

**Apresentação do Conhecimento:** durante as apresentações, os aprendizes *assistem as lições* do conteúdo a ser explorado. O sistema poderá modelar a permanência nas apresentações. Conforme visto anteriormente, o domínio do problema está disposto em unidades de conhecimento. Cada apresentação está associada a uma ou várias unidades de conhecimentos. Portanto, a modelagem do aprendiz, durante a Apresentação do Conhecimento, ocorre através da representação da permanência ou frequência do aprendiz durante a apresentação das unidades de conhecimentos.

O Sistema, através do *login* do usuário coleta a permanência do aprendiz e então armazena no modelo do aprendiz. Essas informações serão úteis para avaliação dos aprendizes bem como para direcionar o professor na tomada de decisões.

**Assimilação do Conhecimento:** enquanto os aprendizes discutem uns com os outros sobre o conhecimento apresentado, o sistema poderá monitorá-los através da modelagem da qualidade e quantidade de interações entre os aprendizes. A qualidade das interações diz respeito a uma análise de conteúdo das informações. Mas de fato, essas informações são difíceis de serem modeladas. Na prática, somente é representado no modelo a quantidade e conteúdo das interações.

As informações sobre aprendizes que são coletadas nesse tipo de atividade são armazenadas no histórico do aprendiz. Essas informações poderão ser úteis para o professor na avaliação dos aprendizes e análise do andamento do curso.

Neste tipo de atividade, o Agente Tutor, com base no modelo do aprendiz poderá realizar intervenções nas interações e propor assuntos a serem discutidos.

**Aplicação do Conhecimento:** nesse momento, o sistema observa as ações dos aprendizes e então faz inferências a respeito de seu Estado Cognitivo e mantém essas informações armazenadas no modelo do aprendiz. O Estado Cognitivo é o tipo de informação mais importante no processo de modelagem do aprendiz, conforme foi discutido anteriormente.

É no momento da Aplicação do Conhecimento que o Agente Tutor poderá consultar informações do modelo do aprendiz para a escolha do problema mais adequado a ser resolvido pelo aprendiz. Além disso, o Agente Estrategista poderá utilizar as informações contidas no modelo do aprendiz para definir qual a Estratégia Específica mais adequada para a Aplicação do Conhecimento.

De acordo com a Estratégia Específica, as atividades de aplicação do conhecimento podem ser realizadas cooperativamente ou individualmente. Portanto, o processo de modelagem poderá representar informações ora no modelo do aprendiz de grupo ora no modelo do aprendiz individual, de acordo com a estratégia adotada.

**Avaliação de Grupo:** o processo de modelagem do aprendiz, nesse tipo de atividade, se dá de forma semelhante às atividades de Aplicação do Conhecimento, onde o sistema observa as ações dos aprendizes na forma de passos de resolução e faz inferências.

Varias informações sobre os aprendizes estarão disponíveis no modelo do aprendiz para que o professor possa então definir como se dará a Avaliação Final de Sessão. Nesse momento, as informações dizem respeito ao grupo de aprendizes.

**Avaliação Individual:** Este tipo de atividade se assemelha à avaliação de grupos. A diferença é que os aprendizes individualmente são avaliados.

#### 6.2.2 Quais informações precisam ser modeladas?

Antes de determinar quais informações precisam ser modeladas pelo sistema MATHNET, é necessário definir quais informações podem ser modeladas e ainda como usar essas informações. A partir disso, podemos saber quais informações de fato precisam ser representadas no modelo do aprendiz. Isso evita a construção de modelos que mantêm informações insuficientes ou desnecessárias.



- **Quais informações podem ser modeladas?**

As informações sobre os aprendizes podem ser modeladas de acordo com o tipo de atividade que o aprendiz está desempenhando. A seguir, apresentam-se quais informações poderão ser modeladas em cada categoria de atividade.

**Preparação de Grupo:** muitas informações podem ser modeladas no momento da preparação dos aprendizes e grupos para o início das atividades de ensino-aprendizagem. Essas informações podem ser modeladas de forma direta e dizem respeito aos atributos pessoais dos aprendizes individuais e preferências em trabalhar com determinados colegas. Elas podem ser modeladas em três momentos distintos: 1) quando o aprendiz utiliza o sistema pela primeira vez, responde um *questionário inicial*; 2) quando o aprendiz desejar alterar alguns de seus atributos pessoais; 3) todas as vezes que o professor decidir reorganizar os grupos, através do uso de sociograma. Sociograma é o resultado de uma análise que tem por objetivo exibir os relacionamentos entre pessoas.

**Apresentação do Conhecimento:** as informações que podem ser armazenadas são basicamente a *permanência dos aprendizes* durante a apresentação, com a finalidade de registrar quais unidades de conhecimento já foram apresentados ao aprendiz.

**Assimilação do Conhecimento:** As ações e interações dos aprendizes com outros grupos de aprendizes podem ser armazenadas no modelo do aprendiz, especificamente em um histórico.

**Aplicação do Conhecimento:** podem ser modelados os passos de resolução de problemas. Essas informações são muito úteis para o processo de modelagem do aprendiz, no que diz respeito à representação do estado cognitivo do aprendiz.

**Avaliação de Grupo:** novos exercícios ou problemas são apresentados ao grupo de aprendizes e então novas informações sobre passos de resolução de problemas por parte do grupo são adquiridas e podem complementar o modelo do grupo.

**Avaliação Individual:** Este tipo de atividade se assemelha à avaliação de grupos. Nesse caso, a resolução de problemas se dá de forma individual.

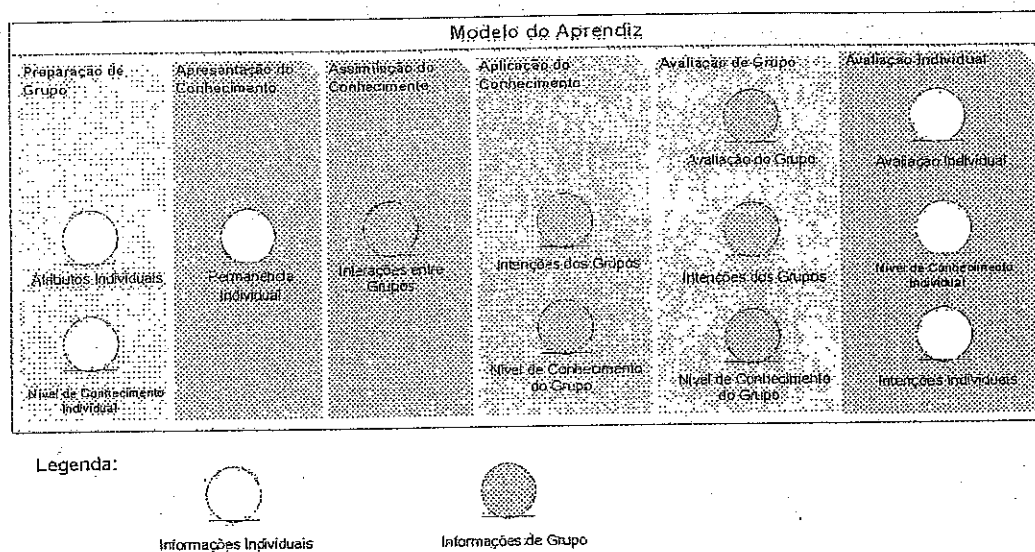


Figura 6.1 – Informações que podem ser modeladas de acordo com as atividades.

Na Figura 6.1 representa-se esquematicamente as informações que podem ser representadas no modelo do aprendiz de acordo com os tipos de atividades pedagógicas.

### 6.2.3 Para que modelar?

Já tendo sido descrito quais informações sobre os aprendizes e grupos podem ser modelados pelo no sistema MATHNET, cita-se quatro usos principais para o modelo do aprendiz: 1) formar grupos; 2) auxiliar o Agente Tutor; 3) auxiliar o Agente Estrategista; 4) auxiliar os Agentes de Busca; e 5) auxiliar Agente Avaliador.

Esses usos ressaltam a necessidade de criação do modelo do aprendiz. Em outros ambientes de aprendizagem, diferentes usos para o modelo do aprendiz podem ser identificados. Após a identificação de usos para o modelo do aprendiz, torna-se claro a definição de quais informações precisam ser modeladas. Na Seção 6.4.2 descreve-se quais informações são representadas no modelo do aprendiz MATHNET.

### 6.2.4 Como modelar?

Geralmente, o processo de modelagem do aprendiz é realizado por um sistema que possui os módulos de aquisição, manutenção e o próprio modelo. A modelagem do

aprendiz no MATHNET além de possuir esses três módulos ou componentes, possui ainda o módulo de consulta.

- **Consulta**

É o componente de modelagem do aprendiz responsável por atender a todas as requisições de consultas feitas pelos agentes humanos/artificiais sobre informações dos aprendizes. Esse componente lê diretamente as informações armazenadas no modelo do aprendiz.

- **Modelo do aprendiz**

O modelo do aprendiz, através dos componentes de aquisição e manutenção, representa informações sobre os aprendizes que dizem respeito ao estado cognitivo, aos atributos pessoais do aprendiz e histórico de suas ações.

Existe um modelo do aprendiz para cada um dos aprendizes e um outro para cada um dos grupos. A necessidade de um modelo do aprendiz para cada grupo é explicada pelo fato de que em alguns momentos, durante Aplicação do Conhecimento, somente o grupo é modelado. Isso ocorre porque o Tutor apresenta um problema ao grupo e então esse resolve cooperativamente.

O modelo do aprendiz individual é *persistente*, enquanto o modelo do grupo é *temporário*, expirando no momento em que professor reorganiza os grupos.

- **Aquisição**

A aquisição é realizada de forma direta ou indireta. A aquisição direta ocorre no momento que o sistema interage diretamente com o aprendiz, solicitando a eles informações que devem ser mantidas no modelo do aprendiz, ou ainda, quando o aprendiz deseja alterar alguns de seus atributos pessoais armazenados no modelo do aprendiz. Por outro lado, a aquisição indireta é realizada por meio da observação das ações do aprendiz. As ações do aprendiz estão na forma de histórico e passos durante a resolução de problemas. Através da estratégia de análise de passos de resolução, o processo de modelagem poderá inferir o estado cognitivo do aprendiz.

### • **Manutenção**

O Componente de manutenção tem como objetivo integrar novas informações oriundas do componente de aquisição às já existentes no modelo do aprendiz. O método utilizado para realizar a manutenção é tratamento de incerteza através de conjuntos difusos.

Conforme visto anteriormente, existem várias técnicas que podem ser utilizadas pelo processo de modelagem do aprendiz para realizar a manutenção do modelo do aprendiz. Dentre estas, a Teoria de Conjuntos Difusos apresenta vantagens sobre as demais por ser simples de implementar e ter características satisfatórias ao trabalhar com representação por sobreposição.

#### 6.2.5 Agente de Modelagem do Aprendiz

No MATHNET, o sistema responsável pela modelagem do aprendiz é visto como um agente artificial. Esse agente é chamado de Agente de Modelagem do Aprendiz e pode ser visto como uma composição de quatro classes principais: Consulta, Aquisição, Manutenção e o Modelo do Aprendiz Cooperativo (MACSA).

### **6.3 Utilização do MACSA**

As informações do modelo do aprendiz podem servir para vários fins ou usos. A identificação dos usos do modelo do aprendiz revela quais informações precisam ser modeladas pelo Agente de Modelagem do Aprendiz. Conforme comentado na Seção 6.2.3, no MATHNET, temos identificado quatro usos para o modelo do aprendiz: 1) Formar Grupos; 2) Auxiliar o Agente Tutor durante as interações; 3) Auxiliar o Agente Estrategista na tomada de decisões; e 4) Auxiliar o serviço de busca na pesquisa de informações apropriadas.

#### 6.3.1 Formação de grupos

Um dos principais fatores que determinam a eficiência na aprendizagem cooperativa é a forma como os aprendizes são distribuídos em grupos. Os grupos são formados de maneira tal que alguns critérios pedagógicos pré-estabelecidos sejam

respeitados. Mas, em que consiste uma boa formação de grupo? Tendo-se definido o que é um bom grupo, como dividir uma grande turma de aprendizes em bons grupos? Utilizando as informações contidas no modelo do aprendiz propõe-se a seguir solução para estas duas questões.

Definir uma boa formação de grupo é antes de tudo um problema pedagógico. Supõe-se que o professor ao distribuir os aprendizes em grupos leva em consideração alguns fatores ditos pedagógicos, tais como: o assunto a ser aprendido, a dinâmica de grupo a ser empregada, a afinidade entre os aprendizes da turma, etc. Estes fatores pedagógicos moldam a visão do professor a respeito dos grupos. Por exemplo, o professor pode decidir que os grupos devem ser heterogêneos, dada a dinâmica a ser empregada; que em cada grupo deve haver pelo menos um aprendiz que não seja iniciante no assunto a ser ensinado; etc.

Partindo do pressuposto acima, um bom grupo é avaliado segundo fatores pedagógicos. Simbolicamente podemos representar este fato da seguinte forma:

$$G \xrightarrow{Bom(F_1, \dots, F_n)} b$$

Onde  $Bom(F_1, \dots, F_n)$  é uma função, definida em termos de fatores pedagógicos  $F_1, \dots, F_n$ , que mapeia um dado grupo  $G$  em um valor numérico  $b$  que representa quão bom o grupo é. Esta pode ser chamada de função de avaliação pedagógica do grupo.

Uma divisão de uma turma de aprendizes, levando em consideração alguns fatores pedagógicos  $F_1, \dots, F_n$ , pode então ser definida como uma partição da turma em grupos.

$$Divisão = \{G_1, \dots, G_m\}$$

Em uma boa formação de grupos, a soma do resultado de  $Bom(F_1, \dots, F_n)$  de cada grupo da partição é um valor máximo. Em símbolos:

$$\max_{Divisão} \sum_{G_i \in Divisão} Bom(F_1, \dots, F_n)(G_i)$$

A definição dos fatores pedagógicos específicos da função de avaliação pedagógica de um dado grupo fica a cargo do professor. Muitos são os fatores

pedagógicos que podem ser levados em consideração pelo professor na formação de grupos, tais como: os grupos devem ser heterogêneos; em cada grupo deve haver pelo menos dois aprendizes com capacidade de liderança razoável; os aprendizes devem ter o máximo de senso de cooperação possível; em cada grupo deve haver pelo menos um aprendiz que não seja iniciante no assunto que será ensinado, etc. Ainda, o professor pode desejar adotar formas de composição de grupos de acordo com o *curso*, tipo de estratégia, etc. Notemos que os fatores pedagógicos levam em consideração informações sobre o aprendiz presentes no modelo do aprendiz.

Detalha-se a seguir quais fatores pedagógicos têm sido utilizados para formar grupos no ambiente MATHNET, através da Interface de Formação de Grupos no MATHNET. A saber: a) Perfis de Aprendiz e de Grupo; e b) Sociograma.

O Diagrama de Colaboração da Figura 6.2 mostra que alguns atributos dos perfis dos aprendizes e informações do sociograma são obtidos pela Interface do Professor (Interface de Formação de Grupos), através de consultas ao Agente de Modelagem do Aprendiz.

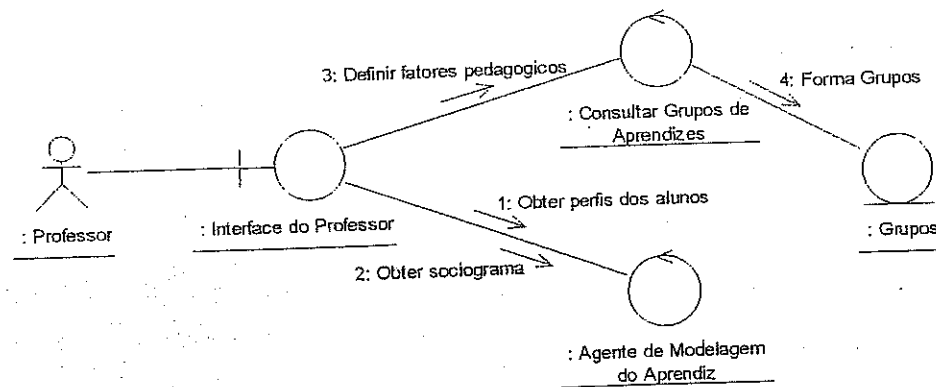


Figura 6.2 –Interface do professor obtendo informações do modelo do aprendiz.(Diagrama de Colaboração – Notação UML) (BOOCH et al., 1999).

### Perfis de Aprendiz e de Grupo

A visão do professor do que é um grupo bom para o uso de uma determinada estratégia de ensino pode ser definida em termos das características individuais de cada

aprendiz, armazenadas no modelo do aprendiz. Essas características individuais podem ser *vistas* pela Interface de Formação de Grupos como sendo o perfil do aprendiz para formação de grupos. Esse perfil do aprendiz para formação de grupos pode ser definido como uma tupla de atributos  $\langle at^1_1, at^1_2, \dots, at^1_r \rangle$ , onde cada  $at^1_{1 \leq i \leq r}$  é o valor de um atributo que caracteriza o aprendiz  $l$ . Ele pode conter muitos atributos, mas, no MATHNET, apenas três atributos do aprendiz têm sido levados em consideração para a formação de grupos: 1) capacidade de liderança ( $at^1_1$ ); 2) senso de cooperação ( $at^1_2$ ); e 3) nível de conhecimento do domínio ( $at^1_3$ ) (ver Figura 6.3). Cada  $at^1_{1 \leq i \leq 3}$  pode variar em uma escala, cujos valores são: *muito baixo* (0), *baixo* (1), *médio* (2), *alto* (3) e *muito alto* (4). Estas informações são armazenadas e mantidas no modelo do aprendiz, pelo Sistema MATHNET.

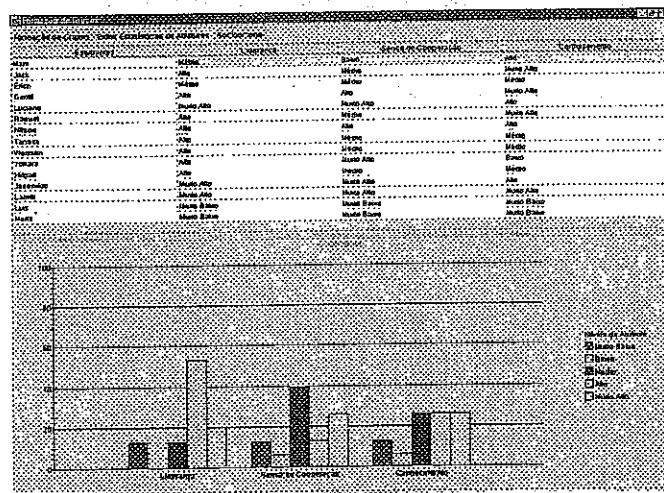


Figura 6.3 – Interface Formação de Grupos – atributos individuais

Um perfil de grupo é definido como um agrupamento de perfis de aprendizes. Tais perfis de grupos definem a forma geral dos grupos a serem aceitos para trabalhar o conteúdo de ensino-aprendizagem. No MATHNET, os grupos são compostos por três aprendizes (LABIDI, et al., 2000a). Portanto, pode-se definir o perfil de um grupo como  $P$ , onde  $P$  é o conjunto  $\{lp_1, lp_2, lp_3\}$ , contendo os perfis dos aprendizes  $l_i, i = 1, 2, 3$  do grupo. Na Figura 6.4 observa-se a definição de um perfil de grupo conforme definida pelo professor na Interface de Formação de Grupo.

Para a formação dos Grupos, o professor define dois perfis de Grupo. O perfil de *Grupo Ideal* e o perfil de *Grupo Médio* (ou Mínimo Aceitável). Estes perfis são utilizados pelo sistema para ajudar o professor a dividir a turma de aprendizes em grupos.

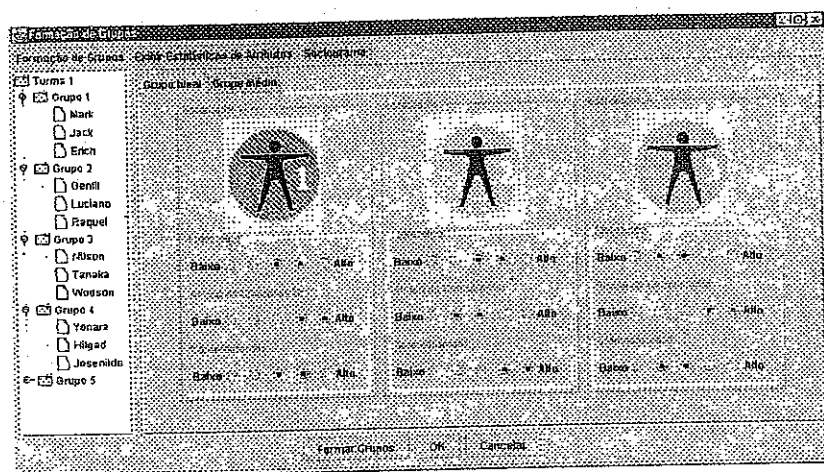


Figura 6.4 – Perfis de Grupos

## Sociograma

Uma vez que os aprendizes irão interagir entre si, organizados em grupos, com a finalidade de aprender, uma alternativa a definição de grupos do professor, devem levar em consideração as preferências dos aprendizes na escolha de seus companheiros. Isso pode acontecer após algumas sessões de aprendizagem, quando possivelmente os aprendizes já identificaram afinidades pessoais entre si, durante as várias interações. Uma ferramenta útil neste processo é o sociograma. Sociograma é o resultado de uma técnica de comunicação utilizada para exibir os relacionamentos entre pessoas de um grupo, chamada de Sociometria (HAYDT et al., 1995).



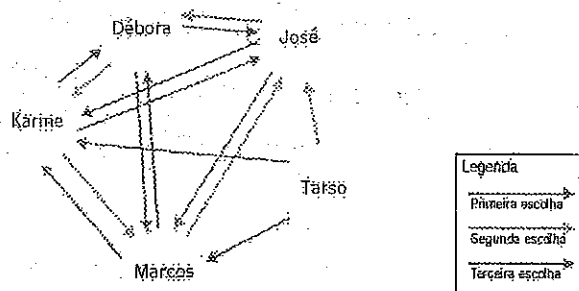


Figura 6.5– Exemplo de Sociograma

Em um sociograma, diversas análises são possíveis, como, por exemplo, identificar os aprendizes isolados. Um dado aprendiz é dito isolado quando ele não foi escolhido por nenhum outro aprendiz. No exemplo apresentado na Figura 6.5, onde o aprendiz de nome Tarso está isolado por não ter sido escolhido por nenhum de seus colegas.

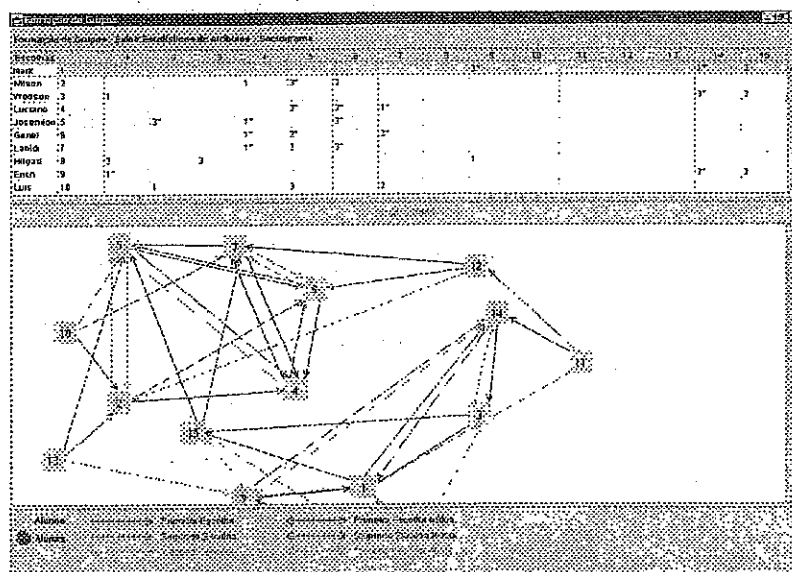


Figura 6.6 – Interface de Formação de Grupos – Sociograma

Na Preparação de Grupos o professor poderá, com o auxílio do sistema, realizar uma Sociometria. Cada aprendiz informa o nome de três colegas, em ordem de preferência, com quem deseja trabalhar em grupo ao longo da(s) sessão(ões) de aprendizagem, então o sociograma é construído como um grafo dirigido onde os nodos representam cada aprendiz da turma e os arcos as escolhas dos aprendizes. Como cada

aprendiz lista três colegas em preferência de escolha, então existirão três tipos de arcos, um para cada nível de preferência de escolha. Na Figura 6.6 mostra-se um sociograma gerado a partir das preferências de uma turma de aprendizes fictícia. O sociograma é exibido na Interface de Formação de Grupos no MATHNET.

A partir dos perfis de grupo definidos pelo professor e das informações oriundas do sociograma, pode-se responder a questão inicial: em que consiste uma boa formação de grupo?

De forma geral a resposta seria determinar que um grupo em particular é bom se:

- i) É aceitável pelo professor, enquadrando-se nos perfis definidos por ele;
- ii) E, ao mesmo tempo, é coeso, retendo os relacionamentos mútuos entre os aprendizes conforme ilustrados no sociograma.

Levando-se em consideração os perfis definidos pelo professor, o perfil de um grupo pode ser considerado *aceitável* ou *ideal*. O perfil do grupo ideal é um perfil de grupo que realiza uma combinação de aprendizes imaginada como ideal pelo professor para tratar o assunto. Diz-se que  $I$  é o conjunto de perfis de grupos ideais. Similarmente, define-se o perfil do grupo aceitável como um perfil de grupo que realiza uma combinação de aprendizes imaginada como aceitável. Chama-se o conjunto de perfis de grupos aceitáveis de  $A$ .

A aceitação pelo professor de um grupo, baseado em  $I$  e  $A$ , é uma função:

$$\text{aceitação}(g) = \begin{cases} 3 & \text{se } \{P(l_1), P(l_2), P(l_3)\} \in I \subseteq A & (\text{alta aceitação}) \\ 2 & \text{se } \{P(l_1), P(l_2), P(l_3)\} \in I \cap A \\ 1 & \text{se } \{P(l_1), P(l_2), P(l_3)\} \in A - I \\ 0 & \text{caso contrário} & (\text{não aceitável}) \end{cases}$$

Para o sociograma construído a partir das preferências dos aprendizes em trabalhar cooperativamente com determinados companheiros, a *coesão* é uma função:

$$\text{coesão}(g) = \begin{cases} 0 & \text{se } \neg R_1(g) \vee \neg R_2(g) & (\text{não coeso}) \\ 1 & \text{se } R_1(g) \wedge R_2(g) \wedge \neg R_3(g) \\ 2 & \text{se } R_1(g) \wedge R_2(g) \wedge R_3(g) \wedge \neg R_4(g) \\ 3 & \text{caso contrário} & (\text{altamente coeso}) \end{cases}$$

onde  $R_i$  são regras de formação de grupos definidas a partir do sociograma. As regras são:

- $R_1$ : quando nenhuma relação existe entre os membros não é permitido formar um grupo;
- $R_2$ : para aprendizes isolados, sempre os coloque em um grupo em que sua primeira escolha é satisfeita;
- $R_3$ : sempre forme um grupo satisfazendo, pelo menos, uma escolha de cada componente;
- $R_4$ : quando possível, forme um grupo que preserve preferências mútuas.

Essas regras são baseadas em trabalhos na área da pedagogia que utilizam sociograma para aprendizagem cooperativa (HAYDT et al., 1995).

Tomando a aceitação definida pelo professor em torno do perfil e a coesão definida em razão do sociograma, a formação de grupos no MATHNET ocorre através de:

$$MAX \left( \sum_{g \in D} F(\text{aceitação}(g), \text{coesão}(g)) \right)$$

Portanto, reconhece-se o problema da formação de grupos como sendo um problema de otimização. No MATHNET, esse problema é resolvido através do uso de Algoritmos Genéticos.

Algoritmos Genéticos são procedimentos práticos e robustos utilizados principalmente para resolver problemas de otimização (HOLLAND, 1975) (GOLDBERG, 1989). A idéia é basicamente minimizar o tempo de execução de um processo através do uso da idéia de adaptação de espécies (população e indivíduos) em um ambiente (composto de fatores naturais), levando em consideração o mecanismo de seleção natural.

Em (SERRA JR. et al., 2001a) é descrito o uso de um algoritmo genético para a formação de grupos no MATHNET. Tal algoritmo reduz a complexidade computacional para o processo de divisão da turma em bons grupos e funciona a partir da codificação dos grupos como *indivíduos* e a divisão da turma em grupos como *população*. O *fitness*

de cada indivíduo e da população como um todo é calculado a partir das funções de aceitação e coesão:

$$fitness(g) = F(aceitação(g), coesão(g))$$

$$fitness(Divisão) = \sum_{g \in Divisão} fitness(g)$$

onde  $g$  é uma constante que representa o número máximo de gerações que iremos utilizar para evoluir uma dada população inicial.

Convém ressaltar que o uso do critério *coesão* é opcional para o professor. O processo de formação de grupos poderá levar em consideração apenas o critério de *aceitação* estabelecido pelo professor.

Ao abordar o assunto de formação de grupos, o interesse é apenas em mostrar a utilidade de informações presentes no modelo do aprendiz. Os detalhes sobre o algoritmo genético utilizado para a formação de grupos fogem ao escopo deste trabalho.

### 6.3.2 Auxiliar o Agente Tutor

O Agente Tutor, com base nas informações do modelo do aprendiz, interage de forma personalizada com os aprendizes e grupos durante todo o processo de ensino-aprendizagem. Essas interações encontram-se dentro do escopo das estratégias pedagógicas planejadas pelo professor (Estratégia Global) e Agente Estrategista (Estratégias Específicas). Além disso, o Tutor interage com os outros agentes artificiais do sistema no desempenho de suas funcionalidades.

Quanto à escolha da Estratégia Específica a ser utilizada, o Agente Tutor, ao final de cada atividade pedagógica, consulta o Agente Estrategista a fim de obter decisões a respeito de como interagir nas próximas atividades. Por sua vez, o Agente Estrategista solicita informações ao Agente de Modelagem do Aprendiz e também ao Agente de Domínio específico do assunto em estudo para então informar ao Tutor qual seria a Estratégia Específica mais adequada para o ensino do assunto.

O Agente Tutor assume vários papéis importantes e indispensáveis para o bom andamento da aprendizagem. Entre os muitos papéis, identificamos alguns que são desempenhados com o auxílio das informações contidas no modelo do aprendiz: a)

Fornecer conselhos ou dicas personalizadas para o aprendiz em momentos apropriados; b) Selecionar os problemas a serem resolvidos pelo aprendiz ou grupo; c) Realizar o processo avaliativo dos aprendizes; e d) Fornecer ao professor dados estatísticos sobre o andamento do curso.

Descreve-se a seguir, de acordo com os papéis que identificamos, quais informações o Agente de Modelagem do Aprendiz deverá fornecer ao Agente Tutor para que o mesmo possa desempenhar de forma eficiente suas funcionalidades.

### Fornecer conselhos ou dicas

Os conselhos e dicas (visto no Cap.5) são fornecidos ao aprendiz no momento em que o mesmo apresenta dificuldades durante a resolução de problemas. O Agente Tutor percebe essas dificuldades através da observação dos passos do aprendiz ou grupo durante essa resolução.

Para que o Tutor saiba exatamente qual dica ou conselho poderá fornecer ao aprendiz, é necessário obter informações do Agente de Domínio, responsável pelo problema, e do modelo do aprendiz, especificamente do estado cognitivo do aprendiz.

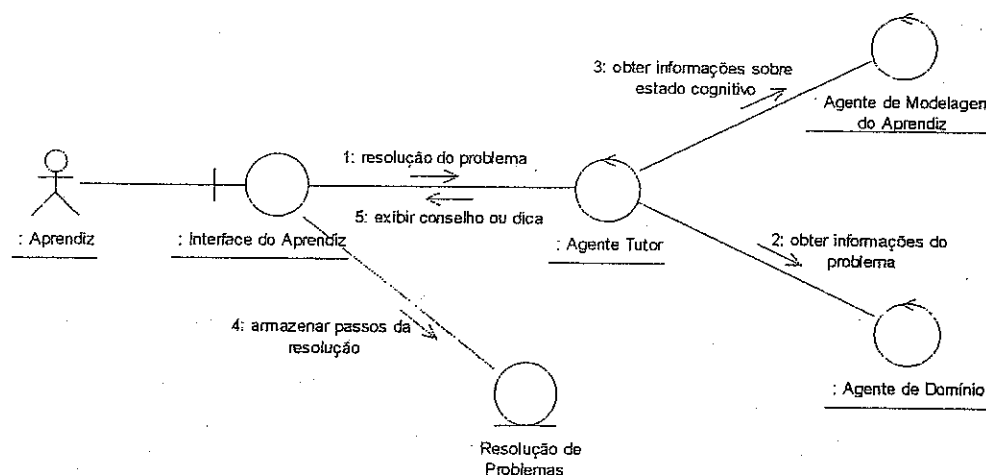


Figura 6.7 – Agente Tutor obtém informações do Modelo do Aprendiz para fornecer conselho ou dica.

O Agente Tutor conhecendo o estado cognitivo do aprendiz poderá saber quais unidades de conhecimentos envolvidos no problema espera que o aprendiz conheça e

quais ele ainda não assimilou. Poderá fornecer uma dica ou conselho que enfatize um conceito, ou uso de uma habilidade para que, a partir disso, o aprendiz consiga resolver o problema.

De forma semelhante ao fornecimento de conselhos ou dicas, a seleção de problemas leva em conta as informações do nível de conhecimento do aprendiz sobre as unidades de conhecimento em estudo (estado cognitivo). Essas informações dão suporte ao Agente Tutor para a escolha de um problema que envolva unidades de conhecimento *muito assimiladas, assimiladas, pouco assimiladas* ou *não assimiladas* pelo aprendiz.

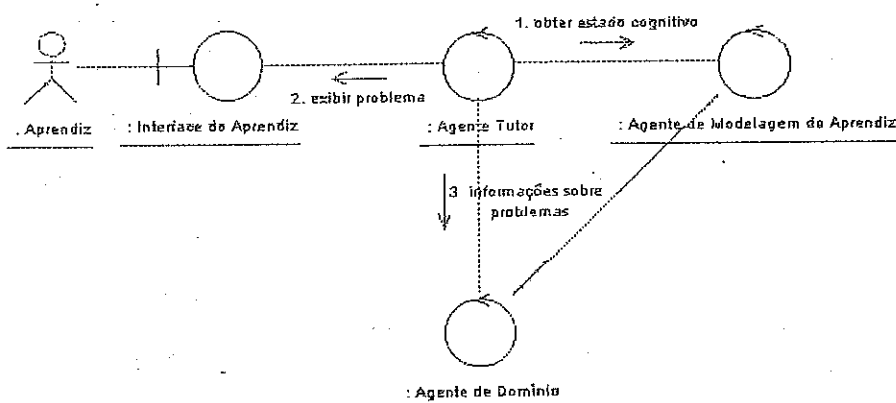


Figura 6.8 – Agente Tutor obtém informações do Modelo do Aprendiz para a escolha do problema mais adequado.

A Figura 6.8 ilustra a interação do Agente Tutor com o Agente de Modelagem do Aprendiz na consulta de informações sobre o estado cognitivo do aprendiz e a interação do Tutor com o Agente de Domínio (responsável pelo subdomínio em estudo) na obtenção de informações sobre as unidades de conhecimento envolvidas no problema. A partir dessas interações, o Tutor poderá escolher um problema a ser apresentado ao aprendiz (aprendiz ou grupo).

Conforme visto anteriormente, o processo de avaliação dos aprendizes e grupos é realizado pelo Agente Tutor, o qual utiliza os parâmetros estabelecidos pelo professor e as informações do modelo do aprendiz. Essas informações dizem respeito ao:

- i) **Estado cognitivo do aprendiz:** o nível de conhecimento do aprendiz pode ser útil em função de que o professor poderá considerar o conhecimento dos aprendizes em relação a determinadas unidades de conhecimento estudadas no decorrer da sessão;
- ii) **Informações contidas no histórico do aprendiz:** são informações do tipo permanência durante a apresentação, número de interações, etc.

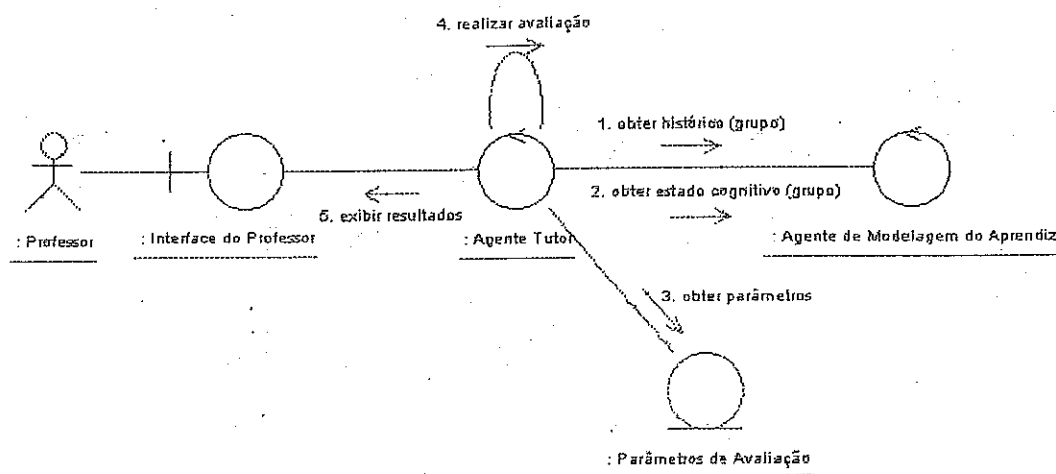


Figura 6.9 – Agente Tutor obtém informações sobre o grupo para realizar avaliação.

Na Figura 6.9 ilustra-se de um exemplo de interações do Tutor com o Agente de Modelagem do Aprendiz, em busca de informações sobre determinado grupo, a fim de realizar a avaliação deste grupo e exibir os resultados ao professor.

Através do modelo do aprendiz, o professor poderá obter informações estatísticas sobre o andamento do processo de ensino-aprendizagem. A partir dessas informações, o professor poderá tomar decisões em busca de uma melhora no desempenho da aprendizagem. Essas informações estão presentes no modelo do aprendiz na forma de histórico das ações do aprendiz e é o Agente Tutor que interage com Agente de Modelagem do Aprendiz para obter essas informações, tratá-las e apresentá-las ao professor. (Ver Figura 6.10).

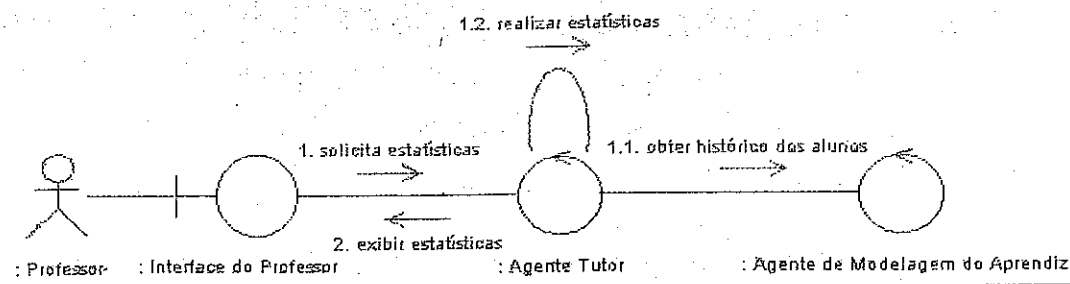


Figura 6.10 – Agente Tutor obtém histórico do aprendiz para gerar estatísticas.

### 6.3.3 Auxiliar o Agente Estrategista

O Agente Estrategista é o responsável pela definição, juntamente com o professor, das estratégias pedagógicas a serem adotadas pelo Agente Tutor.

Conforme visto anteriormente, as estratégias pedagógicas no MATHNET são divididas em duas categorias, Estratégia Global e Estratégias Específicas de Atividades.

A Estratégia Global é definida pelo professor no início de uma sessão de aprendizagem. O sistema, por meio do Agente Estrategista, armazena essas informações para que possa atender às requisições do Tutor na consulta de qual estratégia deve utilizar (ver Figura 6.11)

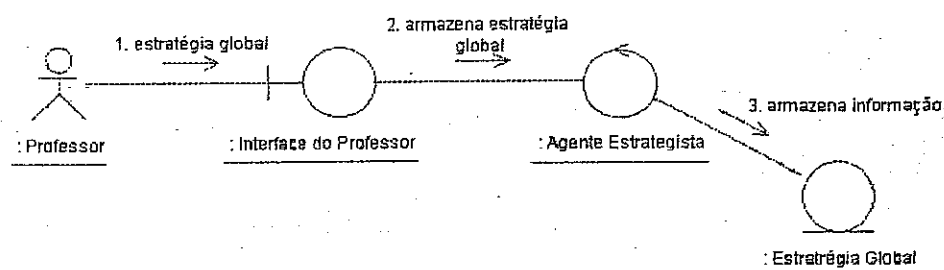


Figura 6.11 – Armazenando Estratégia Global – Preparação de Grupos

As Estratégias Específicas são definidas pelo Agente Estrategista no início de um tipo de atividade. Por exemplo, inicialmente o Agente Tutor consulta o Agente Estrategista a fim de obter a estratégia pedagógica mais adequada a ser empregada para



esse tipo de atividade, para depois iniciar as atividades de Assimilação do Conhecimento. A Figura 6.12 mostra um Diagrama de Colaboração que ilustra a interação do Agente Tutor com o Agente Estrategista, em busca da estratégia mais adequada a ser utilizada no decorrer de algum tipo de atividade de ensino-aprendizagem ou avaliação. A partir da solicitação do Tutor, o Agente Estrategista solicita ao Agente de Modelagem do Aprendiz informações sobre o aprendiz. Além disso, o Agente Estrategista consulta o Agente de Domínio, responsável pelo assunto, para certificar-se que existem recursos disponíveis para a estratégia a ser escolhida.

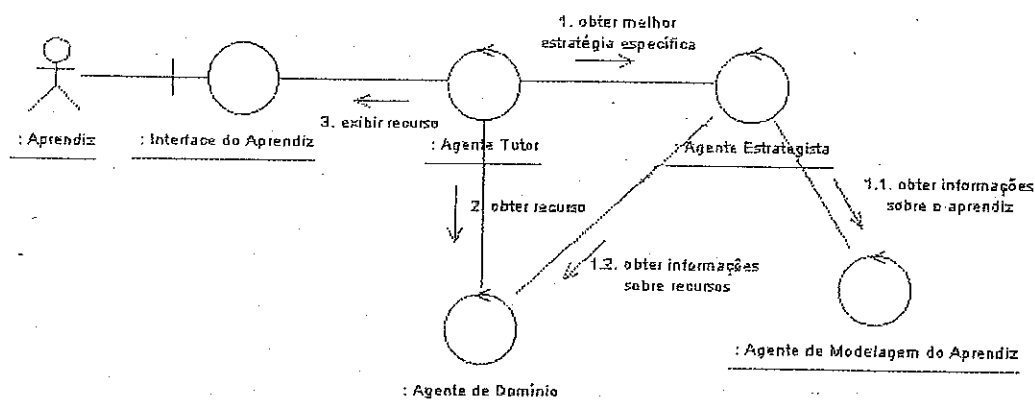


Figura 6.12 – Definição de estratégia específica – Atividades de ensino-aprendizagem e avaliação.

Apesar de que a responsabilidade pela definição das Estratégias Específicas é do Agente Estrategista, o professor poderá, a qualquer momento, modificar essas estratégias se assim julgar necessário.

As informações sobre o aprendiz ou grupo que o Tutor solicita ao Agente de Modelagem do Aprendiz, são:

- i) **Estado cognitivo do aprendiz:** a crença que o modelo tem sobre quanto o aprendiz já conhece sobre o assunto em estudo é importante na escolha da estratégia, em razão de que aprendizes com níveis de conhecimentos diferentes devem ser tratados de forma diferente. Por exemplo, deve ser evitada estratégia de competição para aprendizes menos capazes.

- ii) **Atributos individuais do aprendiz:** são as preferências de aprendizagem do aprendiz, ou seja, são basicamente atributos da personalidade do aprendiz relacionados a como ele deseja que o conteúdo seja apresentado (texto, vídeo, etc.) e as línguas que ele conhece, além da nativa.

#### 6.3.4 Auxiliar os Agentes de Busca

No MATHNET, os aprendizes possuem três alternativas para tirar dúvidas relativas ao que está sendo estudado: 1) consultando o banco de dúvidas; 2) interagindo entre si e com o professor através do uso de *chat*, *e-mail*, teleconferência, etc.; e 3) recuperando informações com o auxílio de um serviço de busca.

Em (NUNES, 2001) é descrito o funcionamento do Serviço de Busca MATHNET, baseado no perfil do aprendiz e utilizando agentes móveis.

O Serviço de Busca MATHNET tem como objetivo apresentar para o aprendiz informações personalizadas que possam ajudá-lo a tirar suas dúvidas. Este serviço é baseado em agentes de busca, o qual instancia um conjunto de agentes inteligentes móveis que tentam acessar recursos de dados remotos. Este processo de recuperação de informações retorna documentos ou *links* para documentos, levando em consideração o modelo do aprendiz.

A busca no MATHNET envolve quatro componentes principais (ver Figura 6.13): A Interface do Aprendiz, o Agente de Busca, a Base de Recursos e o Agente de Modelagem do Aprendiz.

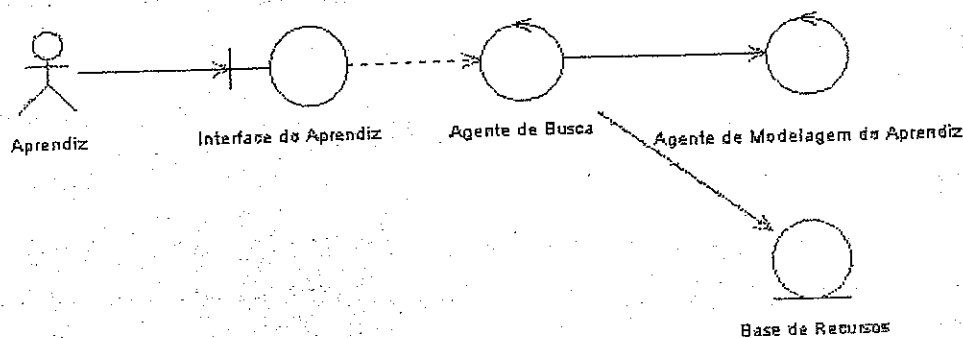


Figura 6.13 – Classes envolvidas na busca no MATHNET

O Serviço de Busca depende de outros componentes do MATHNET: precisa acessar a Base de Recursos e interagir com o Agente de Modelagem do Aprendiz.

O Agente de Busca pode ser ativado pelo aprendiz ou grupo a partir da interface do aprendiz. A Interface do Serviço de Busca é implementada como uma das classes que compõem um Agente de Busca e é mostrada na Figura 6.14, através de um exemplo de pesquisa no domínio Xadrez (NUNES, 2001).

As informações que podem ser recuperadas pelo serviço de busca encontram-se armazenadas em uma base de recursos que é utilizada para o armazenamento e manutenção dos recursos didáticos locais e remotos. Tais recursos são constituídos de aulas, apontamentos, exercícios, atividades, etc., em diversos formatos. Cada recurso possui um tipo (aula, apontamento, exercício, atividade, etc.), um formato (arquivo de texto, imagem, áudio, vídeo, HTML, etc.) e uma localização bem definida. Além disso, um recurso pode estar associado a várias unidades conhecimentos do Modelo do Domínio. (Ver Figura 6.14).

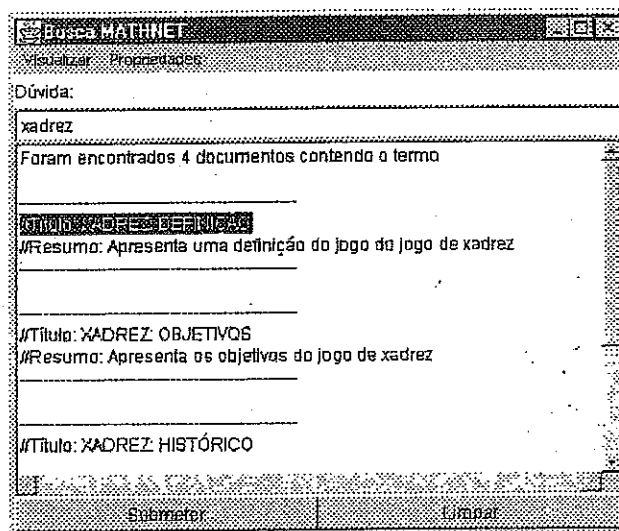


Figura 6.14 – Interface do Serviço de Busca

O Agente de Modelagem do Aprendiz fornece ao Agente de Busca as informações que ele precisa para construir um perfil de busca do aprendiz, o qual deverá ser utilizado

no processo de recuperação de informação para melhorar a qualidade do retorno de informações.

O uso das informações do perfil de busca do aprendiz permitirá que o serviço de busca recupere os documentos/recursos de maneira inteligente, ou melhor, forneça aos aprendizes as informações personalizadas (AMATO et al., 1999).

O perfil de busca do aprendiz, instanciado pelo agente de busca, mantém as seguintes informações oriundas do modelo do aprendiz:

- i) **Estado Cognitivo do aprendiz:** as informações do Estado Cognitivo auxiliam o Agente de Busca na recuperação de recursos que estejam associados às unidades de conhecimentos trabalhadas pelo aprendiz. Isto evita que os recursos recuperados estejam fora do nível de aprendizagem do aprendiz e ainda facilita o retorno de recursos que estejam no contexto de aprendizagem do aprendiz.
- ii) **Atributos individuais:** informações relacionadas aos atributos pessoais de cada aprendiz, por exemplo: nome, sexo, idade, nível de conhecimento sobre outras linguagens.

Além das informações oriundas do modelo do aprendiz, o perfil de busca também mantém **Informações Gerais de Pesquisa**. Essas informações podem ser entradas pelo aprendiz diretamente na interface do agente de busca. Elas dizem respeito às características que preferencialmente os documentos pesquisados devem possuir. São informações sobre a estrutura dos documentos, como por exemplo: data de criação, tamanho do arquivo, última modificação, tempo de apresentação (em caso de vídeo), quantidade de páginas (em caso de arquivo tipo texto).

Com o uso dessas informações o agente de busca realiza a recuperação de informações e as apresenta ao aprendiz. Em (NUNES, 2001) encontram-se detalhes de como isso é feito.

## 6.4 Agentes do MACSA

O Agente de Modelagem do Aprendiz é um agente computacional que realiza o processo de modelagem no MATHNET através da sua estrutura e as classes que o compõem. São elas, respectivamente, a classe MACSA (Modelo do Aprendiz), Consulta, Aquisição e Manutenção.

### 6.4.1 Estrutura do Agente

A estrutura estática do Agente de Modelagem do Aprendiz encontra-se representada no diagrama de classes na Figura 6.15. Utiliza-se a notação UML para representar as classes e seus relacionamentos.

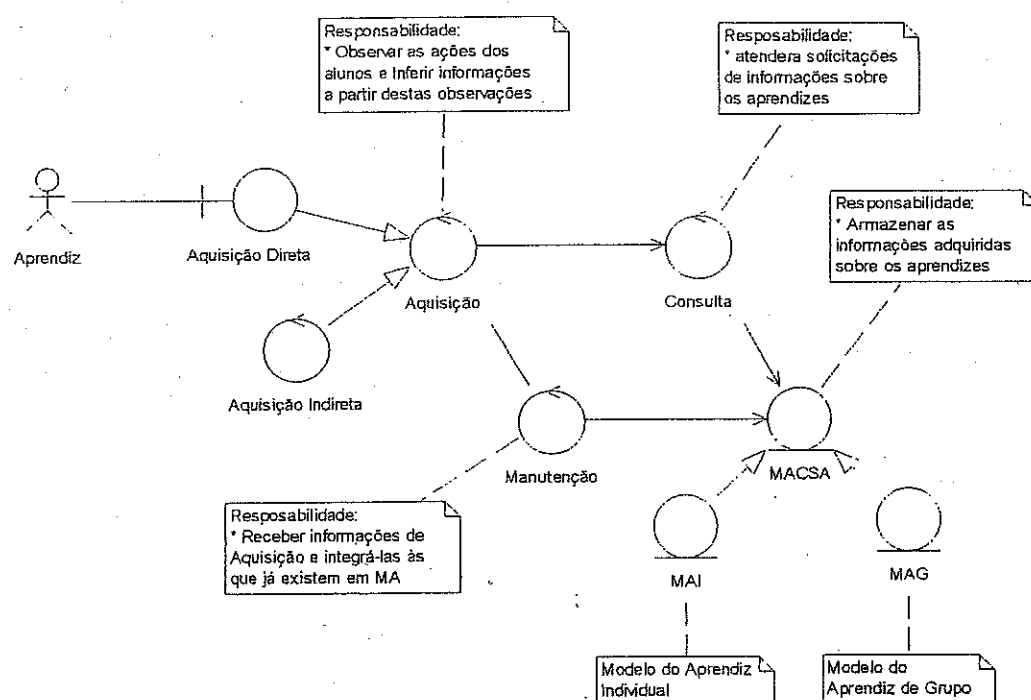


Figura 6.15 – Visão Geral das Classes que compõem o Agente de Modelagem do Aprendiz

No diagrama de classes da Figura 6.16, observa-se que o Agente de Modelagem do Aprendiz é formado por uma coleção de classes, dentre as quais, as principais são: Consulta, MACSA, Aquisição e Manutenção. De forma geral, as responsabilidades de cada uma destas classes são:

- i) **MACSA:** armazenar as informações adquiridas sobre os aprendizes. Conforme pode ser visto na Figura 6.15, a classe MAI armazena as informações relativas a um modelo de aprendiz individual e a classe MAG armazena informações relativas a um grupo de aprendizes.
- ii) **Consulta:** atender às solicitações de informações sobre os aprendizes.
- iii) **Aquisição:** observar as ações dos aprendizes e inferir informações a partir destas.
- iv) **Manutenção:** receber informações da classe Aquisição e integrá-las às já existentes no modelo do aprendiz.

A classe Aquisição é especializada nas classes Aquisição Direta e Aquisição Indireta. A classe Aquisição Direta encapsula os métodos e técnicas específicos para a realização da aquisição diretamente do aprendiz. No caso da classe Aquisição Indireta, os métodos e técnicas específicos servem para realizar a aquisição indireta de informações sobre um aprendiz.

No que segue, descreve-se como estas classes interagem para realizar aquisição, representação e manutenção das informações sobre os aprendizes (grupo ou indivíduo), e ainda serem capazes de atender a solicitação de consulta sobre essas informações.

#### 6.4.2 A Classe MACSA

A classe MACSA é um agregado de três outras classes: Histórico, Perfil e Estado Cognitivo. Cada uma delas mantém um tipo de informação sobre os aprendizes (ver Figura 6.16).

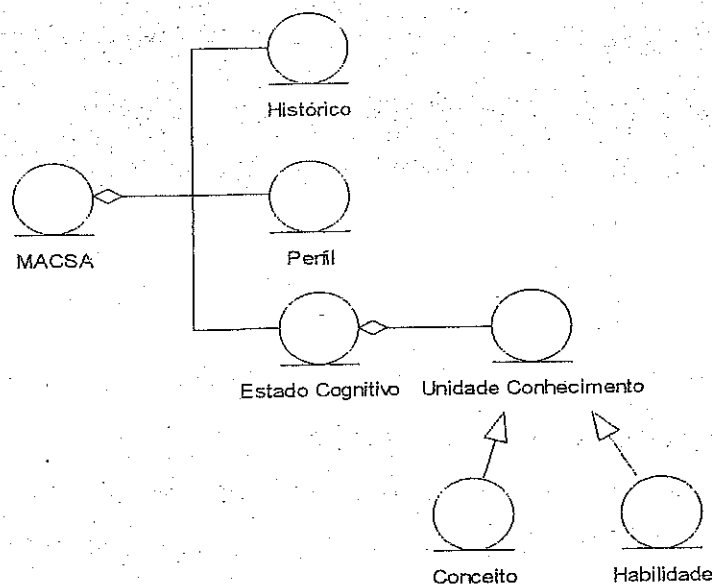


Figura 6.16 – Classes do Modelo do Aprendiz

#### 6.4.2.1 Histórico

A classe *Histórico* é uma abstração das ações e das interações do aprendiz individual durante a realização das atividades a ele propostas, são apresentadas as informações que podem ser armazenadas em histórico do aprendiz.

Tabela 6.1 – Informações do Histórico do Aprendiz

ITEM	QUANDO
HORA EM QUE O APRENDIZ ACESSOU O SISTEMA	LOGIN NO SISTEMA
RESPOSTAS DOS APRENDIZ AOS QUESTIONÁRIOS DE INÍCIO DE SESSÃO	PREPARAÇÃO DE GRUPOS
PERMANÊNCIA DO APRENDIZ DURANTE AS APRESENTAÇÕES	APRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO
QUANTAS VEZES O APRENDIZ SOLICITOU A REPETIÇÃO DE UMA APRESENTAÇÃO	APRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO
AS INTERAÇÕES OCORRIDAS DURANTE AS SESSÕES DE APRENDIZAGEM, O TEMPO GASTO USANDO A COOPERAÇÃO E AS INTERAÇÕES OCORRIDAS PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MEDIANTE SUA CATEGORIZAÇÃO (VER CAP.6 E 7)	ASSIMILAÇÃO DO CONHECIMENTO APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO AVALIAÇÃO DE GRUPO

Essas informações são muito úteis para o professor realizar um diagnóstico do andamento do curso, ou ainda, com o auxílio do Agente Tutor, realizar a avaliação.

O histórico de um grupo é a soma das informações dos históricos dos aprendizes. Portanto, o sistema não armazena informações sobre histórico do grupo, apenas histórico do aprendiz.

#### 6.4.2.2 Perfil

O perfil do aprendiz é mantido pelo modelo do aprendiz de acordo com os usos que já foram descritos anteriormente. Uma instância da classe *Perfil* armazena atributos pessoais (individuais) de um aprendiz. Para o modelo do aprendiz de grupo (MAG) não se faz necessário instanciar essa classe, pois ela trata apenas de dados individuais.

Os atributos individuais ou pessoais de um aprendiz são informações adquiridas de forma direta, durante a Preparação de Grupos através da Interface do Aprendiz.

Tabela 6.2 – Informações do Perfil do Aprendiz

ITEM	QUANDO
NOME DO APRENDIZ	PREPARAÇÃO DE GRUPOS (PRIMEIRA VEZ)
NASCIMENTO	PREPARAÇÃO DE GRUPOS (PRIMEIRA VEZ)
LINGUAGEM	PREPARAÇÃO DE GRUPOS (PRIMEIRA VEZ)
{OUTRAS LINGUAGENS}	PREPARAÇÃO DE GRUPOS
{MIDIAPREFERIDA}	PREPARAÇÃO DE GRUPOS
NÍVEL ASSUNTO (INICIAL)	PREPARAÇÃO DE GRUPOS (PRIMEIRA VEZ)
NÍVEL LIDERANÇA	PREPARAÇÃO DE GRUPOS (PRIMEIRA VEZ)
SENSO COOPERAÇÃO	PREPARAÇÃO DE GRUPOS (PRIMEIRA VEZ)
{ESCOLHAS SOCIÓGRAMA}	PREPARAÇÃO DE GRUPOS (A CRITÉRIO DO PROFESSOR)

#### 6.4.2.3 Estado Cognitivo

Na classe *Estado Cognitivo*, registra-se todas as informações sobre o conteúdo de aprendizagem, conforme o nível de conhecimento do aprendiz ou grupo. Sendo o conteúdo de aprendizagem no MATHNET organizado em unidades de conhecimento. Utilizando uma Representação por Sobreposição com Incertezas, tem-se a classe denominada Estado Cognitivo, composta de classes Unidade de Conhecimento. A classe Unidade de Conhecimento além de referenciar o conhecimento assimilado pelo aprendiz



irá manter um fator de certeza. Este fator de certeza irá dizer o quanto o Agente de Modelagem crê que o aprendiz sabe sobre a unidade de conhecimento em questão.

A classe Unidade de Conhecimento é ainda especializada em duas classes Conceito e Habilidades. A classe Conceito contém conhecimentos conceituais, como por exemplo, em um domínio específico de Física pode ser: velocidade média, aceleração, velocidade inicial e unidades de medida. A classe Habilidade contém habilidades tais como saber calcular a velocidade média de um objeto, dados os pontos inicial e final, e o tempo percorrido.

O estado cognitivo do aprendiz é armazenado durante a resolução de problemas, através da análise dos passos de resolução. Sendo a resolução de problemas cooperativa, são armazenadas informações sobre o estado cognitivo do grupo em MAG, no caso da resolução ocorrer de forma individual, as informações sobre o estado cognitivo do aprendiz são armazenadas em MAI.

Existem várias formas de representar as informações sobre o nível de conhecimento dos aprendizes em relação ao assunto em estudo (estado cognitivo) em ambientes de aprendizagem que mantêm um modelo do domínio, as principais são Representação por Sobreposição e Representação por Perturbações, conforme discutido anteriormente. Em função de que a Representação por Perturbações apresenta muitas dificuldades de implementação e os resultados não são tão satisfatórios, o MATHNET adota a Representação por Sobreposição.

#### 6.4.3 A Classe Consulta

Quando um agente necessita de informações sobre um aprendiz, sejam essas informações de um aprendiz individual ou de grupo, ele as solicita ao Agente de Modelagem do Aprendiz e essa interação se dá por meio da classe Consulta. A classe Consulta é responsável por atender a todas as solicitações de consultas feitas por outros agentes do sistema.

A interação com o Agente de Modelagem, por intermédio da Classe Consulta, pode ser analisada nas seguintes situações de uso do modelo: Formação de Grupos, Auxiliar o Agente Tutor, Auxiliar o Agente Estrategista e Auxiliar o Serviço de Busca.

### 5.4.3.1 Formação de Grupos

Durante o processo de formação de grupos, o professor, através de sua interface, obtém algumas informações dos perfis dos aprendizes a fim de definir os critérios de formação de grupos. Essas informações foram descritas na Seção 6.3.1. A Interface Formação de Grupos cria um perfil de aprendiz para formação de grupos com base na: 1) capacidade de liderança, 2) senso de cooperação, 3) e nível de conhecimento do domínio. Além do perfil do aprendiz para formação de grupos, o professor poderá considerar também o resultado do sociograma. Portanto, as informações utilizadas para a formação de grupos encontram-se disponíveis nas instâncias da classe Perfil, conforme visto anteriormente.

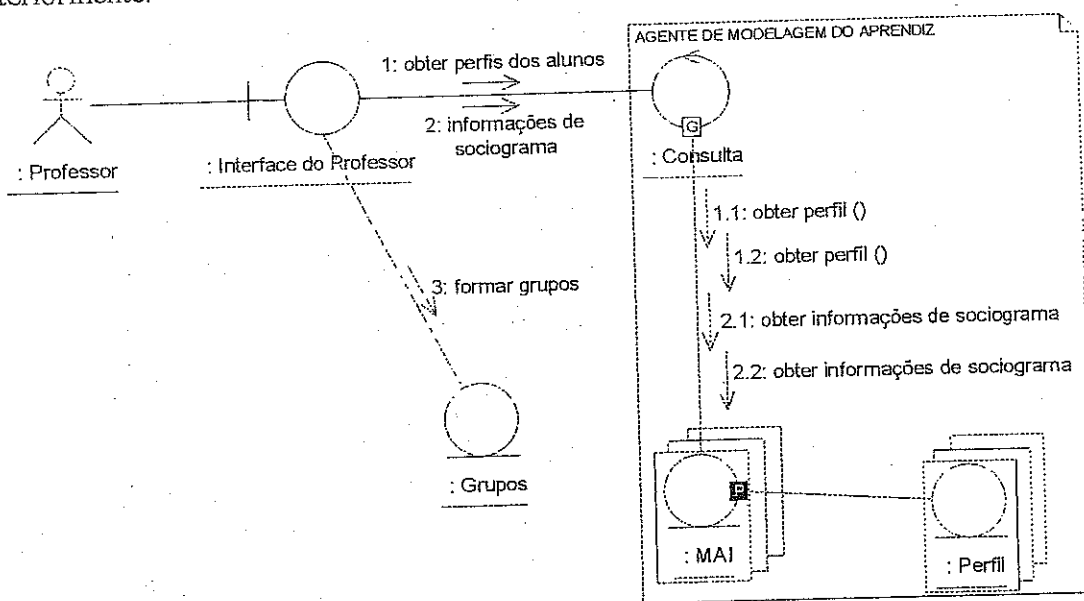


Figura 6.17 – Interface do Professor obtém Informações do Modelo do Aprendiz para Formar Grupos

Observa-se na Figura 6.17 a interação do professor com o Agente de Modelagem do Aprendiz, através da sua interface, no momento em que o professor está organizando os aprendizes em grupos. Observe que a classe Consulta obtém o perfil de cada aprendiz individual através do acesso às informações dos modelos individuais.

### 6.4.3.2 Auxiliar o Agente Tutor

O Agente Tutor é o elemento central do sistema MATHNET. Conforme discutido na Seção 6.3.2, grande parte de suas atribuições necessita de informações sobre os aprendizes. A seguir, apresentam-se algumas atribuições e como elas são efetivadas por meio da interação com a classe Consulta. As outras atribuições consultam a classe Consulta de forma similar, de acordo com as informações necessárias para a realização de suas tarefas.

#### Realizar o processo de avaliação dos aprendizes

Observa-se na Figura 6.18 que o Agente Tutor solicita informações sobre o aprendiz (histórico e estado cognitivo) ao Agente de Modelagem, através da classe consulta. Essa classe obtém informações do modelo do grupo, para o caso de avaliação de grupo (histórico do grupo e seu estado cognitivo). Com base nessas informações, o Tutor realiza a avaliação do grupo de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo professor. A avaliação dos aprendizes se dá de forma similar a de grupos, nesse caso, o Tutor obtém informações do histórico do aprendiz e seu estado cognitivo.

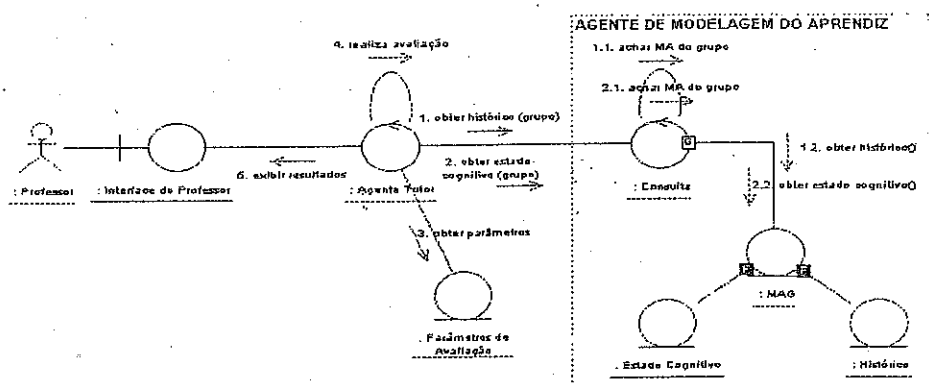


Figura 6.18 – Tutor obtém Informações do Modelo do Aprendiz para realizar a avaliação

Antes de realizar a avaliação propriamente dita, o Agente Tutor, a critério do professor, poderá solicitar do aprendiz a resolução de alguns problemas relacionados ao assunto em estudo.

### ▪ Fornecer ao professor dados estatísticos sobre o andamento do curso

O diagrama de colaboração apresentado na Figura 6.19, mostra o comportamento do Agente Tutor no momento em que solicita informações ao Agente de Modelagem do Aprendiz para gerar dados estatísticos.

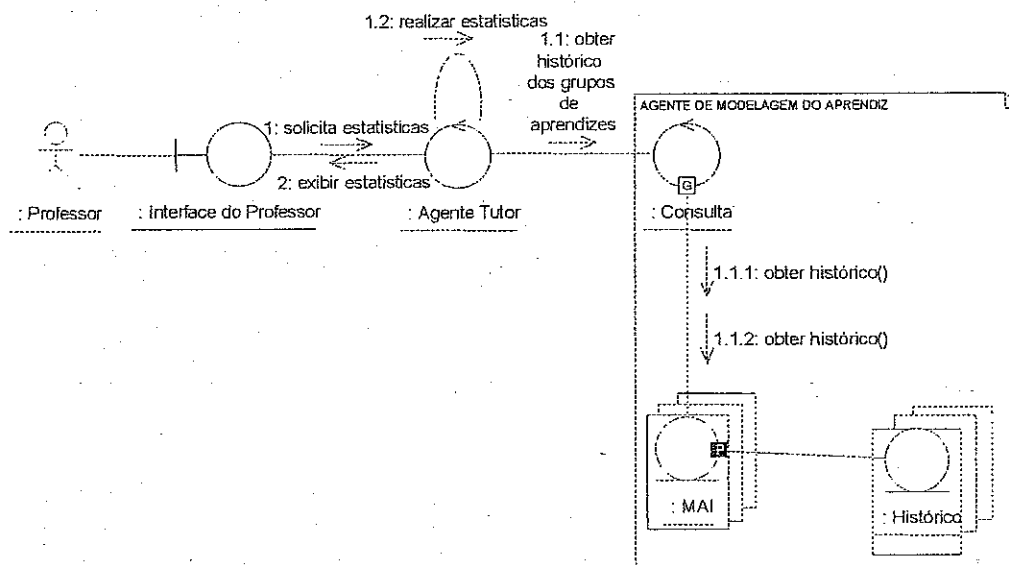


Figura 6.19 – Agente Tutor obtém Informações do Modelo do Aprendiz para realizar estatísticas.

Observa-se, nesse caso, que o Tutor solicita informações do histórico do aprendiz individual ou do grupo. Essas informações auxiliam o Agente Tutor na realização de relatórios estatísticos sobre as ações e atividades desempenhadas pelo aprendiz (individual ou grupo), as quais serão apresentadas ao professor, por meio de sua interface.

#### 6.4.3.3 Auxiliar o Agente Estrategista

No momento em que o Agente Tutor solicita ao Agente Estrategista a estratégia mais adequada para a realização de uma atividade pedagógica, o Agente Estrategista necessita obter o perfil dos aprendizes com quem o Tutor irá interagir. Além disso, o Agente Estrategista necessitará também do estado cognitivo desses aprendizes e seu respectivo grupo, conforme discutido anteriormente. Essas informações são solicitadas à classe **Consulta** do Agente de Modelagem do Aprendiz.

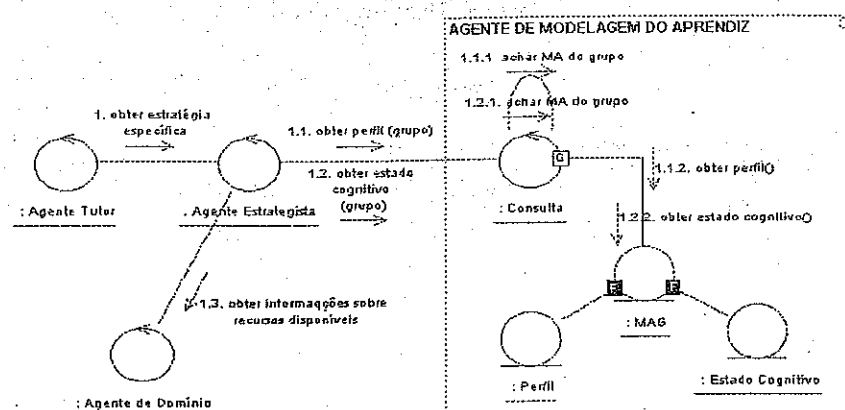


Figura 6.20 – Agente Estrategista obtém Informações do Modelo do Aprendiziz para definir Estratégia Específica.

Após obter informações sobre os aprendizes, o Agente Estrategista obtém informações sobre a disponibilidade dos recursos para a estratégia a ser empregada. Pois o Estrategista não só define a estratégia mais adequada, como também garante que existem recursos disponíveis para o desempenho dela.

A Figura 6.20, ilustra as interações entre o Agente Estrategista e o Agente de Modelagem do Aprendiziz para a escolha da estratégia mais adequada.

#### 6.4.3.4 Auxiliar os Agentes de Busca

O Serviço de Busca, para realizar suas funcionalidades, consulta informações sobre atributos individuais (perfil do aprendiz) e estado cognitivo do aprendiz. As interações do Agente de Busca e o Agente de Modelagem está ilustrado na Figura 6.21 através de um diagrama de colaboração.

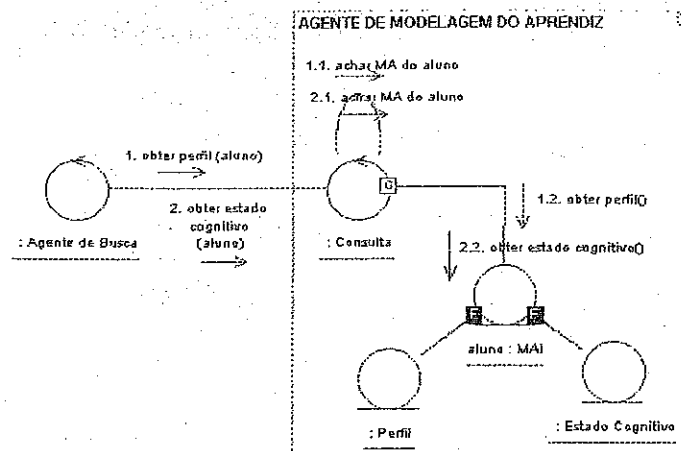


Figura 6.21 – Agente de Busca obtém Informações do Modelo do Aprendiz para criar Perfil de Busca.

#### 6.4.4 A Classe Aquisição

A classe Aquisição é responsável pelo processo de aquisição das informações sobre os aprendizes a serem representadas no modelo do aprendiz. O processo de aquisição em modelagem do aprendiz, pode acontecer de dar forma direta ou indireta. Portanto, a classe Aquisição é especializada nas classes Aquisição Direta e Aquisição Indireta. Na classe Aquisição Direta as informações sobre os aprendizes são obtidas diretamente do aprendiz, enquanto que na classe Aquisição Indireta as informações são obtidas de outros agentes artificiais.

##### 6.4.4.1 Aquisição Direta

Na aquisição direta, o Agente de Modelagem do Aprendiz interage diretamente com o aprendiz através da classe de interface Aquisição Direta. Quando uma informação específica sobre o aprendiz é necessária, o Agente de Modelagem solicita esta informação diretamente do aprendiz por meio da classe Aquisição Direta. (Ver Figura 6.22). Então, o aprendiz entra com a informação requisitada. Essa classe também pode ser utilizada no momento em que o aprendiz deseja alterar alguns atributos pessoais contidos no modelo do aprendiz. O objeto da classe Aquisição repassa as informações adquiridas para o objeto da classe Manutenção, para que este atualize as informações presentes no modelo do aprendiz.

A classe Manutenção de posse das informações coletadas pela classe Aquisição Direta atualiza as informações no modelo do aprendiz em três passos: 1) Verifica as informações presentes no modelo; 2) integra as novas informações às informações atuais; e 3) armazena o resultado da integração.

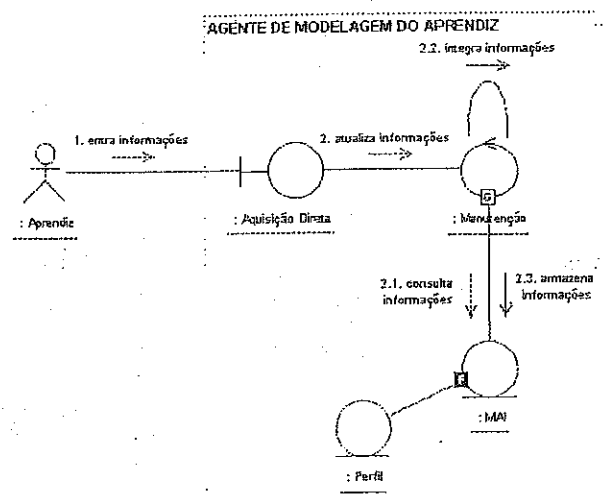


Figura 6.22 – Aquisição Direta de Informações sobre o Aprendiz

Na Figura 6.23 mostra-se a interface do aprendiz no momento em que ele solicita a modificação de alguns atributos individuais. Nesse caso, o aprendiz poderá modificar a relação de línguas estrangeiras que conhece, como também as preferências por tipos de mídia. O Agente de Modelagem do Aprendiz irá adquirir essas informações de direta na interface do aprendiz e as enviar para o componente de manutenção atualizar o modelo do aprendiz.

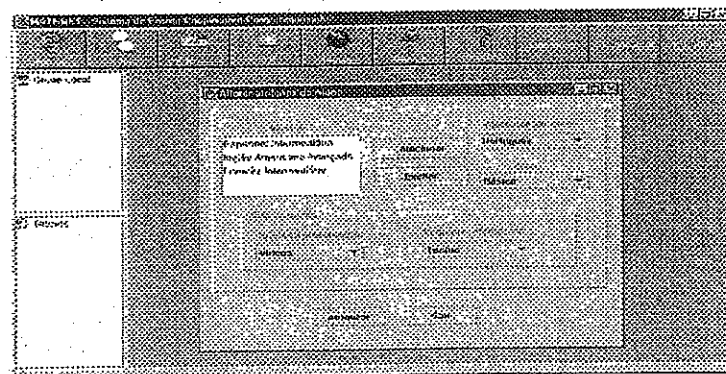


Figura 6.23– Interface de Atualização de alguns Atributos

#### 6.4.4.2 Aquisição Indireta

Na aquisição indireta, o Agente de Modelagem do Aprendiz irá inferir informações sobre o aprendiz, a partir de suas interações com outros agentes, com o tutor. Isto irá ocorrer principalmente durante a atividade de Aplicação do Conhecimento, quando o aprendiz realiza atividades de resolução de problemas.

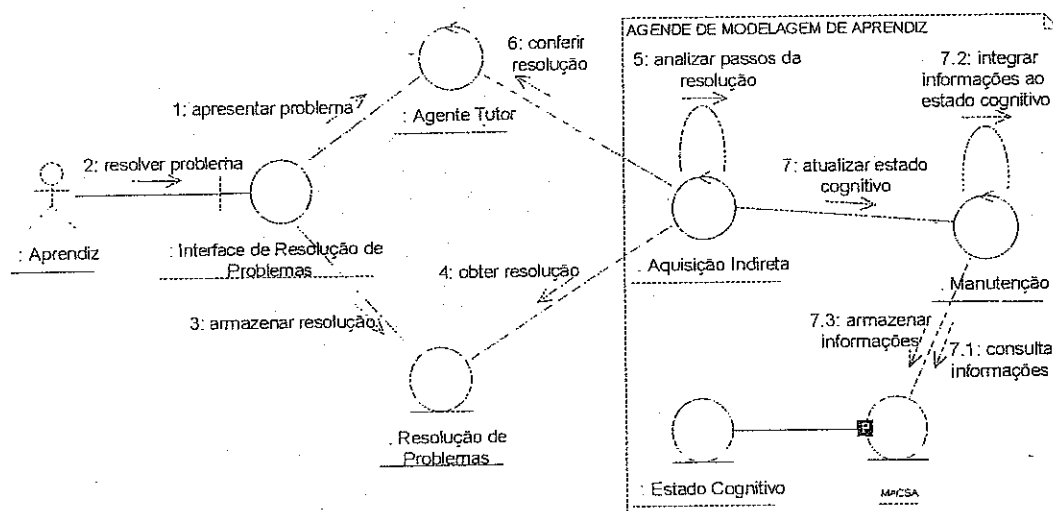


Figura 6.24 – Aquisição Indireta de Informações sobre o Aprendiz

Na Figura 6.24 pode-se observar as principais interações com a classe Aquisição Indireta.

Quando o aprendiz resolve problemas em sua interface de resolução de problemas, é gerado um registro de resolução de problema, contendo os passos seguidos pelo aprendiz. Este servirá de insumo à classe Aquisição Indireta. De posse dos passos da resolução de problema, a classe Aquisição Indireta analisará a resolução do aprendiz. Neste processo, o Agente de Modelagem do Aprendiz irá contar com a colaboração do Agente Tutor para conferir a resolução do problema feita pelo aprendiz. Com os resultados da análise dos passos de resolução em “mãos”, a classe Aquisição Indireta invoca a classe de Manutenção a atualização das informações sobre o estado cognitivo do aprendiz.

A classe Manutenção, a exemplo do que ocorre com a aquisição direta, em três passos irá atualizar as informações no modelo do aprendiz: 1) verifica as informações



presentes no modelo sobre o estado cognitivo do aprendiz; 2) integra as informações atuais às novas informações; e 3) armazena o resultado da integração.

Um outro diagrama de colaboração, ilustrado na Figura 6.25, descreve um outro exemplo, onde a aquisição se dá de forma indireta. Nesse caso, as ações do aprendiz são armazenadas no modelo do aprendiz, especificamente em uma instância da classe Histórico.

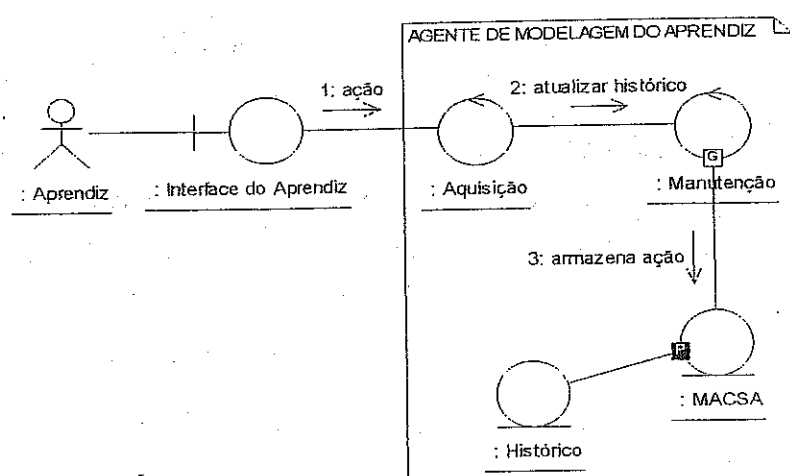


Figura 6.25 – Ações do Aprendiz sendo armazenadas no Modelo do Aprendiz

#### 6.4.5 A Classe Manutenção

A classe Manutenção trabalha constantemente com a classe Aquisição. Conforme descrito na seção anterior. Sua responsabilidade é consultar, integrar e armazenar novas informações ao modelo do aprendiz.

A manutenção é feita com o uso da técnica de sobreposição difusa, conforme descrita anteriormente.

### 6.5 Interações no MACSA

Na proposta de interações no MACSA, definem-se os recursos de comunicação em ambientes de ensino-aprendizagem cooperativos à distância, especificam-se as interações

do grupo de aprendizes cooperativos, mostra-se a estrutura, representação, aplicação e integração do modelo no ambiente MATHNET de aprendizagem cooperativa.

## **6.6 Recursos de Comunicação em Ambientes de Ensino-Aprendizagem Cooperativos**

Os ambientes de ensino-aprendizagem cooperativo à distância dispõem de recursos de comunicação classificados como: síncrona e assíncrona.

### **Recursos de Comunicação Síncrona:**

Comunicação Síncrona é vista como uma forma de comunicação que acontece simultaneamente através de recursos tecnológicos disponíveis para este fim, conforme especificados a seguir:

- Sala de conversação - local virtual que envolve interações entre todos os participantes da sessão de aprendizagem, trabalha-se aqui debates sobre pontos críticos das tarefas, através de dois tipos de salas, a primeira abrange os participantes de um grupo e o professor, a segunda, chamada de sala mista, envolve todos os participantes da sessão. As conversas são gravadas em modo texto contendo o nome do participante, a data e a hora. É permitido aos participantes acessar conversas anteriores através de uma interface.
- Vídeo/Tele-Conferência -- permite dialogar, observar os interlocutores, mostrar informações a grupos de aprendizes reunidos em salas distantes preparadas para esse fim.

### **Recursos de Comunicação Assíncrona:**

Comunicação Assíncrona é uma forma de comunicação que ocorre de forma não simultânea através de recursos tecnológicos, conforme especificados a seguir:

- Correio eletrônico -- permite a troca de mensagens intra e inter grupos, com professor e o tutor, através da seleção do destinatário disponível em uma lista. As mensagens são categorizadas da seguinte forma:
  - Dúvidas - são todas as dúvidas sobre uma tarefa qualquer do curso;

- Esclarecimentos – são as respostas sobre as dúvidas do aprendiz;
  - Questões – formulação de questões relativas ao conteúdo do curso;
  - Comentários – são comentários relativos ao conteúdo exibido;
  - Argumentos – são argumentos relativos ao conteúdo exibido;
  - Sugestões – sugestões sobre o conteúdo exibido.
- Lista de Discussão – permite a interação intra e inter grupo, sendo que a discussão gerada ocorre sempre sobre um assunto pré-definido de acordo com a sessão de aprendizagem na qual o grupo está inserido.
  - Grupos de Interesses - permite a interação intra e inter grupo através de mensagens escritas que podem usar a mesma categorização de mensagens do correio eletrônico sendo que os grupos de interesses são definidos a partir de assuntos relacionados à sessão de aprendizagem na qual o grupo está inserido.
  - Banco de Dúvidas – sempre que o aprendiz apresentar dúvidas, poderá dispor do Banco de Dúvidas que o sistema disponibiliza. Aqui os grupos armazenam suas questões, dúvidas, sugestões etc. sobre determinado tópico da sessão de aprendizagem compartilhando com os diversos grupos integrantes do ambiente cooperativo para tirar suas dúvidas. Além das dúvidas, é feito um cadastro que identifica o grupo e data das mesmas.
  - Agente de Busca (NUNES, 2001) - a principal função de um agente de busca no MATHNET é auxiliar os aprendizes, individualmente ou em grupo, a encontrar informações para responder suas dúvidas. O próprio *Agente de Busca* pode oferecer-se para buscar alguma informação por conta própria, o que denota um certo grau de pró-atividade. Os agentes de busca são agentes móveis que percorrem as bases de recursos do sistema buscando informações de acordo com um perfil de aprendiz, que é construído dinamicamente, baseado em informações obtidas do Agente Modelador do Aprendiz. Por serem implementados através de *aglets*<sup>1</sup>, esses agentes também podem visitar bases remotas, na Internet, por exemplo. Ao iniciar o Caso de Uso “Recuperar Informações” o aprendiz

---

<sup>1</sup> Um *aglet* é um objeto java que pode se mover de uma máquina para outra através da rede de maneira autônoma.

instancia, de forma transparente, um *Agente de Busca* que ficará responsável por essa tarefa. Dependendo das estratégias pedagógicas sendo aplicadas, o *Agente de Busca* também pode ser ativado diretamente pelo sistema.

## 6.7 Especificação das Interações do Aprendiz Cooperativo

Uma das propostas desta tese é apresentar o processo de modelagem das interações do aprendiz em uma sessão de ensino-aprendizagem (BARROS et al., 2000) (JAQUES, 2000) (AKRAS, 1998) (TEIXEIRA, 2002).

A noção de Sessão de Ensino-Aprendizagem é definida a partir da idéia das áreas cooperativas como sendo um intervalo de tempo determinado pelo professor no qual as várias áreas cooperativas irão interagir, com o auxílio do sistema computadorizado, em situações de ensino-aprendizagem. O objetivo final é o aprendizado por parte dos aprendizes de um dado conteúdo. Um curso pode ter várias sessões de ensino-aprendizagem, funciona como uma divisão do curso em módulos. A sessão de ensino-aprendizagem pode ser assíncrona apesar de poder utilizar os recursos síncronos dentro da mesma.

Vários tipos de interação entre os agentes podem ser relacionados: entre o aprendiz e o sistema, entre o sistema e o professor, dentro de um grupo de aprendizes, entre grupos de diferentes aprendizes e entre o professor com cada grupo de aprendiz.

- **Interação Grupo de Aprendiz-Sistema/Tutor**

Neste nível, os aprendizes interagem com o sistema/tutor durante a apresentação de lição. Eles podem pedir para o tutor reapresentar uma parte específica da lição, pedir ajuda, etc. Sobre o aspecto temporal, o sistema aloca uma determinada duração para um grupo explorar cada parte da lição.

- **Interação Professor-Sistema/Tutor**

Esta interação é determinada pelo tutor e o agente pedagógico. O professor pode introduzir estratégias pedagógicas novas, influenciar a progressão da lição. Ele pode

ainda, permitir uma lição nova a ser estudada por um grupo específico, verificar a necessidade de mais exercícios para a mesma lição, ou até mesmo voltar uma lição.

- **Interação IntraGrupo**

Neste nível, os aprendizes compartilham a mesma meta dentro de uma área cooperativa. Eles colaboram para a realização das atividades do curso, colocando em prática o conhecimento adquirido, para melhor assimilação. Todos os aprendizes têm a mesma responsabilidade pela realização da meta. Os aprendizes juntos, assistem ao curso e tentam assimilar o conteúdo, aplicando algumas estratégias cooperativas.

- **Interação InterGrupo**

Neste nível, os grupos podem conferir o progresso de cada um interagindo entre si. Um grupo pode ajudar o outro a assimilar algumas partes do curso ou solucionar alguns problemas, podem ainda, trocar idéias, conferir soluções, etc. Esta opção é descartada quando são definidos grupos para serem competitivos.

- **Grupo de Aprendizagem Cooperativo vs. Professor**

Neste nível, o professor é responsável por uma sessão de aprendizagem cooperativa. Ele tem acesso a todas as exibições das diferentes áreas cooperativas e pode, graças as suas observações, decidir o momento da interação com um grupo de aprendiz específico ou com todos eles.

O professor pode pedir para o grupo aplicar uma estratégia de aprendizagem cooperativa nova, mudar os parâmetros dos problemas a serem solucionados, etc. pode também intervir quando precisar reforçar as habilidades cooperativas dentro do grupo. Estes tipos de interações podem surgir quando um grupo tiver um problema e nem o sistema e os outros grupos provêem uma solução. Os aprendizes podem pedir para o professor que aprofunde alguns conceitos, etc.

## 6.8 Estrutura do Modelo

Em linhas gerais, o esquema do modelo do aprendiz cooperativo baseado nas ações e interações em uma sessão de ensino-aprendizagem (ver 6.7) mostra a relação entre os agentes de modelagem que verificam as ações e interações consolidadas e analisadas em termos qualitativos e quantitativos para poder gerar o seu modelo. Este modelo é disponibilizado aos outros agentes do ambiente MATHNET com o objetivo de reforçar a cooperação e verificar o uso da estratégia escolhida para a sessão de aprendizagem. Ilustra-se este esquema na Figura 6.26.

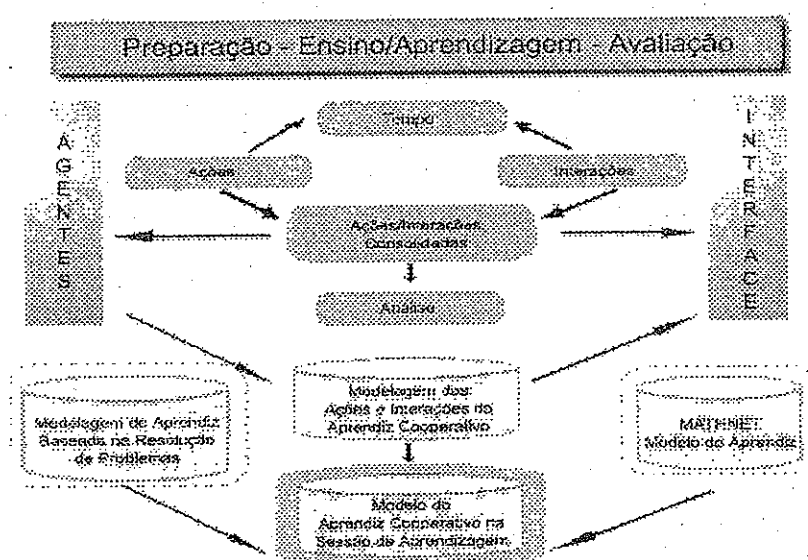


Figura 6.26 – Esquema do Modelo do Aprendiz Cooperativo - MACSA

O acompanhamento dessas ações permite realizar análise quantitativa baseando-se no número de interações e análise qualitativa verificando o conteúdo das mesmas. De acordo com a categoria escolhida.

Neste contexto, é importante ressaltar as responsabilidades inerentes ao aprendiz e ao professor que ficam assim especificadas:

Do Aprendiz:

Verificar os recursos de comunicação disponíveis e

Usar os recursos de comunicação convenientemente.

Do Professor:

Fazer o acompanhamento de uso desses recursos;

Obter os resultados da análise (quantitativa e qualitativa) feita pelo sistema;

Reforçar o uso da cooperação.

Do Agente Supervisor Cooperativo (ASC):

Observar a cooperação;

Analisar a cooperação;

Informar ao Agente Tutor ou Professor sobre a cooperação.

O *Agente Supervisor Cooperativo* - possui as seguintes responsabilidades: (i) verificar o tempo gasto de interação grupo x sistema dentro da estratégia escolhida; (ii) verificar o uso dos recursos cooperativos, verificar todas as interações e ações do grupo de aprendiz; (apresentação e assimilação do conhecimento). Responsável ainda pela verificação do método cooperativo escolhido para realização da tarefa, como por exemplo, resolução de problemas e o tempo gasto na execução das mesmas (aplicação do conhecimento).

Os Agentes de Modelagem: Agente Modelador do Aprendiz, Agente Supervisor Cooperativo, Agente Supervisor Resolução de Problemas são responsáveis diretos pelo Modelo do Aprendiz Cooperativo na Sessão de Aprendizagem - MACSA. Entretanto, os demais agentes funcionam como suporte, favorecendo e incentivando a cooperação no ambiente como um todo.

O *MACSA* é um sistema que se constitui a cada sessão do curso e armazena o histórico do perfil do aprendiz e do grupo. A cada sessão o comportamento do grupo varia de acordo com o seu desempenho nas etapas especificadas e acompanhadas pelos demais agentes do ambiente. Sugere-se que os resultados obtidos referente ao histórico do grupo durante a sessão de aprendizagem, seja analisado e acompanhado por psicopedagogo.

## 6.9 Representação do Modelo

Inicialmente o aprendiz é colocado a par de todos os recursos de comunicação disponíveis no ambiente de ensino-aprendizagem. A medida que o aprendiz usa esses recursos em uma sessão de ensino-aprendizagem, o agente supervisor cooperativo contabiliza e disponibiliza no sistema o resultado das interações. O professor pode a qualquer momento, obter informações sobre as interações dos aprendizes.

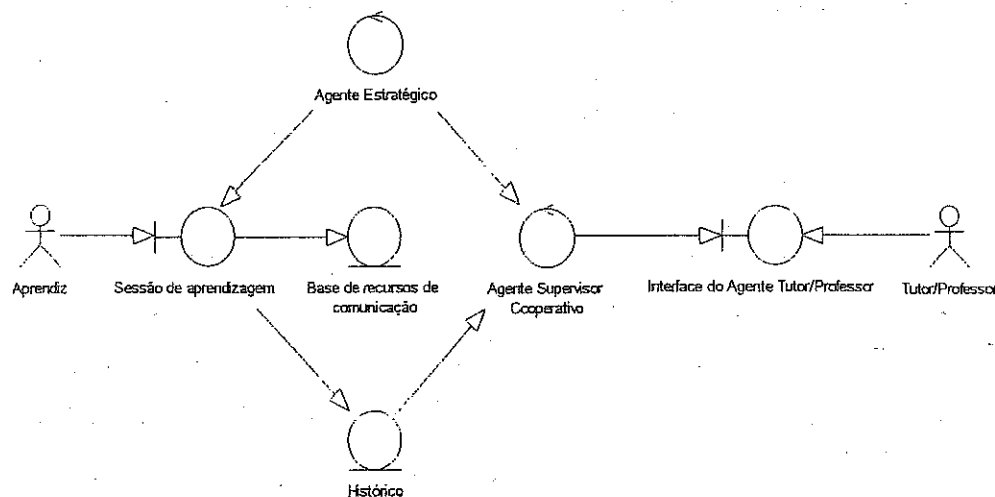


Figura 6.27 – Classes envolvidas nas Interações dos Recursos de Comunicação

Os recursos de comunicação envolvem sete classes principais (ver Figura 6.27). A Interface do Aprendiz, os Recursos de Comunicação em si, a Base de Recursos de Comunicação, o Agente Estratégico, o Agente Supervisor Cooperativo, o Histórico e a Interface do Tutor/Professor.

Na Figura 6.27 observa-se a interação dos recursos de comunicação com as outras classes. O aprendiz acessa a Base de Recursos de Comunicação baseado nas informações do Agente Estrategista através de uma interface, todos os acessos são armazenados na classe Histórico que servirá de suporte para o Agente Supervisor Cooperativo monitorar, gerenciar os acessos e disponibilizar ao Agente Tutor/Professor.



As atividades realizadas pelos aprendizes durante as interações com o sistema são disponibilizadas através da classe Histórico, e monitoradas pelo Agente Supervisor Cooperativo que fornece ao Agente Tutor/Professor, através de uma interface, as cooperações realizadas entre os aprendizes. Através deste agente o Professor pode realizar uma análise qualitativa e quantitativa do processo de aprendizagem cooperativa realizada através dos recursos de comunicação.

O perfil do aprendiz ou grupo de aprendiz, apresentado pelo Agente Supervisor Cooperativo ao Tutor/Professor conta com informações do tipo: Para cada aprendiz ou grupo de aprendizes, mostrar o número de vezes que os mesmos utilizaram os recursos, ou seja, no primeiro momento, o acesso a cada recurso cooperativo é contabilizado, no segundo momento, mostra quantas vezes o assunto em questão foi discutido cooperativamente entre os aprendizes e grupo de aprendiz, através dos recursos Sala de conversação (Chat), Correio eletrônico (E-mail) por categoria.

O Agente Estrategista é o responsável pelo armazenamento e escolha da estratégia pedagógica. Este agente monitora o processo de ensino-aprendizagem, sempre interagindo com o Agente Supervisor Cooperativo e com o Agente Tutor/Professor, para que de acordo com o contexto em que se encontra o processo, sejam aplicadas as estratégias pedagógicas adequadas para cada aprendiz.

## **6.10 Implementação e Integração dos Recursos de Comunicação no MATHNET**

Para implementação dos recursos de comunicação no MATHNET, utiliza-se a plataforma ZEUS e a linguagem de programação JAVA. Inicialmente, os recursos implementados no MATHNET, dizem respeito à Sala de Conversação ou Chat e o Gerenciador de Correio Eletrônico ou E-Mails.

Um Chat é um aplicativo cliente/servidor e se baseia em requisições e respostas. Todos os "clientes" são conectados ao "servidor" e para se comunicarem entre si, necessariamente passam pelo servidor.

A Figura 6.28 mostra a tela principal, ou seja, a interface na versão servidor do *Chat MATHNET*. Apresenta-se a interface: *Ativação do servidor*, que mostra o servidor em funcionamento, aqui os aprendizes trabalham em grupo, considerando um assunto específico. As mensagens efetivadas ficam armazenadas na classe *Histórico*, vista anteriormente.

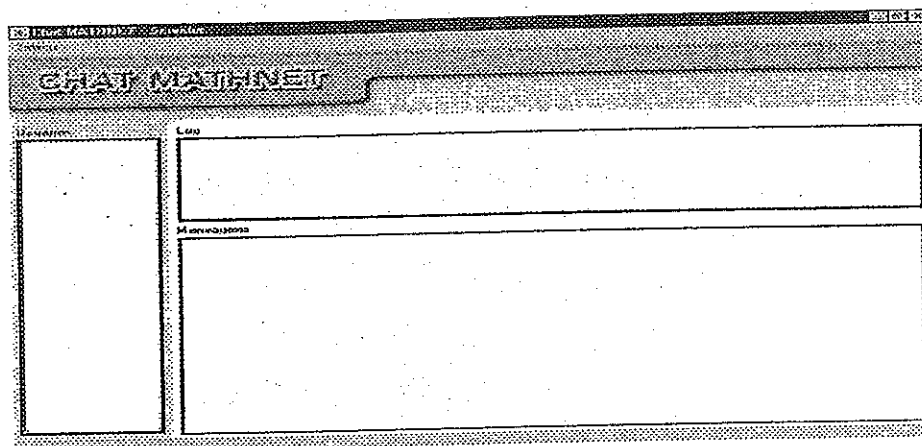


Figura 6.28 – Tela Principal do Chat MATHNET

Um outro ponto relevante é que se traduz em importante ferramenta para o controle dos temas abordados é a *pesquisa de palavras*, realizada nas conversações armazenadas. Com as pesquisas de palavras, o professor/tutor, através do servidor, pode manter, um controle das mensagens efetivadas entre os usuários, visando a garantia do ensino cooperativo.

*A versão "cliente" do Chat MATHNET e a conexão de um usuário ao servidor.*  
Ao se conectar com o servidor são pedidas algumas informações ao aprendiz, como o grupo em que deseja entrar. Os grupos existentes são mostrados, caso não estejam completos (contendo três usuários), podendo o novo aprendiz acessá-los, ou se desejar, formar um novo grupo. Apresenta-se também a interface de conversação entre aprendizes integrantes de um determinado grupo. As configurações referentes à versão cliente do *Chat MATHNET* de acesso aos aprendizes consistem em: alteração ou adicionamento de um novo endereço IP do servidor, alteração das informações pessoais do aprendiz e alterações referentes ao visual do programa.

No gerenciador de e-mails o grupo de aprendiz pode selecionar a categoria e o destinatário em uma lista existente na interface do programa. Como já apresentado neste trabalho, a categorização das mensagens é de grande importância para o controle de troca de informações. A tela principal do e-mail MATHNET é mostrado na Figura 6.29.

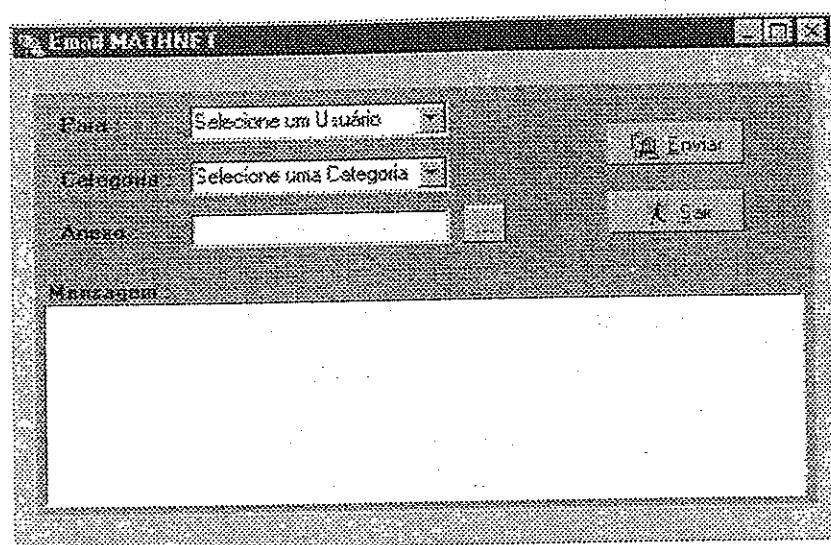


Figura 6.29 – Tela Principal do E-mail MATHNET

## 6.11 Conclusão

Neste capítulo, mostrou-se o processo de modelagem do aprendiz em um ambiente de aprendizagem cooperativa computadorizada, o ambiente MACSA. Definiu-se quais informações podem ser modeladas ao longo das atividades pedagógicas. Para que o modelo do aprendiz represente somente informações úteis, identificou-se, através dos usos que os agentes do sistema fazem do modelo, quais informações de fato precisam ser modeladas para a construção do MACSA.

Levando-se em consideração o paradigma de aprendizagem cooperativa, o aprendiz modelado pode ser visto como sendo um aprendiz ou grupo de aprendizes. Para isso, são criados modelos individuais e modelos de grupos.

Na construção do modelo do aprendiz, encontrou-se limitações relacionadas ao campo pedagógico e computacional. Mas, apresentou-se então, algumas teorias pedagógicas e computacionais que facilitaram o desenvolvimento desta pesquisa.

Para operacionalizar o processo de modelagem do aprendiz, especificou-se um agente artificial que tem a responsabilidade de atender consultas, adquirir, manter e representar as informações sobre o aprendiz (individual ou grupo). A esse agente artificial, considerado o principal agente do MACSA, foi denominado de Agente de Modelagem do Aprendiz. Esse agente possui as seguintes características: 1) adquire as informações de forma direta, através da interface do aprendiz, e indireta, através da análise dos passos da resolução de problemas; 2) representa as informações através do uso do método de representação por sobreposição com incertezas; e 3) mantém as informações através do uso da técnica de sobreposição difusa.

Apresentaram-se também, os recursos de comunicação que foram disponibilizados e implementados no ambiente MATHNET, com vistas a possibilitar a interação dos aprendizes de forma efetivamente cooperativa, bem como o monitoramento dessas interações, fazendo com que o professor possa intervir no sentido de melhorar o desempenho dos mesmos.

Outros recursos de comunicação podem ser acoplados a estes ora disponíveis e implementados, significa dizer que com o avanço tecnológico cada vez mais crescente, existe abertura para a implementação de novas tecnologias bem como da teleconferência que neste momento sugere-se como trabalho futuro.

## CAPÍTULO 7

## CONCLUSÃO

### 7.1 Considerações Finais

O desenvolvimento das novas tecnologias de comunicações e computação (integração do computador, televisão, vídeo, telefone) produz o que se chama de sistemas abertos para o aprendizado. Estes sistemas inovam a organização das escolas, principalmente as brasileiras, com o objetivo de torná-las cada vez mais sem fronteiras geográficas. Os métodos e as técnicas de IA são considerados essenciais para a concepção de ambientes de ensino-aprendizagem assistido por computador. O ambiente MATHNET de ensino cooperativo computadorizado se situa nesta área de atuação. Neste ambiente, o aprendiz é modelado visando aperfeiçoar cada vez mais o seu desempenho na sessão de aprendizagem, isto implica que o mesmo será monitorado com vistas a trabalhar de forma cooperativa em todo o processo.

Nessa tese descreveu-se os ambientes de ensino-aprendizagem enfatizando a concepção e o processo de modelagem do aprendiz em um ambiente de aprendizagem

cooperativa computadorizada. O sistema proposto trará benefícios às áreas de ensino computadorizado e do ensino cooperativo.

O uso do computador se situa como veículo interessante de conteúdos pedagógicos (disponibilidade, repetição, autonomia por parte do aprendiz, desinibição do aprendiz, diversidade das ferramentas de transmissão, etc.), e a aplicação do paradigma de aprendizagem cooperativa. De fato, e contrariamente ao ensino tradicional, no ensino cooperativo, o sucesso de um aprendiz é correlacionado ao sucesso do grupo, deste modo o grupo deve ajudar os seus membros a progredirem. Os aprendizes trabalham juntos para alcançar um objetivo comum, através da inter-relação. Cada membro é responsável pela realização deste objetivo, baseado na convergência de propósitos. Além dos benefícios acadêmicos (aumento na produtividade e o estímulo ao aprendiz: o aprendiz aprende a aprender), destaca-se também os benefícios sociais (desenvolvimento das habilidades cooperativas do aprendiz) e até alguns benefícios econômicos (compartilhamento de recursos, etc.).

## 7.2 Contribuições da Tese

Considerando a existência de vários ambientes de aprendizagem computadorizados, percebe-se que os mesmos não se preocupam com a evolução do aprendizado do aprendiz e tampouco se este aprendizado ocorre de forma cooperativa. Daí ressalta-se que as principais contribuições dessa tese são: a inserção de novas funcionalidades e implantação de um modelo computacional para Ambientes Interativos de Ensino-Aprendizagem Cooperativo, o MATHNET; apresentação do ARP como agente de software capaz de auxiliar o aprendiz no aprendizado; concepção e implantação de uma modelagem do aprendiz cooperativo, com base em múltiplos agentes artificiais e humanos, dispostos em uma arquitetura de rede de computadores o qual chamamos de sistema MACSA de modelagem do aprendiz em ambientes de ensino-aprendizagem cooperativo; aplicação do modelo no ambiente MATHNET;

As contribuições específicas para o ambiente MATHNET foram: a inserção de uma arquitetura multiagentes e a interação entre os mesmos; a concepção e aplicação do MACSA considerando a arquitetura multiagentes; incorporação de novas funcionalidades tais como o

ARP, com vistas a integrar aprendizes, professores e sistema computacional em um espaço que sirva para promover o desenvolvimento de atividades de aprendizagem cooperativas.

### 7.3 Perspectivas Futuras

Cita-se como extensão a este trabalho, ou seja, a modelagem poderá buscar as seguintes melhorias:

- 1) Em se tratando do processo de formação de grupos em sistemas cooperativos, a modelagem do aprendiz torna-se muito relevante na busca da melhor formação de grupos cooperativos, sugere-se que esta formação possa ser gerada utilizando outras técnicas além do sociograma;
- 2) Considerou-se aqui apenas algumas informações relacionadas a atributos individuais do aprendiz para a formação de grupo. Mas para alcançar resultados mais eficientes, pode-se levar em consideração os estados cognitivos do aprendiz. Uma alternativa é tentar descobrir quais conhecimentos prospectivos um grupo de aprendizes poderá apresentar ao analisar os modelos individuais;
- 3) Implementação da integração do MACSA no MATHNET, este trabalho está sendo elaborado pela equipe de projeto como requisito de iniciação científica;
- 4) Disponibilizar a versão integrada do MATHNET na Internet;
- 5) Ampliar o domínio de problemas tratáveis pelo ARP, tais como: na física, matemática e informática etc.;
- 6) Desenvolver uma função que gere mapa mental automaticamente.

## REFERÊNCIAS

ABOU-JAOUDE, S. et al. On the Application of a Believable Layer in ITS. In: WORKSHOP ON SYNTHETIC AGENTS, AIED'99: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION. 9, Le Mans, France, July 1999. *Anais...* Le Mans, France, 1999.

AKHRAS, F. N. Reasoning about process in intelligent learning environments. School of Computer Studies. University of Leeds, 1998. <http://www.education.leeds.ac.uk>. Acesso: 10/06/2001.

AKIKO, I; HIROSHI, K. An Environment for Cooperative Learning of Programming: AlgoArena The Probability Inquiry Environment. Disponível em: [www.ipsj.org.jp/members/SIGnotes/Eng/33](http://www.ipsj.org.jp/members/SIGnotes/Eng/33) Acesso em dez. 2002.

AMATO, et al. User profile modeling and its application to digital libraries. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD EUROPEAN CONFERENCE ON RESEARCH AND ADVANCED TECHNOLOGY FOR DIGITAL LIBRARIES, LNCS 1696, [S. l.], 1999. *Anais...* [S. l.], 1999, p. 184-197.

AMMAR, S.; WRIGHT, R. A fuzzy logic approach to performance evaluation, *Proceedings of IEEE ISUMA-NAFIPS*, [s. l.], p. 246-251, 1995.

ANDRADE FILHO, S.S. **Modelagem do agente estratégico para ambientes multiestratégicos de aprendizagem cooperativa computadorizada**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão, São Luís.

ANDRE, E. et al. Life-Like Presentation Agents: a new perspective for computer-based. Technical Documentation. In: *Proceedings of Workshop V. Pedagogical Agents*. Kobe, Japão. 1997. p.1-8.

ARIADNE. Disponível em: <http://ariadne.unil.ch/project> Acesso em: jun. 2002.

AULANET. Disponível em: <http://www.aulanet.com.br> Acesso: em jun. 2002.

BAFFES, P. et al. Using theory revision to model students and acquire stereotypical errors. In: *PROC. OF THE FOURTEENTH ANNUAL CONFERENCE OF THE COGNITIVE SCIENCE SOCIETY*. Bloomington, 1992. *Anais...* Bloomington, 1992. p. 617-622.

BARROS, B. et al. Analysing learner interaction processes in order to improve collaboration. **The DEGREE approach**. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2000.



- BARROS, J. P. D.; D'AMBROSIO, U. *Computadores, Escola e Sociedade*. São Paulo: Scipione, 1988.
- BARROS, L.A.; BORGES, M.R.S.. ARCOO - Sistema de Apoio à Aprendizagem Cooperativa Distribuída. In: Simpósio Brasileiro de Informática e Educação, 6., *Anais...* 1995
- BAZARAAS, M. S. *Nonlinear programming theory and algorithms*. 2. ed. John Wiley Sons, p. 328, 1993.
- BEAUMONT, I. User Modelling in the Interactive Anatomy Tutoring System *ANATOM\_TUTO. User Modelling and user-Adapted Interaction*, v. 4, n. 1, 1994. p. 21-45.
- BECK, J.; STERN, M.; WOOLF, B. Cooperative student models. In: PROCEEDINGS OF THE EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, 1997. *Anais...* [s.l.], 1997. p. 127-134.
- BERCHT, M.; VICCARI, R. Integrando Fatores Emocionais e Motivacionais em Agentes Pedagógicos. In: WORKSHOP: AMBIENTES DE APRENDIZAGEM BASEADOS EM AGENTES. ANAIS DO X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE'99). Curitiba-PA, 23 a 25 de novembro de 1999. *Anais...* Curitiba, 1999.
- BELVEDERE. Disponível em: <http://www.belvedere.nu/start.htm> Acesso em; jul.2002.
- BIRMINGHAM, W. P. et al. The University of Michigan Library: this is not your father's library. Digital Libraries'94. In: ANNUAL CONFERENCE ON THE THEORY AND PRACTICE OF DIGITAL
- BISSEX, G., et al. *Seeing for ourselves*. Portsmouth, NH: Heinemann Educational Books, Inc. 1987.
- BLASCO, M.T. et al. From Co-operative Learning to the Virtual Class. An Experience in Composition Techniques. Disponível em: [www.ultibase.rmit.edu.au/articles/dec99/blasco1.htm](http://www.ultibase.rmit.edu.au/articles/dec99/blasco1.htm) Acesso em : maio 2002.
- BOOCH, G., et al. *The unified modeling language user guide*. Addison-Wesley, Longman. 1999.
- BORGES, S.S. *Resolução de Problemas no MATHNET*. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão, São Luís.
- BOY, G. A. Software agents for cooperative learning. In: *Software Agents*. Edited Bradshaw J. M. AAAI AAAI Press/MIT, 1997.

BROWN, J. S., BURTON, R. R.; BELL, A. B. **Sophie**: A sophisticated instructional environment for teaching electronic troubleshooting. Cambridge, MA: Bolt Beranek and Newman, Inc., 1974.

BRUSILOVSKY, P. Student as User: Toward an Adaptive Interface for an Intelligent Learning Environment. In: PROCEEDINGS OF AI-ED93 WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, 1993. *Anais...* 1993. p 386-393.

BULL, S.; SMITH, M. A Pair of Student Models to Encourage Collaboration. In: Proceedings of the Sixth International Conference (UM97), 7, 1997, Vienna, New York. *Anais...* Vienna, New York: Springer Wien New York, 1997.

BURTON, R. Diagnosing bugs in a simple procedural skill. In: SLEEMAN, D. H. & BROWN, J. S. (Eds.). **Intelligent tutoring systems**. London, UK: Academic Press, 1982. p.157- 184.

CARBONELL, J.R. AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction, *IEE Transactions on Man-Machine Systems*, 11(4): 190-202, 1970.

CERRI, S.; ELSOM-COOK, M.; LEONCINI, M. TRILL: The Rather Intelligent Little Lisper. In: **Intelligent tutoring media**, [s. l], 1990.

CHAN, T. A tutorial on social learning systems. In: T., Chan and J. Self (eds.). **Emerging computer technologies in education**. Charlottesville: AACE, 1995. p. 71-96.

CHAN, T. W. and BASKIN, A.B. Learning companion systems. In: C. Frasson and G. Gauthier (eds.). **Intelligent tutoring systems: at the crossroads of artificial intelligence and education**. Chapter 1, New Jersey: Ablex Publishing Corporation. 1990.

CHANG, D. F.; SUN, C. M. Fuzzy assessment of learning performance of junior school students, Proc. National Symp On Fuzzy Theory and Applications, 1., 1993, Hsinchu, Taiwan, Republic of China. *Anais...* Hsinchu, Taiwan, Republic of China, 1993. p. 10-15.

CHAPPELL, Alan R. Addressing the trained novice/expert performance gap in complex dynamic systems: a case-based intelligent tutoring system. 1998. Disponível em: <http://www.iysye.gatech.edu/chmsr/alanchappell/proposal/proposal.html>. Acesso em: 09/2001.

CLANCEY W. J. **Knowledge-Based tutoring**: The guidon program. MIT press. 1990.

CLANCEY, W. J. A tutorial on situated learning. In: T. Chan and J. Self, (eds.). **Emerging computer technologies in education**. Charlottesville: AACE, 1995. p. 71-96.

CLANCEY, W. Tutoring rules for guiding a case method dialog. In: SLEEMAN, D. H. e BROWN, J. S (Eds.). **Intelligent tutoring systems**. London: Academic Press, 1982. p.201-225.

COELHO, M. M. **Definição de um módulo hipermídia adaptativo para integrar sistemas tutores inteligentes.** Disponível em: <<http://www.ita.cta.br/~coelho/paper.html>>. 1996. Acesso em: 15/05/2001.

COHEN, E. G. **Designing Group Work.** New York: Teachers College Press, 1986.

COHEN, P. R. and LEVESQUE, H.J. Rational interaction as the basis for communication. In COHEN, P. R.; MORGAN, J.; POLLACK, M. E. (eds.). **Intentions in communication.** The MIT Press: Cambridge, MA, 1990. p. 221-256.

COLENCA NETO, A. et al. In: SEMINÁRIO SISTEMAS BASEADOS EM CONHECIMENTO (SBC): SAD INTELIGENTE, 2000 São Carlos. **Anais eletrônicos:** São Carlos: 2000. Disponível em: <<http://www.cazarini.cpd.eesc.sc.usp.brsep5744/2000/gr6/sem-12-2.html>>. Acesso em: 12/dez./2000.

COLL, C. et al. **O Construtivismo na sala de aula.** São Paulo: Ática, 1998.

COLLINS, J. ; NDUMU, D. The Zeus agent building toolkit, zeus methodology documentation, **The Application Realisation Guide**, v. 3, Intelligent Systems Research Group, BT Labs, v. 1. 01, set. 1999a.

COMPUTER-SUPPORTED Intentional Learning Environments. Disponível em: <http://www.ed.gov/pubs/EdReformStudies/EdTech/csile.html> Acesso em: out.2002.

CONATI, C.; VANLEHN, K. A Student Model to Assess Self-Explanation while Learning from Examples . In: THE PROCEEDINGS OF THE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON USER MODELING (UM'99). 7.; Banff, Canada: June 20-24, 1999. **Anais...** Banff, Canadá, p.303-305.

COOPER, G. F The computational complexity of probabilistic inference using bayesian belief networks. **Artificial Intelligence** 42 (1990), 393-405.

COSTA, E. B. **Concepção de um ambiente multi-agentes de ensino inteligente integrando o paradigma de aprendizagem cooperativa.** 1997. (Tese de Doutorado em Engenharia de Eletricidade) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Campina Grande.

COUTINHO, L. LABIDI, S; TEIXEIRA, C. SERRA JR. G. A Learner modeling agent for cooperative learning. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE'2000), 11., Maceió, 18-20 nov./2000. **Anais...** Maceió: 2000.

COUTINHO, L. R. **A modelagem do aprendiz em ambientes de aprendizagem por computador baseados em atividades de resolução de problemas.** 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Curso de Pós-graduação em Informática, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

DAVIS, P.; HERSH, R. A **Experiência Matemática**. Gradiva Publicações, 1995.

DESJARDINS, M.; GURER, D.; SCHLAGER, M. Representing a Student's Learning States and Transitions. In: AAI SPRING SYMPOSIUM ON REPRESENTING MENTAL STATES AND MECHANISMS HELD IN STANFORD, CA. Canadá, 1995. **Anais...** Canadá, 1995.

DILLENBOURG, P.; MENDELSON, P.; SCHNEIDER D. The distribution of pedagogical roles in a multi-agent learning environment. In: R. Lewis and P. Mendelsohn (ed.). **Lesson from learning**. North Holland, Amsterdam, 1994. p. 199-216.

DIRENE, A; PIMENTEL, A. R. Medidas cognitivas no ensino de programação de computadores com sistemas tutores inteligentes. In: SÍMPOSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 9. 1998. **Anais eletrônicos...**, Fortaleza, 1998. Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br/sbie/anais/artigos/art36.html>>. Acesso em: 14/fev./2001.

DRIANKOV, D. et al. **A introduction to fuzzy control**. London, Springer-Verlag, 1993.

DRISCOLL, M.P. **Psychology of learning for instruction**. Massachussets: Alty Bacon, 1994.

DURFEE, E. H.; GMYTRASIEWICZ, P. J.; ROSENSCHEIN, J. S. The utility of embedded communications: toward the emergence of protocols. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL DISTRIBUTED ARTIFICIAL INTELLIGENCE WORKSHOP, 13., jul 1994. **Anais Eletrônicos...** [S. l], p. 85-93, 1994. Disponível em: <<http://ai.eecs.umich.edu/diag/homepage.html>>. Acesso em: 07/maio/2001.

EDELSON, D.C. The Collaboratory Notebook Project at Northwestern, 1995. Disponível em: <http://www.ls.sesp.nwu.edu/cnb> Acesso em: nov.2002.

ELLIS S. S. and WHALEN S. F. **Cooperative learning: getting started**. Scholastic, New York, 1990.

ESMA A., FRASSON, C. and LIBERT G. **Towards new learning strategies in intelligent tutoring systems**. SBIA-95. Campinas: Springer-Verlag Edition. October 1995.

FERREIRA, A L. S. **Projeto de controladores neurais-difusos para sistemas complexos: uma contribuição**. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade Universidade Federal do Maranhão, São Luis.

FERREIRA, J. S. **Concepção de um ambiente multi-agentes de ensino inteligente integrando o paradigma de aprendizagem cooperativa**. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão, São Luis.

FININ T.; LABROU Y.; MAYFIELD J. **KQML as an agent communication language**, In: BRADSHAW J. (ed.). **Software agents** Cambridge: MIT Press, 1997.

FININ, T. GUMS – A General User Modeling Shell. In: A. KOBASA e W. Wahsler (Eds.). **User models in dialog systems**, chapter 15, Springer-Verlag, Berlin: 1989. p. 411-430.

FINO, C. N. Um software educativo que suporta uma construção de conhecimento em interação (com pares e professor) In: SIMPOSIO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE EDUCATIVO, 3, 1998. [S.l.]. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.minerva.evora.pt/simposio/comunicacoes/carlosfin.html>>. Acesso em: 08 abr. 2001.

FRASSON, C., **Using cognitive agents for building pedagogical strategies in a multistrategic intelligent tutoring system, deuxième journée acteurs, agents et apprentissage.** Bayonne: September 1998.

GAINES, B., SHAW, M. **Collaboration through concept maps 1995.** [S.l.], Disponível em: <<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/articles/CSCI95CM/>> Acesso em: Fevereiro, 2002.

GALLIERS, J. R. A theoretical framework for computer models of cooperative dialogue, acknowledging multi-agent conflict. 1998. PhD thesis - Open University, UK.

GARDNER, H.; HATCH, T. **Multiple intelligences go to school: Educational implications of the theory of multiple intelligences.** Educational Researcher, 1989.

GARDNER, H. **Multiple intelligence theory.** Disponível em: <[http://www.ed.gov/databases/ERIC\\_Digests/ed410226.html](http://www.ed.gov/databases/ERIC_Digests/ed410226.html)>. Acesso em: Fevereiro 2002.

GILMORE, D. and SELF, J. The application of machine learning to Intelligent tutoring systems. In: J. Self, (ed.). **Artificial intelligence and human learning, intelligent computer-assisted instruction.** New York: Chapman and Hall, 1988. p. 179-196.

GIRAFFA, L. M. M.; VICARRI, R. M. Estratégias de ensino em sistemas tutores inteligentes modelados através da tecnologia de agentes. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 9. 1998. Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br/sbie/anais/artigos/art46.html>>. Acesso em: 27 jan. 2001.

GIROUX, S. et al. Representing organizational student models: a generic concurrent coordination. In: WORKSHOP OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS - ITS'96, Montreal (Canadá), junho, 1996. **Anais...** Montreal, 1996.

GISOLFI, A.; DATTOLO, A.; BALZANO, W. A fuzzy approach to student states and transitions. In: WORKING NOTES OF THE AAAI-95, SPRING SYMPOSIUM ON REPRESENTING MENTAL STATES AND MECHANISMS. AAAI Press, March 1995. **Anais...** March/1995.

GISOLFI, A.; DATTOLO, A.; BALZANO, W. **A Fuzzy approach to student modelling.** Computers Educ. 1992.

GOLDSTEIN, I. P. The genetic graph: a representation for the evolution of Procedural Knowledge. In: SLEEMAN, D. and BROWN, J. S. (eds.). **Intelligent tutoring systems**. New York, NY: Academic Press. 1982. p. 51-77.

GOODKOVSKY, V. A. Intelligent Tutor: Shell, Toolkit & Technology. Position paper for ITS'96 Workshop on Architecture and Methods for designing cost-effective and reusable ITSs, Montreal, June 10<sup>th</sup>, 1996.

GRAY, R.S. et al. Mobile agents: motivations and state of art. **Technical Report TR2000-365**, Dept. of Computer Science, Dartmouth College. 2000.

GREER, J.; KOEHN, G.; RODRIGUEZ, J. A System for Exploring Plan Recognition. In: P. Brna, S. Ohlsson & H. Plain (Eds.). **Artificial intelligence in education**. edinburgh: AACE. [s.l.], 1993.p. 465-472.

GREEN, W. Sala de aula tradicional vs. Sala construtivista. <http://penta.ufrgs.br/~luis/ati> Acesso: 01/07/2000.

GREIF, I. (Ed.). **Computer- Suported Cooperative Work: a book of readings**. San Mateo, CA. Morgan Kaufmann, 1988.

GURER, D.; DESJARDINS, M.; SCHLAGER, M. Representing a student's learning states and transitions. In: WORKING NOTES OF THE AAAI-95 SPING SYMPOSIUM ON REPRESENTING MENTAL STATES AND MECHANISMS. AAAI Press, March 1995. **Anais...** [s.l.], 1995.

GUZDIAL, M., et al. Integrating and Guiding Collaboration: Lessons learned in computer-supported collaboration learning research at Georgia Tech. **CSCL'97**. Toronto, Ontario. To appear. 1997. <http://guzdial.cc.gatech.edu/papers/lessons/>

GUZDIAL, M.; et al. Collaborative and multimedia interactive learning environment for engineering education. In Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing 1995 (pp. 5-9). Nashville, TN: ACM Press. 1995.

HAYDT, R. **Avaliação do processo de ensino-aprendizagem**. São Paulo: Ática, 1997.

HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, A.(1995) Systemes "Tuteur intelligent" et "Collecticiel (Groupware)": L'A.R.E.S.F.E.D. Architecture pour la reutilisation et l'exploitation des services de formation dans le contexte de l'Education à Distância. [AdS4] Tese (Doutorado[AdS5] ) - Doctorat de l'Université Paul Sabatier-Toulouse, Toulouse, França. 1995.

HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, A. **A flexible and adaptable virtual class in a tele-teaching environment**. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE INFORMÁTICA, 2., [S.l.], 1996. **Anais...** [S.l.], 1996.

HOPPE, H. **The use of multiple student modelling to parameterize group learning.** In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION (AIED'95), 1995.

HOSOYA, K. et al. Interactive Cooperative Learning System Based on Virtual Shared Space: HyCLASS. University of Toronto, Department of Electrical and Computer Engineering. Disponível em: [www.utoronto.ca/~hoso](http://www.utoronto.ca/~hoso). Acesso em: jun.2002

HOSOTANI, K. **Japanese quality concept: An overview, quality resources.** White Plains, New York, 1992. Disponível em: [http://www.gta.ufjf.br/grad/00\\_1/miguel/](http://www.gta.ufjf.br/grad/00_1/miguel/). Acesso em: maio/2001.

IBM LEARNSPACE. Sistema de Autoria para Educação à Distância. Disponível em: <http://www.lotus.com/home.nsf/tabs/learnspace>. Acesso em: 10 fev.2002.

JAQUES et al., **Agentes de Software para análise das Interações em um ambiente de ensino à distância.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE'1998). Fortaleza, 1998.

JAMESON, A. Numerical uncertainty management in user and student modeling: an overview of systems and issues, **User Modeling and User-adapted Interaction**, v. 5 n. 3-4, p. 193-251, 1996.

JENNINGS, N. and WOOLDRIDGE, M. Agent-oriented software engineering. In: **HANDBOOK of Agent Technology** (ed. J. Bradshaw) AAAI/MIT Press. 2000.

JENNINGS, N.R.; WOOLDRIDGE, M. Applications of intelligent agents. In: QUEEN, Mary. **Westfield College University.** London, 1998. Disponível em: <http://www.ai.univie.ac.at/>. Acesso em : 03/2002.

JEON, H. JATLite: a java agent infrastructure with message routing, **IEEE Internet Computing**, v. 4, n. 2: p. 87-96. March-april 2000.

JGRASP. **Gaphical Representations of algorithms,structures, and processes.** Auburn University. Disponível em: <http://www.eng.auburn.edu/grasp/>. Acesso em: Jan./2002.

JOHNSON, D. W. and JOHNSON, R. T. **Learning together and alone, cooperative, competitive and individualistic learning.** Allyn and Bacon, Paramount. 1994.

JONES A.; MERCER, N.; WINNE, P. (ed.) **Adaptive learning environments: foundations and frontiers.** Springer-Verlag, Berlin, 1992.

KASS, R. **Student modelling in intelligent tutoring systems – implications for user modelling.** Technical Report No. MSSU-COE-ERC-98-4. Engineering Research Center for Computational Field Simulation. Mississippi State University, jan.1998.

KEARSLEY, G. (eds) **Artificial Intelligent and Instruction: applications and methods,** Addison-Wesley Publishing Company, 1987. KOTZ, D. and GRAY, R.S. Mobile agents: the future of the Internet, **ACM Operating Systems Review**, v. 33, n. 3, p. 7-13. August, 1999.

KLIR, G. et al. **Fuzzy sets, uncertainty and information**. Eglewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1988.

KOTZ, D. et al. Agent Tcl: a flexible mobile-agent system. **IEEE Internet Computing**, v. 1, n. 4, p. 58-67. July/august 1997.

KOTZ, D; GRAY, R S. Mobile Code: The future of the internet. In: WORKSHOP "MOBILE AGENTS IN THE CONTEXT OF COMPETITION AND COOPERATIVE (MAC3)" AT AUTONOMOUS AGENTS, may 1., 1999. Seattle/USA. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://actcomm.dartmouth.edu/papers/kotz.future.ps.gz>>. Acesso em: 05 set. 2001.

LABIDI, S. and FERREIRA, J. S. Modelagem do aprendiz no quadro do ensino cooperativo. SIMPOSIO BRASILEIRO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE'1998). 1998, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza, 1998a.

LABIDI, S. and FERREIRA, J. S. Technology-assisted instruction applied to cooperative learning: the SHIECC project. In: PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE FRONTIERS IN EDUCATION (FIE'98). 1998, Tempe, Arizona. **Anais...** Tempe, Arizona, november 4-7, 1998b.

LABIDI, S. and FERREIRA, J.S. Agent-Based Architecture for Cooperative Intelligent Tutoring System. to appear. In: THE PROCEEDINGS OF THE FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE DESIGN OF COOPERATIVE SYSTEMS. (COOP'1998). May, 1998, Cannes, France. **Anais...** Cannes, 1998c.

LABIDI, S. Cooperative work modeling. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL CONF. ON CONCURRENT ENGINEERING, (CE'1996), 2., Toronto, Canada, 1996. **Anais...** Toronto, august, 1996.

LABIDI, S. et al. MathNet: an agent-based tutoring system for supporting cooperative and distant learning to appear. In: THE PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS AND ADVANCED TECHNOLOGY IN EDUCATION (CATE'2000), Cancun, Mexico, may 24-27, 2000. **Anais...** Cancun, Mexico, 2000a.

LABIDI, S. et al. N. **Agent architecture for cooperative learning environment**. Proceedings. of SBIE'2000, Alagoas, Brasil. November 2000c.

LABIDI, S. Managing multi-expertise in the design of cooperative knowledge-based systems. In: Proceedings of the IEEE Knowledge and Data Exchange Workshop (KDEX'1997). **Anais...**NewPort Beach, Los Angeles, USA. November, 1997.

LABIDI, S.; FERREIRA, J. S. Technology-assisted instruction applied to cooperative learning: the SHIECC project. In PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE FRONTIERS IN EDUCATION FIE'98, Tempe, Arizona. **Anais...** Tempe, Arizona, november, 4-5, 1998.

LABIDI, S.; SÉRGIO, N. Student modeling and semi-automatic domain ontology construction for SHIECC. In: THE PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE



FRONTIERS IN EDUCATION (FIE'2000). Kansas City, Missouri, USA, october 18-21, 2000, *Anais...* Kansas City, 2000b.

LABIDI, S.; FERREIRA, J.S. Modelo do aprendiz baseado no paradigma de ensino conhecimento. In: SÍMPOSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 9. 1998, Fortaleza. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br/sbie98/anais/artigos/art7.html>>. Acesso em: 19 jan. 2000c. 16p.

LABIDI, S.; TELXEIRA, C.M. LIMA, C. M.; Modeling agents and their interaction within SHIECC: a computer supported cooperative learning framework. *Revue d'Information Scientifique & Technique - RIST*. v.10, n.1-2, p.41-54, 2000.

LABIDI, S.; TELXEIRA C.; FERREIRA, J. Agent-based modelling for a computer supported cooperative learning environment. *The International Journal of Continuous Engineering and Life-Long Learning*. Special Issues on Intelligent Agents for Education and Training System. v.12, n.1-4, p.230-241, 2002.

LANGE, D. B. Mobile objects and mobile agents: the future of distributed computing? In: *Programming and Deploying Java™ Mobile Agents with Aglets™*. Lange and Oshima. Addison-Wesley, 1998.

LANGLEY, P.; OHLSSON, S. Automated cognitive modeling. In: *Proceedings of AAAI*, 1984. p.193-197.

LANTZ, B. S.; BREGAR, W. S.; FARLEY, A. M. An Intelligent CAI system for teaching equation solving. *Journal of Computer-Based Instruction*, v. 10, p. 35-42. 1983.

LEROUX, P. V, M.; BRÉZILLON, P. Cooperation between humans and a pedagogical assistant in a learning environment. INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE DESIGN OF COOPERATIVE SYSTEMS (COOP'96), 2., 1996, Juan-les-Pins, France. *Anais...* Juan-les-Pins, june 1996.

MAÇADA, D. L; TIJBOY, A.V. Elementos para aprendizagem cooperativa em Ambientes Telemáticos. 1987. <http://www.niee.ufrgs.br/cursos/>  
Acesso: 11/06/2000.

MARIETTO, M.G.B. Tendências nas áreas de Sistemas de Tutoria Inteligente e Modelagem do Aprendiz. In: Simpósio Brasileiro de Informática Educativa. 8, São José dos Campos-SP. 1997.

MCNEILL, W. *História Universal: um estudo comparado das civilizações*. Porto Alegre: Globo, 1972.

MENDEL, J. M. Fuzzy logic Systems for Engineering: a tutorial, *Proceeding of The IEEE*, v. 83, n. 3.

MITAIM, S.; KOSKO, B. Neural fuzzy agents that learn profiles and search databases, *Proceedings of Internacional Conference on Neural Networks*, v. 1, 1997. p. 467-472.

MÓRA, M.C. **Um modelo de agente executável**. Porto Alegre: PPGCC/UFRGS. 1999. Tese de Doutorado.

MURPHY, M.; MCTEAR, M. Learner modelling for intelligent CALL. In: JAMESON, Anthony; PARIS, Cécile; CARLO, Tasso (Eds.). *USER MODELING: PROCEEDINGS INTERNATIONAL CONFERENCE (UM97)*.6., Vienna, New York: Springer. *Anais...* Wien New York, 1997.

NAKAMURA, M.; TAKEUCHI, A.; OTSUKI, S. Roles of student models for assisting group learning. In: *THE PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON USER MODELING (UM'96)*, 5., Kailuna-Kona, Hawaii, USA, 2-5 Jan. 1996. *Anais...* Kailuna-Kona, 1996.

NASCIMENTO, E.; COCHRANE, E. M.; COCHRANE, J. **A Fuzzy measure approach for student evaluation in multi-agents interactive learning systems**. *LATIN-IBERO-AMERICAN CONGRESS ON OPERATIONS RESEARCH AND SYSTEMS*, 10., september 4-8, 2000, Mexico City. *Anais...* México City, 2000, p. 415-420.

NOUR, M.; ABED, E.; HEGAZI, N. A proposed student model algorithm for an intelligent tutoring system. In: *PROCEEDINGS OF THE SICE ANNUAL CONFERENCE*. 34., Cairo, Egypt: 26-28 July, 1995. *Anais...* Cairo, 1995. p. 1327 - 1333.

NOVAK, Joseph., GOWIN Bob. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano. 1996.

NUNES, Helena Maria Pereira. **Serviço de busca baseado em agentes móveis para o ambiente Mathnet de ensino cooperativo computadorizado**. 2001, 117f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Faculdade de Ciência da Computação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís.

NWANA, H. et al. D. A perspective on software agents research. *The Knowledge Engineering Review*, january 1999a.

OLIVEIRA, F. M. et al. Belief Logics and Student Modelling in Inteligent Tutoring Systems. *Proceedings of the Iberoamerican Symposium on Informatics and Education*, Santo Domingo (Republica Dominicana) junho, 1992.

PALTHEPU, S.; GREER, J.; and McCALLA, G. Learning by Teaching. *THE PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE LEARNING SCIENCES*, AACE. 1991. *Anais...* [S. 1], 1991.

PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. Basic Book, New York, 1980.

PARANÁ, D. **Física-Mecânica**. São Paulo: Editora Ática, v. 1, 1993.

PASCAL L.; MARTIAL V.; PATRICK, B. Cooperation between humans and a pedagogical assistant in a learning environment. INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE DESIGN OF COLLABORATIVE KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS (COOP'96), 2., 1996, Juan-les-Pins, France. *Anais...* Juan-les-Pins, France, 1996.

PIAGET, J. *Psicologia e pedagogia*. Rio de Janeiro: Forense, 1970.

PIE. Disponível em: <http://ilt.ics.hawaii.edu/CSCL99> Acesso em: abr.2002.

PIMENTEL, A. R.; DIRENE, A.I. Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes. Santa Catarina, 1997. *Anais Eletrônicos...* Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/sbc.ie/revista/nr2/pimentel02.html>>. Acesso em: 14 set. 2000.

PÓLYA, G., *How to Solve It*. Princeton, Princeton University Press, 1945.

REISER, H.; VOGT, G. Security requirements for management systems using mobile agents, *Proceedings of the Fifth IEEE Symposium on Computers/& Communications*, p. 160-165, jul./2000.

RICH, E; KNIGHT, K. *Inteligencia artificial*. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1993.

ROUSSOU, M. The NICE Project: Narrative, Immersive, Constructionist / Collaborative Environments for Learning in Virtual Reality. *Proceedings of ED-MEDIA /ED-TELECOM '97*, Calgary, Canada 06/14/1997 - 06/19/1997, pp. 917-922. Disponível em: [www.evl.uic.edu](http://www.evl.uic.edu)

RUSSELL, S. J.; NORVING, P. *Artificial intelligence a modern approach*. Prentice Hall, 1995.

SAACI. Disponível em: <http://penta2.ufrgs.br/edu/colaborede> Acesso em: set.2002.

SANTORO et al. Um framework para estudo de ambientes de suporte à aprendizagem cooperativa. <http://www.inf.ufsc.br/sbc-ie/revista/nr4/sbie98-03-Santoro.htm>. Acesso: 15/05/2000.

SANTOS FILHO, E. *Filtro difuso para realce de imagens*. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Eletricidade). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, São Luís.

SELF, J. A. Student models in computer-aided instruction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 6:261-276, 1974.

SELF, J. Bypassing the intractable problem of student modelling. In: FRASSON, C. e GAUTHIER, G. (Eds.). *Intelligent tutoring systems: at the crossroads of artificial intelligence and education*. Ablex, Norwood, 1990. p. 107-123.

SELF, J. The role of student models in learning environments. In: *TRANSACTIONS of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers*, E77-D(1), 3-8, Computing Department. Lancaster, UK: Lancaster University, 1994.

SERRA JR., G. C. **Agente de modelagem do aprendiz para o sistema MATHNET de ensino inteligente cooperativo computadorizado**. 2001a; Dissertação (Mestrado em Engenharia e Eletricidade). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, São Luís.

SERRA JR. G. et al. Formation of groups for cooperative learning: a genetic algorithm approach. In: PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON COMPUTERS AND ADVANCED TECHNOLOGY IN EDUCATION (CATE 2001). Banff, Canada: June 27-29, 2001b. **Anais...** [s.l.], 2001a.

SERRA JR. G. et al. Learner Modeling for Information Retrieval in the MATHNET Environment. PROCEEDINGS OF THE WORLD MULTI-CONFERENCE ON SYSTEMICS, CYBERNETICS AND INFORMATICS (SCI 2001), 5. Orlando, Flórida - EUA: July 22-25, 2001. **Anais...** Orlando, 2001b.

SERWAY, R., **Física 4 para cientistas e engenheiros com Física moderna**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

SHAW, T. W. Development of an electronic classroom: the promise, the possibilities and the practicalities, **Engineering Science and Education Journal**, abril, 1995.

SHERMAN, L. W. **Cooperative learning in post secondary education**: Implications from Social Psychology for active learning experiences. American Educational Research Association. Chicago, apr./1991.

SISTÊLOS, A.J.C.M; SCHIEL,U.; HERNANDEZ-DOMINGUEZ, A. Um Sistema de Apoio ao Método de Avaliação Autêntica: Projeto POETA (Portifólio Eletrônico Temporal e Ativo). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 11. **Anais...** Fortaleza, nov.1998.

SKINNER, B. F. **Beyond freedom and dignity**. New York: Bantam Books. 1971.

SLAVIN, R. E. **Cooperative Learning**: student teams. A National Education Association Publication. Washington: D.C., 1987.

SLAVIN, R. E. **Cooperative learning**: theory, research and practice. Prentice Hall, 1990.

SLAVIN, R. **Cooperative learning**: student teams. [S. l.]: A National Education Association of the United States, 1993.

SLEEMAN, D.; Smith, M. **Modelling student's problem solving**: artificial intelligence. 1981. p. 16, 171-187.

SLEEMAN, D.; et al. **Intelligent Tutoring Systems**, Londres (RU): Academic Press, 1982.

SPENSLEY, F. Using multiples teaching strategies in a ITS. In: C. Frasson & G. Gauthier (Eds.) **Intelligent tutoring systems: At the crossroads of artificial intelligence and education**. Norwood, NJ: Ablex, 1990.

TEIXEIRA, C.; LABIDI, S.; NASCIMENTO, E. Modelagem do Aluno no quadro do ensino cooperativo computadorizado. **Revista Infociência**. V.1 p.85-97, São Luís, 1998a (Projeto de Tese).

TEIXEIRA, C. M.S. Um modelo de medida de desempenho de alunos no ensino cooperativo computadorizado utilizando a lógica fuzzy. São Luís, UFMA, 1998b. (Projeto de disciplina).

TEIXEIRA, C. LABIDI, S.; NASCIMENTO, E. **Modeling the cooperative learner based on it's actions and interactions within a teaching-learning session**. In: PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE FRONTIERS IN EDUCATION (FIE'2002). 2002, Boston, **Anais...** Boston, november 4-7, 2002.

TEIXEIRA, C. LABIDI, S.; NASCIMENTO, E. **NetClass:Modeling cooperative learner web-based environment session**. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE COMPUTER BASED LEARNING IN SCIENCE (CBLIS'2003). 2003, Nicósia **Anais...** Nicósia, jul. 5-10, 2003. (Artigo aceito para apresentação oral).

TELEDUC. Disponível em: <http://www.ead.unicamp.br> Acesso em jan.2002.

TOLEDO, G. L.; Ovale, I. **Estatística Básica**. São Paulo: Atlas, 1995.

TYLER, Ralph W. **Princípios básicos de currículo e ensino**. Porto Alegre: Globo, 1974.

VALENTE, J. A. **O professor no ambiente Logo: formação e atuação**. Campinas:UNICAMP, 1996.

VAN LEHN, K.; OHLSSON, S.; NASON, R. Application of simulated students: an exploration. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 5, n. 2, 1994. p. 135-175.

VICCARI, R. M.; GIRRAFFA, L.M.M. Sistemas tutores inteligentes: abordagem tradicional x abordagem de agentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, TUTORIAL, SBC, 13., Curitiba, outubro 1996. **Anais...** Curitiba, 1996.

VICCARI, R.M.; OLIVEIRA, F.M. **Sistemas tutores inteligentes**. Rio Grande do Sul: Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, setembro, 1992.

VYGOSTKY, L. **Mind in society: the development of higher psychological process**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

VYGOTSKY, L. **A Formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WEBCT. Disponível em: <http://www.webct.com> Acesso em fev.2002.

- WENGER, E.; BROWN, J. S.; GREENO, J. **Artificial intelligence and tutoring systems computational and cognitive approaches to the communication of knowledge**. Los Altos, CA: Ed. Morgan-Kaufmann, 1987.
- WINTER, W.; MCCALLA, G. The emergence of student models from an analysis of ethical decision making in a scenario-based environment. In: the Proceedings of the 7th International Conference on User Modeling (UM'99). Banff, Canada: June 20-24, 1999. pp. 265-274.
- WOODROFFE, M. Plan recognition and intelligent tutoring systems. In: SELF, John (Ed.) **Artificial intelligence and human learning**. Chapter 13. Chapman and Hall, London: 1988. p. 212-225
- WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. **Intelligent agents: theory and practice**. The Knowledge Engineering Review, 1995.
- WOOLDRIDGE, M.; NICHOLAS, R. J. Agent theories, architectures, and languages: a survey. In: WOOLDRIDGE and JENNINGS (Eds.) **Intelligent agents**. Berlin: Springer-Verlag, 1995.
- WOOLDRIDGE, M.; NICHOLAS, R. J.; DAVID, K. A methodology for agent-oriented analysis and design. PROC. INT CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS (AGENTS-99), 3., Seattle, 1999. **Anais...** Seattle, WA, 1999.
- WOOLF, B.; MURRAY, T. Using machine learning to advise a student model, **Journal of Artificial Intelligence in Education**, v.3, n.4, 1992. p. 401-416.
- ZADEH, L. A. **A theory of approximate reasoning**. In: Machine Intelligence. 9. ed. Hayes. D. Michie e L.I. Mikulichj. New York, Holsead Press, 1979, p. 149-194.
- ZADEH, L. A. Fuzzy Logic, **IEEE Computer Magazine**, p. 83 -93, april, 1988.
- ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy set theory - ands its applications**. 2. ed. Kluwer Academic Publishers, 1991.