

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

**CENTRO DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA**

COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**UM AMBIENTE PARA O AGENTE
PEDAGÓGICO DE APRENDIZAGEM
COLABORATIVA EM HARMONIZAÇÃO
ECOLÓGICA - *APACHE***

Ângela Batista Reis

**CAMPINA GRANDE
2001**

Ângela Batista Reis

**UM AMBIENTE PARA O AGENTE
PEDAGÓGICO DE APRENDIZAGEM
COLABORATIVA EM HARMONIZAÇÃO
ECOLÓGICA - *APACHE***

Campina Grande
Abril/2001

Ângela Batista Reis

***UM AMBIENTE PARA O AGENTE PEDAGÓGICO DE
APRENDIZAGEM COLABORATIVA EM HARMONIZAÇÃO
ECOLÓGICA - APACHE***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Informática da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Informática.

Área de concentração: Inteligência Artificial

Projeto Capes/Cofecub

Orientador: Prof. Fábio Paraguaçu
Universidade Federal de Alagoas

Campina Grande
Universidade Federal da Paraíba
Abril, 2001

Ficha Catalográfica

R375A
REIS, Ângela Batista

Um Ambiente Para o Agente Pedagógico de Aprendizagem Colaborativa em Harmonização Ecológica - *APACHE*

Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia, Coordenação de Pós-Graduação em Informática
Campina Grande - Pb, Abril de 2001.

154 p. II.

Orientador: Fábio Paraguaçu D. da Costa, Dr.

Palavras Chave:

1. Informática na Educação
2. Inteligência Artificial Distribuída
3. Aprendizagem Colaborativa Assistida por Computador
4. Agentes Pedagógicos

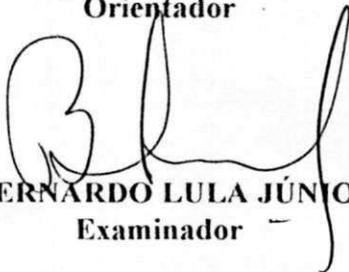
CDU - 681.3.01:37

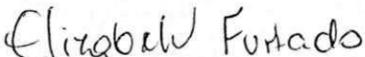
**UM AMBIENTE PARA O AGENTE PEDAGÓGICO DE
APRENDIZAGEM COLABORATIVA EM HARMONIZAÇÃO
ECOLÓGICA - APACHE**

ANGELA BATISTA REIS

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11.04.2001


PROF. FÁBIO PARAGUÁÇU D. DA COSTA, D.Sc
Orientador


PROF. BERNARDO LULA JÚNIOR, Dr.
Examinador


PROF.ª MARIA ELIZABETH S. FURTADO, Dr.ª
Examinadora

CAMPINA GRANDE – PB

Ao meu marido
David e aos meus
filhos Brenda e
Gabriel.

*A*GRADECIMENTOS

A todos que estiveram me apoiando e acreditando no meu trabalho, meus mais sinceros agradecimentos. Gostaria de fazer um agradecimento especial a algumas pessoas que contribuíram na realização desse trabalho:

- Ao meu marido David, pelo companheirismo, incentivo, apoio e fé no meu trabalho. Pelo carinho, paciência e dedicação a nossa família.
 - Aos meus pais, pelo apoio e dedicação aos netos.
 - Ao Prof. José Ramiro Lamadrid pelos valiosos conselhos além do grande apoio e incentivo no ingresso ao mestrado. Muchas Gracias!
 - Ao meu grande amigo Prof. Almir Joaquim de Souza e sua doce Marilda, por sua amizade leal, apoio e incentivo profissional e moral, que inclui o ingresso no programa de mestrado.
 - Ao Prof. Fábio Paraguaçu por sua orientação e direcionamento do trabalho.
 - Aos professores e funcionários da COPIN pelos valorosos ensinamentos e apoio, especialmente Marcelo Barros, Edilson Ferneda, Bernardo Lula, Jean Sallantin, Aninha, Vera, Arnaldo, Zeneide e a minha querida amiga Manuela.
 - A Capes pelo apoio financeiro aos meus estudos.
-

SUMÁRIO

Lista de Figuras	10
Lista de Tabelas	11
Resumo	12
Abstract	13
Introdução	14

1. Educação e Psicologia – Princípios da Aprendizagem Colaborativa

1.1 Introdução.....	20
1.2 Aprendizagem Colaborativa.....	20
1.3 Avaliando a Aprendizagem Colaborativa.....	22
1.3.1 Situação Colaborativa.....	22
1.3.3 Interação.....	23
1.3.3 Mecanismos de Aprendizagem.....	25
1.3.4 Pré e Pós Testes.....	25
1.4 O Processo da Aprendizagem Colaborativa Efetiva.....	24
1.5 Conflito Social.....	27
1.6 Teorias de Aprendizagem.....	28
1.6.1 Teoria Sócio Construtivista.....	29
1.6.2 Abordagem Sociocultural.....	30
1.6.3 Teoria da Cognição Distribuída.....	32
1.7 Inteligência Distribuída.....	33
1.8 Apropriação.....	36
1.9 Mecanismos e Processos da Aprendizagem Colaborativa.....	37
1.9.1 Mecanismos.....	37
1.9.2 Processos.....	39
1.9.2.1 Negociação.....	40
1.9.2.2 Argumentação.....	41
1.9.2.3 Explicação.....	41
1.9.2.4 Diagnóstico Mútuo	43
1.9.2.5 Refinamento Mútuo.....	43
1.10 Conclusão.....	43

2. Ambientes Interativos de Aprendizagem

2.1 Introdução.....	45
2.2 Ambientes Interativos de Aprendizagem.....	45
2.3 IAC – Instrução Assistida por Computador.....	46
2.4 IIAC – Instrução Inteligente Assistida por Computador.....	47
2.4.1 Sistemas Tutores Inteligentes.....	48
2.4.2 Sistemas Baseados em Descoberta.....	49
2.4.3 Ambientes Sociais de Aprendizagem.....	51
2.5 Análise Comparativa dos Ambientes Interativos.....	53
2.6 ACAC – Aprendizagem Colaborativa Assistida por Computadores.....	54
2.6.1 Colaboração Apoiada por Computadores.....	56
2.6.2 Colaboração Mediada por Interfaces de Comunicação.....	57

2.6.3	Colaboração entre Agente Humano e Agente Artificial.....	59
2.7	ACAC em ambientes de Educação à Distância.....	60
2.8	O Computador como Ferramenta de Apoio Intelectual.....	62
2.8.1	Ferramentas para Organização Semântica.....	63
2.8.2	Ferramentas para Modelagem Dinâmica.....	63
2.8.3	Ferramentas de Interpretação.....	64
2.8.4	Ferramentas para Construção do Conhecimento.....	65
2.8.5	Ferramentas de Comunicação.....	65
2.9	Ambientes Virtuais de Aprendizagem.....	65
2.10	Conclusão.....	67

3. Inteligência Artificial Distribuída e Agentes Pedagógicos

3.1	Introdução.....	68
3.2	Inteligência Artificial Distribuída.....	68
3.3	Perspectiva do Agente.....	70
3.3.1	Categoria de Agentes.....	70
3.3.2	Estruturas e Manutenção do Conhecimento.....	70
3.3.3	Habilidades de Raciocínio e Aprendizagem.....	71
3.3.4	Arquitetura do Agente.....	73
3.4	Perspectiva do Grupo.....	76
3.4.1	Estrutura e Organização de Grupos de Agentes.....	76
3.4.2	Coordenação, Cooperação e Planejamento.....	77
3.4.3	Negociação.....	78
3.4.4	Comunicação e Interação.....	80
3.5	Agentes Autônomos.....	81
3.6	Sistemas de Informação Inteligentes e Colaborativos.....	82
3.7	Agentes Pedagógicos	84
3.7.1	Necessidades Interativas de um Agente Pedagógico.....	86
3.7.2	Abordagens Comportamentais.....	87
3.7.3	Projetos de Ambientes de Aprendizagem com Agentes Pedagógicos..	89
3.7.4	Resultados Empíricos.....	93
3.7.5	Integrando Agentes Pedagógicos e WEB.....	94
3.7.6	Metodologias de Ensino Aplicadas a Agentes Pedagógicos.....	95
3.8	Conclusão.....	96

4. Arquitetura do Agente Pedagógico Para Aprendizagem Colaborativa de Harmonização Ecológica -APACHE

4.1	Introdução.....	97
4.2	Os Agentes e o Ambiente Colaborativo de Aprendizagem.....	97
4.2.1	O Agente Humano e seu Papel no Sistema.....	98
4.2.2	O Agente Pedagógico e sua Função.....	99
4.2.3	A Colaboração entre Agentes.....	99
4.3	A Plataforma	100
4.4.	Arquitetura APACHE.....	101
4.4.1	Ambiente APACHE de Aprendizagem.....	103
4.4.1.1	Interface.....	104
4.4.1.2	Modelo do Ambiente.....	106
4.4.1.3	Gerenciador de Acesso	108

4.4.1.4 Agente Pedagógico APACHE.....	108
4.4.2 O Ambiente de Mediação e Manutenção.....	110
4.4.3 O Ambiente WEB.....	110
4.5 APACHE- Um Ambiente Social de Aprendizagem.....	112
4.5.1 A Negociação no Ambiente APACHE.....	113
4.6 Conclusão.....	115

5. Formalização das Atividades Comunicativas do Ambiente APACHE e Descrição dos Objetos de sua Arquitetura

5.1 Introdução.....	116
5.2 O Diálogo no Ambiente APACHE.....	116
5.3 Formalização de Protocolos de Comunicação no Ambiente APACHE.....	118
5.3.1 Argumentação com Desacordo.....	119
5.3.2 Confrontação com Desacordo Argumentado entre Aprendizes.....	119
5.3.3 Confrontação com Desacordo Argumentados entre Agente Aprendiz e Agente Mediador.....	121
5.3.4 Confrontação Com Desacordo Argumentado entre Agente Aprendiz e Agente Pedagógico.....	122
5.3.5 Co-elaboração Interativa	123
5.3.6 Colaboração sem Desacordo.....	124
5.4 Formalizando as Tarefas no Ambiente APACHE.....	125
5.4.1 Processo Explicativo.....	125
5.4.2 Processo Negociativo.....	127
5.4.3 Tarefa 1 - Harmonização do Ambiente Ecológico Virtual.....	128
5.4.4 Tarefa 2 - Redação Interativa.....	130
5.4.5 Tarefa 3 - Sequência de Cenários Justificado.....	132
5.4 Descrição dos Objetos da Arquitetura	135
5.6 Conclusão.....	138

6. Conclusão

6.1. Revisão Geral.....	140
6.2. Considerações Finais.....	141
6.3. Trabalhos Futuros.....	142

Bibliografia.....	143
--------------------------	------------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- Processo Efetivo de Aprendizagem Colaborativa	26
Figura 1.2. Foco de estudos das Teorias de Aprendizagem Colaborativas, a) sócio-construtivismo, b) sócio-cultural e c) cognição distribuída.	29
Figura 1.3. Aprendizagem multiplicada – simultaneidade de tarefas	38
Figura 1.4. Aprendizagem repartida – divisão de tarefas	38
Figura 1.5. Aprendizagem Interativa – Construção de uma solução compartilhada.	38
Figura 1.6. Explicação Passiva e Anônima	41
Figura 1.7. Explicação Passiva	42
Figura 1.8. Explicação com Incerteza	42
Figura 1.9. Explicação Mútua	42
Figura 1.10 Diagnóstico Mútuo	43
Figura 1.11 Refinamento Mútuo	43
Figura 2.1 Argumentação Com Desacordo	55
Figura 2.2 Confrontação com Desacordo Argumentado	55
Figura 2.3 Co-elaboração Interativa	55
Figura 2.4 Colaboração sem desacordo	55
Figura 2.5 Colaboração Apoiada por Computadores	57
Figura 2.6 Interface Mediadora de Comunicação	57
Figura 2.7 Interface Mediadora de Colaboração	58
Figura 2.8 Colaboração entre Agentes Humano e Artificial	59
Figura 3.1 Alguns Ramos de Pesquisa em IAD	69
Figura 3.2 Arquitetura Geral para um Agente Social	74
Figura 3.3 Influências sobre as atitudes de um agente autônomo	82
Figura 3.4 Taxonomia dos Agentes Pedagógicos [GIR.98a]	85
Figura 3.5 a) Steve aponta o sinal luminoso para o aprendiz. b) Steve interage com o aprendiz. c) Usuário utilizando Realidade Virtual para interagir com Steve.	89
Figura 3.6 Adele acompanha o aprendiz durante uma consulta a uma paciente	90
Figura 3.7 Herman observa o aprendiz durante escolha da raiz de uma planta característica dos Alpes.	91
Figura 3.8 Ambiente do Agente Cosmo	92
Figura 3.9 PPP Persona	92
Figura 4.1 Colaboração entre os Agentes do Ambiente APACHE	100
Figura 4.2 Plataforma para o Ambiente do agente APACHE. Centro de Mediação e Manutenção (CMM), Centro de Comunicação (CM) e Centro de Aprendizagem (CA).	101
Figura 4.3 Arquitetura do Ambiente de Aprendizagem para o Agente APACHE	102
Figura 4.4 Subdivisão funcional da interface de Aprendizagem	104
Figura 4.5 Modelo do Ambiente APACHE	107
Figura 4.6 Arquitetura do Agente Apache	109
Figura 5.1 Autômato representando a Argumentação Com Desacordo entre Agente Aprendiz e Agente Pedagógico	119
Figura 5.2 Autômato representando a Confrontação Com Desacordo Argumentado entre Agentes Aprendizes	120
Figura 5.3 Autômato representando a Confrontação Com Desacordo	

Argumentado entre Agente Aprendiz e Agente Mediador.	121
Figura 5.4 Autômato representando a Confrontação Com Desacordo Argumentado entre Agente Aprendiz e Agente Pedagógico	122
Figura 5.5 Autômato representando a Co-elaboração interativa (AA-AA)	123
Figura 5.6 Autômato representando Colaboração sem Desacordo	124
Figura 5.7 Processo Explicativo no Ambiente APACHE	126
Figura 5.8 Processo Negociativo no Ambiente APACHE	127
Figura 5.9 Interface de Harmonização do Ambiente Ecológico Virtual	128
Figura 5.10 Formalização da tarefa 1	129
Figura 5.11 Interface de Redação Interativa	130
Figura 5.12 Formalização da tarefa 2	131
Figura 5.13 Interface para Sequenciamento de Cenário Justificado	132
Figura 5.14 Tarefa de limpeza do Ambiente Aquático	133
Figura 5.15 Formalização da atividade 3	134
Figura 5.16 . Relação entre as classes de agentes	136
Figura 5.17 . Descrição das funções entre classes de agentes no ambiente	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Análise comparativa dos ambientes interativos de aprendizagem	54
Tabela 4.1 Relação de protocolos de comunicação e tipos de interação entre agentes	106

RESUMO

Esse trabalho descreve a arquitetura de um ambiente para aprendizagem colaborativa e os processos de comunicação existentes nas interações entre os seus agentes. A abordagem implica a implementação de cenários, tarefas e simulações para compreensão de conceitos ecológico de preservação ambiental. Um agente pedagógico expõe princípios teóricos e acompanha o desenvolvimento das tarefas, colaborando com o aprendiz no processo de aprendizagem. Além de um agente pedagógico artificial, o aprendiz pode solicitar o auxílio de um mediador humano e de colegas aprendizes.

Esta proposta fundamenta-se na teoria de desenvolvimento cognitivo de Vygotsky [VYG.78], onde a criança aprende melhor quando lhe oferecemos tarefas que estão acima de seu nível de desenvolvimento atual, desde que sejam acompanhadas por uma pessoa capaz de orientar no processo de aprendizagem, e guiá-la pela ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). Para implementar os conceitos de colaboração inerentes a esta teoria, é essencial criar ambientes onde a interação de aprendizes e colaboradores seja intensa e eficaz. Neste contexto, a Inteligência Artificial Distribuída serve de alicerce para a concepção dos agentes e de seus processos comunicativos.

ABSTRACT

This work describes the architecture of an environment for collaborative learning and the existing communication processes in the interactions between its agents. The approach implies the implementation of scenes, tasks and simulations for understanding the ecological preservation concepts. A pedagogical agent displays theoretical principles and follows the tasks development, collaborating with the apprentice in learning process. Beyond an artificial pedagogical agent, the apprentice can request aid to a human mediator and to apprentices colleagues.

This proposal is based on Vygotsky's theory of cognitive development [VYG.78], where the child learns better when we offer him tasks that are above of his current development level, since that they are follow by a person capable to collaborate with them in the learning process, and guide them through the ZPD (Zone of Proximal Development). To implement the inherent concepts of collaboration surrounding this theory, it is essential to create an environment where apprentices and collaborators interaction is intense and efficient. In this context, Distributed Artificial Intelligence serves as a foundation for the environment agents conception and its communicative process.

INTRODUÇÃO

A preocupação em adequar o processo de ensino e aprendizagem ao contexto social é um objetivo que vem sendo perseguido por pesquisadores e teóricos em desenvolvimento cognitivo. Nas últimas décadas tem-se abordado a aplicação de novas tecnologias para apoiar o sistema educacional.

Em se tratando de sistemas computacionais, as tecnologias de Inteligência Artificial (IA) têm potencial para levar ferramentas para sala de aula de forma a revitalizar a educação. Pesquisadores em IA têm apresentado teorias sobre aprendizagem e raciocínio. Estas teorias podem ser usadas para guiar o desenvolvimento de sistemas computacionais voltados para educação de forma a sedimentar métodos de aprendizagem naturais.

A primeira geração de sistemas computacionais voltados para educação foi caracterizada essencialmente por sistemas de múltipla escolha. Mesmo com o surgimento dos sistemas tutores inteligentes onde o papel do tutor é acompanhar e orientar o estudante na direção da resposta correta, ainda não se verificava um aproveitamento efetivo das técnicas de IA em sistemas educacionais, não sob o ponto de vista do desenvolvimento cognitivo humano. Estas ferramentas estavam limitadas a um diagnóstico de "certo" ou "errado", onde o estudante era muito mais treinado do que realmente educado.

Muito mais do que conduzir o aluno para uma resposta correta, o modelo educacional moderno visa desenvolver no aluno a capacidade de encontrar uma resposta coerente para um problema. É inserido neste paradigma que os sistemas computacionais voltados para educação devem atuar.

O modelo de aprendizagem sociocultural proposto por Vygotsky, em sua teoria de desenvolvimento cognitivo, considera extremamente importante às interações sociais ocorridas durante um processo de aprendizagem. Estas interações são vistas de forma positiva para a construção do conhecimento e conseqüente crescimento cognitivo. A educação surge então sobre o paradigma da colaboração mútua entre aprendizes e colaboradores.

A interação surge como elemento fundamental no desenvolvimento cognitivo, e traz consigo processos fundamentais capazes de viabilizar a aprendizagem colaborativa. Dentre estes processos a negociação e a explicação têm se mostrado bastante eficazes na resolução de conflitos, embora outros processos também possam ser usados.

i) Objetivos

Este trabalho teve por objetivo estudar:

- teorias de desenvolvimento cognitivo voltadas para colaboração,
 - processos e ferramentas capazes de promover uma colaboração efetiva,
 - técnicas para implementação do conceito de colaboração, de forma a permitir que o aluno e o professor estejam inseridos em um processo colaborativo assistido por computador,
 - técnicas de IA aplicáveis ao conceito de colaboração;
 - e propor uma arquitetura para um sistema de aprendizagem colaborativa para ensino de noções de proteção ambiental, descrevendo formalmente como ocorrem os processos comunicativos entre os agentes ativos no ambiente.
-

ii) **Problemática**

A Aprendizagem Colaborativa Assistida por Computador – ACAC, é uma problemática recente e vem sendo motivo de estudo tanto por pesquisadores de computação quanto psicólogos e educadores em desenvolvimento cognitivo, e tem por objetivo a criação e a análise de ambientes de ACAC (CSCL – Computer Supported Collaborative Learning).

O assunto tratado por esta dissertação se insere na área de pesquisa denominada Inteligência Artificial na Educação - IA-ED, definida como o uso de técnicas e teorias da Inteligência Artificial na concepção de sistemas computacionais "inteligentes", cujo objetivo é promover o processo de aprendizagem.

Sendo assim, a proposta pedagógica apresentada está fundamentada nas teorias de aprendizagem que refletem processos colaborativos, o que nos conduz principalmente à teoria de desenvolvimento cognitivo de Vygotsky, dentro de uma perspectiva psicopedagógica; e às técnicas de Inteligência Artificial Distribuída – IAD, numa perspectiva computacional. Tornando evidente o aspecto multidisciplinar da pesquisa.

O elemento essencial da teoria de Vygotsky está na definição das funções mentais superiores como sendo formadas durante a aculturação das crianças. Admitindo as crianças como agentes ativos no processo educacional, assumindo papel de elaboradoras dos conteúdos apresentados a elas e não de receptoras da instrução.

Em sua definição de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), Vygotsky afirma que a aprendizagem só é efetiva se a criança executa tarefas acima do seu nível de desenvolvimento atual, nesta perspectiva um objetivo difícil é oferecido, a criança recebe a orientação de um adulto, ela alcança aquele objetivo e outro é oferecido, a criança enfrenta-o e o resolve independentemente, se possível, ou com ajuda de um adulto[VYG.98].

Vygotsky acreditava que o ensino somente é bom quando ele "*acorda e dá vida às funções que se encontram em um estágio de maturação, que reside na zona de desenvolvimento proximal*", e se referiu a ZDP como "*define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas estão no processo de maturação, funções que amadurecerão amanhã ... tais funções podem ser chamadas de 'botões' ou 'flores' do desenvolvimento, em vez de serem chamadas de 'frutos' do desenvolvimento*" [MOL.96].

Sua teoria defendia a importância de examinar o ambiente social no qual o desenvolvimento ocorre e o tipo de instrução fornecida, para se determinar a natureza e o caminho do desenvolvimento. Deixando claro que o desenvolvimento deve ser dependente do contexto social onde ele ocorre.

A união do ponto de vista de Vygotsky, com outros pontos de vista, principalmente Piagetianos, permitem a definição de um conjunto de princípios, que vão definir os papéis do professor, do aluno e da escola. Também são tomados como fundamentais os cenários de atividades criadas, pela concentração de pessoas presentes, por seus objetivos, pelas tarefas imediatas e pelos roteiros que guiam as interações. Estes princípios definem contextos sociais mais produtivos para o ensino e o aprendizado e estabelecem critérios para colaboração. *Interações produtivas ocorrem em cenários de atividade dirigidos para objetivos determinados, os quais são buscados em conjunto por aprendizes e especialistas* [DIL.99].

Tharp e Gallimore contribuíram afirmando que o propósito da escolarização é ensinar aos estudantes a serem competentes no sentido mais geral do termo – serem capazes de ler, escrever, usar computadores, raciocinar, manipular símbolos e conceitos visuais e verbais[MOL.96].

Além do contexto teórico do estudo de técnicas de IAD, este projeto se insere num contexto atual onde estão envolvidas noções de psicologia e educação, que tentam se apoiar em ferramentas computacionais para reafirmar abordagens teóricas do desenvolvimento humano.

É uma proposta inserida em contexto de pesquisa atual promissor. Do ponto de vista da Inteligência Artificial e Educação, suas aplicações podem ser estendidas a qualquer área de ensino e educação à distância.

iii) Fundamentação

Este trabalho está fundamentado nas seguintes proposições:

- O conhecimento é construído a partir da interação entre agentes de diferentes níveis conceituais [VYG.98].
- A colaboração é um processo de criação compartilhada, onde dois ou mais indivíduos com habilidades complementares, interagem para criar um conhecimento compartilhado que nenhum deles tinha previamente ou poderia obter por conta própria. [NIT.99]
- Técnicas de IAD estão focadas na solução de problemas cooperativos, entretanto são capazes de gerar ambientes colaborativos, pois apresentam uma boa solução para implementação de processos interativos.[DIL.94a]
- Agentes Pedagógicos ajudam os estudantes a superar suas dificuldades aproveitando oportunidades de aprendizagem [JOH.00a], e tem a característica de se mostrarem ao aprendiz como personagens animados, induzindo respostas afetivas e motivacionais [BER.00]
- Um diálogo pode ser descrito como uma troca de estados ligados por transições, onde as comunicações trocadas são modeladas na forma de autômatos de estados finitos[WIN.86]

iv) Organização do Texto

O *capítulo 1* faz uma análise sobre a aprendizagem colaborativa, abordando teorias de desenvolvimento cognitivo inseridas neste contexto. Descreve a importância dos processos interativos e do contexto sociocultural no qual estão inseridos os grupos. O objetivo é abordar a colaboração, sob o ponto de vista psicológico e educacional, observando as características necessárias para a solução de conflitos de forma a promover o processo de aprendizagem.

No *capítulo 2* é apresentado um histórico dos ambientes computacionais interativos de aprendizagem que antecedem a concepção dos ambientes colaborativos de aprendizagem e discute a aplicação dos recursos computacionais na implementação de ambientes inteligentes de aprendizagem.

Técnicas de Inteligência Artificial são analisadas no *capítulo 3*, com objetivo de descrever as vantagens da IAD (Inteligência Artificial Distribuída) e sua adequação para aplicações em atividades que envolvam processos interativos, evidenciando a proximidade de suas aplicações as teorias de desenvolvimento cognitivo. Finaliza abordando as características e a importância dos Agentes Pedagógicos no processo de aprendizagem.

O *capítulo 4* propõe uma arquitetura distribuída para colaboração à distância, em um sistema de ensino sobre princípios de preservação ecológicos para crianças. Especifica o ambiente e descreve os processos interativos que viabilizam a colaboração no processo de aprendizagem.

No capítulo 5 é feita uma descrição formal dos processos interativos entre os agentes e das tarefas no ambiente.

Finalmente, o capítulo 6 descreve uma formalização para os processos interativos do ambiente proposto na arquitetura e ainda apresenta a formalização para os três tipos de atividades inicialmente propostas. Para formalizar os processos interativos foram usados autômatos de estado finito.

1. Educação e Psicologia – Princípios da Aprendizagem Colaborativa

1.1 Introdução

As primeiras pesquisas sobre aprendizagem colaborativa surgiram sob o paradigma da análise e comparação de sua eficiência em relação à aprendizagem individualizada[DIL.96a]. O objetivo inicial era o de provar empiricamente tal eficácia e conseqüentemente em verificar o contexto envolvido, fazendo uma relação causal entre estes dois referenciais (eficácia e contexto) a partir da especificação de variáveis envolvidas no processo, tais como: tamanho do grupo, nível dos pares, natureza da tarefa e meio de comunicação.

Pesquisas mais recentes têm demonstrado uma preocupação maior em definir a função de cada uma das variáveis que participam do contexto colaborativo, e que são capazes de propiciar interações entre pares com foco no desenvolvimento cognitivo do indivíduo e do grupo.

Este capítulo descreve os conceitos fundamentais da aprendizagem colaborativa, evidenciando os processos interativos e suas características. São também abordadas as teorias de desenvolvimento cognitivo, inseridas no contexto colaborativo e mostradas a importância dos pontos de vista educacional e psicológico para a concretização dos processos colaborativos de aprendizagem.

1.2 Aprendizagem Colaborativa

Panitz[PAN.96], fez uma revisão sobre a controvérsia envolvendo a utilização dos termos: "colaborativo" e "cooperativo", atribuindo significado distinto para ambas. Nesta perspectiva, à cooperação ele atribuiu o conceito que envolve atividades onde existe uma divisão de tarefas entre os participantes, assim cada pessoa é responsável pela solução de uma parte do problema. Por outro lado, a colaboração foi entendida como um esforço mútuo na direção da solução de um problema em conjunto.

Schrange [NIT.99], contribuiu definindo a colaboração como *"um processo de criação compartilhada, onde dois ou mais indivíduos com habilidades complementares, interagem para criar um conhecimento compartilhado que nenhum deles tinha*

previamente ou poderia obter por conta própria.". Reafirmando a necessidade do engajamento dos participantes num esforço coordenado para a solução de um problema ou para execução em conjunto de tarefas, sugerindo que a construção de uma solução não poderia ser resolvida de outra forma.

Dillenbourg [DIL.99], definiu aprendizagem colaborativa de forma generalizada, como: "*uma situação na qual duas ou mais pessoas aprendem ou tentam aprender algo juntas*". Ao destacar alguns termos em sua definição, Dillenbourg deixa evidenciar aspectos variáveis sob os quais a colaboração deve ser analisada:

- Uma *situação* colaborativa é caracterizada pela interatividade que a cerca. Em ambientes colaborativos é sempre esperada a ocorrência de processos interativos.
- o número de elementos envolvidos está relacionado aos objetivos a serem alcançados. Eles podem variar de duas pessoas a uma comunidade ou sociedade, envolvendo centenas ou milhares de pessoas. Em cada grupo é fundamental observar o nível de desenvolvimento cognitivo dos pares e o contexto sociocultural ao qual fazem parte.
- A aprendizagem no contexto colaborativo não está relacionada somente ao fato dos indivíduos estarem dispostos em grupo, mas também na qualidade das atividades eficazes para o crescimento cognitivo de cada elemento e do grupo em sua totalidade.
- O trabalho em conjunto nas atividades colaborativas pode ser caracterizado pela disposição dos elementos nos pares, pela forma e frequência com as quais eles se comunicam e pela distribuição de tarefas.

O inter-relacionamento existente entre estas variáveis é evidente. Como consequência, a combinação delas faz surgir uma diversidade de arranjos possíveis que representam contextos colaborativos de aprendizagem. No entanto, é fundamental avaliar a eficácia e eficiência de tais contextos mediante os objetivos finais particulares a cada um.

1.3 Avaliando a Aprendizagem Colaborativa

Dentro do contexto de aprendizagem colaborativa, podemos encontrar várias interpretações para o termo aprendizagem. Para alguns estudiosos, este termo inclui atividades colaborativas dentro do contexto educacional, como por exemplo, acompanhamento de um curso; para outros, este termo implica na solução de problemas em conjunto, onde a aprendizagem é vista como uma consequência da solução do problema, medida pela aquisição de novos conhecimentos ou pelo aperfeiçoamento da capacidade de solucionar o problema.

Algumas teorias tratam a aprendizagem colaborativa como uma perspectiva de desenvolvimento do processo cultural ou biológico que ocorre durante anos, ou como consequência de um trabalho colaborativo, referenciando a aquisição de experiência dentro de uma comunidade profissional[LIT.99].

Uma situação colaborativa é um tipo de contrato social, que ocorre tanto entre os pares quanto entre pares e professores (contrato didático). Este contrato especifica condições sobre as quais alguns tipos de interação devem ocorrer, ainda assim não existe garantia de que elas ocorrerão. Por outro lado, uma tutoria pode ser chamada de "método", pois os indivíduos seguem um cenário no qual eles têm que executar tipos particulares de interações em determinados momentos do processo[DIL.99].

Durante a avaliação dos processos que envolvem a aprendizagem colaborativa, devem ser observados quatro aspectos fundamentais relacionados às variáveis, descritos segundo a visão de Dillenbourg [DIL.99], com propósito de atingir resultados positivos no desenvolvimento cognitivo: a situação em que ocorre a colaboração, a interação entre pares, os mecanismos de aprendizagem e finalmente os pré e pós testes.

1.3.1 Situação Colaborativa

Os ambientes colaborativos podem expressar situações mais colaborativas ou menos, para avaliarmos este grau é preciso observar algumas condições sob as quais se desenvolve a aprendizagem colaborativa dentro do ambiente ou cenário.

Analisando se os pares estão mais ou menos em um mesmo nível e se podem executar as mesmas tarefas, definimos a simetria de ações (linha de ações permitidas

para cada agente), de conhecimento (nível de conhecimento ou habilidade, dois aprendizes podem estar em um mesmo nível de conhecimento, porém possuem pontos de vista diferentes), e de *status* (*status* dos agentes em sua comunidade).

É importante observar se existe uma meta em comum entre os parceiros, porém a colaboração pode ocorrer tanto sob expectativas iguais quanto diferentes em relação ao projeto final, desde que os pares se mantenham motivados pela resolução do problema.

A atribuição de tarefas pode ocorrer em processos colaborativos, porém deverá ser discutida pelo grupo e ter características instáveis e não permanentes, assumindo um comportamento dinâmico e espontâneo.

1.3.2 Interação

Apenas alguns ambientes de ensino criam experiências de aprendizagem ideais[BRO.89]. A qualidade da aprendizagem colaborativa está fundamentada no tipo de interação existente entre pares. Interações sociais nem sempre geram novo aprendizado, aprendizes podem interagir de formas variadas. Isto faz com que os processos interativos se tornem objetos de estudo e análise na abordagem colaborativa como ambiente eficiente para aprendizagem.

Dillenbourg[DIL.94a] sugeriu que as pesquisas se voltassem para os efeitos mais específicos da colaboração, atentando para as micro características da interação, tais como processos explicativos, onde o agente mais qualificado fornece uma explicação sobre a tarefa (dentro de um contexto colaborativo); e processos de controle, onde o agente mais qualificado conduz os demais na solução do problema.

Quando as crianças interagem com seus mundos, podem fazer mais do que parecem ser capazes, e extrair muito mais de uma atividade se há um adulto ou um participante com mais experiência como mediador (Vygotsky) [MOL.96]. Uma forma mais específica de descrever interações está em avaliar como será elaborada a ajuda oferecida de um aprendiz à outro, ou seja, o processo explicativo, que pode variar de uma simples resposta correta a uma explicação detalhada do problema.

Fundamentais no contexto colaborativo, as interações despertam mecanismos de aprendizagem, porém não há garantia de que estas interações ocorram. Estímulos são importantes para aumentar a probabilidade de ocorrência de alguns tipos de interação. Dillenbourg[DIL.99], definiu procedimentos e atitudes necessárias, tais como:

- (i.) Estabelecer condições iniciais: principalmente em relação à heterogeneidade do grupo e o tipo de atividade a ser desenvolvida por cada grupo.
- (ii.) Especificar o contrato de "colaboração" utilizando um cenário baseado em regras, esta abordagem tenta transformar a aprendizagem colaborativa em um método, de forma a verificar o nível de conhecimento dos aprendizes para estabelecer tarefas que não possam ser resolvidas por apenas um indivíduo, forçando os aprendizes a integrar seus conhecimentos.
- (iii.) Proporcionar interações intermediárias, facilitando processos interativos, por exemplo, em ambientes computacionais podemos inserir botões com funções interativas semelhantes a um discurso ("você concorda?", ou "eu sugiro outra forma.", etc.).
- (iv.) Monitorar e regular as interações: O professor assume o papel de facilitador, principalmente em grupos grandes, a fim de executar pequenas intervenções, de forma a manter as interações em uma direção produtiva para o processo de aprendizagem.

O grau de interatividade entre os pares não deve ser definido pela frequência das interações, mas pela forma como elas interferem no processo cognitivo dos pares, ou seja, pelo sucesso dos objetivos finais.

A comunicação entre os parceiros pode ser síncrona, onde quem fala espera que quem esteja ouvindo aguarde sua mensagem e a resposta tão logo a receba, ou assíncrona, porém relacionada aos objetivos da tarefa.

Interações colaborativas são negociáveis[DIL.96b]. Um parceiro não impõe seu ponto de vista para o grupo, ao invés disto pode argumentar sobre seu ponto de vista, negociando, justificando e tentando convencer. Podendo ele mesmo mudar seu ponto de vista ao final da negociação.

1.3.3 Mecanismos de Aprendizagem

Alguns mecanismos de aprendizagem são intrinsecamente mais colaborativos. Se observarmos sistemas cognitivos individuais, a aprendizagem não ocorre porque o indivíduo está sozinho, mas por causa das atividades desenvolvidas que despertam alguns mecanismos de aprendizagem (indução, dedução). De forma similar, pares não aprendem porque estão em dois, mas porque eles desenvolvem atividades que despertam mecanismos de aprendizagem específicos. [DIL.99].

Ao explorar mecanismos colaborativos, Dillenbourg [DIL.99] observou que alguns mecanismos individuais são estendidos para aplicações colaborativas, como:

- (i.) Indução. Pares fazem representações mais abstratas de um problema, pois estas representações devem integrar o que existe de comum na representação criada por cada indivíduo.
- (ii.) Sobrecarga cognitiva. Em ambientes colaborativos a carga cognitiva (o conhecimento) de cada elemento do grupo pode ser reduzida pois, a quantidade de atuação de cada indivíduo é reduzida, já que a solução vai ser construída a partir da contribuição de cada elemento do grupo na análise do problema.
- (iii.) (Auto) Explicação, embora relacionada a situações sociais, foi importada para estudos de cognição individual, tanto em psicologia ("auto-explicação") quanto em IA (aprendizagem baseada em explicação).
- (iv.) Conflito. Concentra-se tanto no plano intra-indivíduo quanto interindivíduo. Porém, é intrinsecamente um conceito social que foi aplicado a ciência cognitiva por Piaget em sua teoria de desenvolvimento centrada no indivíduo. Sendo re-transportado para os casos de interações sociais, visando lidar com os desacordos entre conhecimento ou pontos de vista.
- (v.) Reflexão e Prática. A aprendizagem através da exploração, fazendo e refletindo sobre resultados.

1.3.4 Pré e Pós Testes

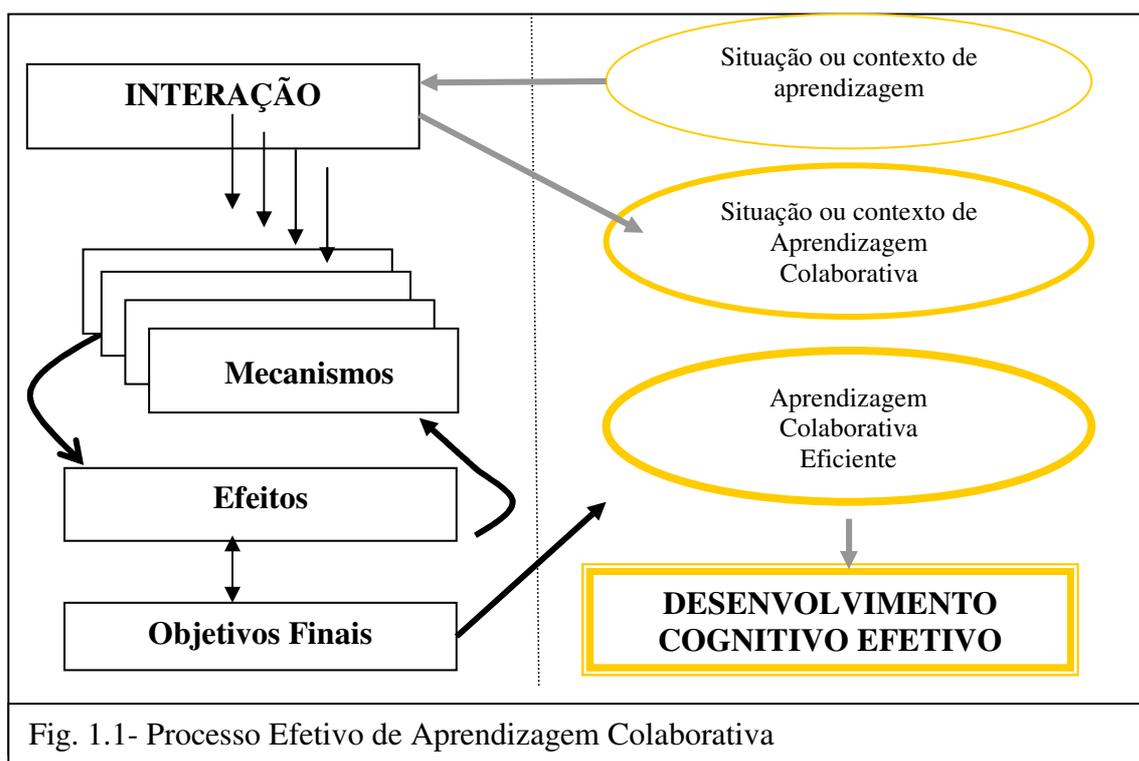
Pré e pós-testes medem os efeitos da aprendizagem colaborativa [DIL.99]. Geralmente, a maioria das pesquisas em aprendizagem colaborativa vem tentando medir sua eficácia através de pré e pós-testes individuais. Alguns efeitos específicos têm sido descritos em relação à mudança conceitual conforme duas abordagens metodológicas:

- (i.) Verificação dos efeitos particulares de tipos de interações. Para tanto, é necessário controlar antecipadamente os tipos de interações que ocorrerão ou verificar posteriormente quais interações ocorreram durante a colaboração.
- (ii.) Verificação do desempenho do grupo, bem como de seus elementos, sendo importante observar não só o desenvolvimento individual como também o crescimento cognitivo do grupo, seja pela aquisição de conhecimento ou pelo aprimoramento de habilidades.

1.4 O Processo da Aprendizagem Colaborativa Efetiva

A chave para a compreensão da aprendizagem colaborativa está na relação entre os quatro itens: situação, interação, mecanismos e efeitos. De forma simplificada, uma situação gera padrões de interação; estas interações despertam atitudes ou mecanismos que por sua vez geram efeitos cognitivos.

Se os efeitos gerados no processo colaborativo forem semelhantes aos objetivos propostos no planejamento das atividades do ambiente colaborativo, podemos afirmar que foi possível alcançar um desenvolvimento cognitivo efetivo através de um ambiente colaborativo eficiente. (Figura 1.1)



Ao introduzirmos princípios interativos em um ambiente é possível obter uma situação de aprendizagem colaborativa. Porém, para se alcançar um desenvolvimento cognitivo efetivo, será necessário a aplicação de mecanismos e processos colaborativos eficazes, de forma a conduzir os pares em direção aos objetivos finais propostos pelo processo de aprendizagem colaborativa.

Os mecanismos vão descrever formas de comunicação prováveis para se alcançar os objetivos finais esperados. São definidos tanto pelo tipo de interação quanto pelo efeito esperado por sua aplicação.

1.5 O Conflito Social nas Interações

Os esforços para solucionar divergências sociais, culturais e conceituais podem levar os indivíduos a refletirem sobre seus pontos de vista e até mesmo mudá-los. De certa forma, à aprendizagem está muito mais relacionada à resolução destas divergências, do que simplesmente a existência do conflito[DIL.99].

Desde que exista trabalho em grupo, é evidente o surgimento de conflitos entre os elementos e, portanto, é necessário identificar conflitos sociais que gerem resultados positivos dentro do processo de ensino e aprendizagem. Pesquisadores têm utilizado três categorias para análise mais detalhada de interações, baseadas em conflitos [DIL.96a]:

- (i.) *Social/cognitivo*, visa diferenciar "conflito social", sem relação com o problema, e o "conflito cognitivo", relacionado a solução do problema; observando que conflitos sociais não são interessantes para o processo colaborativo e devem ser evitados ou resolvidos.
 - (ii.) *Cognitivo/Metacognitivo*: visa classificar as atividades em cognitivas (leitura, escrita) e metacognitivas (compreensão, planejamento); a hipótese aqui é que os grupos mais bem sucedidos, tanto em relação à solução do problema quanto no desenvolvimento dos elementos do grupo na tarefa, seriam aqueles com maior índice de meta conhecimento [ART.92].
 - (iii.) *Tarefa/Comunicação*: O nível de tarefa inclui uma análise geral da construção de uma tarefa. O nível de comunicação define o momento em que o aprendiz está
-

tentando atingir uma compreensão compartilhada da tarefa, estabelecendo referências comuns, por exemplo, fazendo comentários enquanto executa a ação.

Vários trabalhos [DIL.99], [DIL.96a], [OMA.95] têm mostrado os benefícios da aprendizagem colaborativa no tratamento de conflitos. Indivíduos com pontos de vista discordantes podem mudar seus pontos de vista como resultado do esforço ocorrido na busca de uma solução que envolve pontos conflitantes.

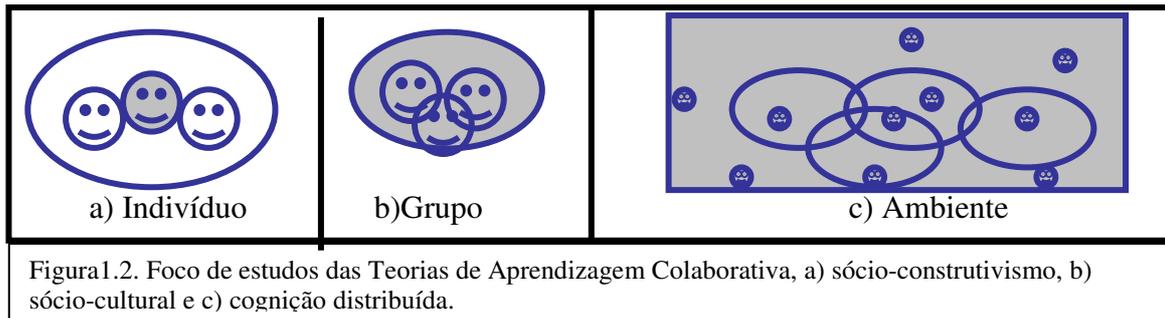
No entanto, estes pesquisadores fazem evidenciar que a aprendizagem não está relacionada à existência de um conflito, mas sim na sua resolução, ou seja, pelas justificativas e explicações que levam a aceitação de uma proposição.

1.6 Teorias de Aprendizagem

Inicialmente, o objetivo dos estudos em aprendizagem colaborativa estava em determinar "se" e "quando" a aprendizagem colaborativa seria mais eficiente do que a aprendizagem individual. Em [DIL.96a], [DIL,99] e [OMA.95] são descritas evidências empíricas demonstrando efeitos positivos da interação social para aprendizagem.

Estas observações fazem com que o interesse das pesquisas se volte para o estudo dos resultados da aprendizagem colaborativa, através da análise do desenvolvimento cognitivo produzido pelo trabalho colaborativo. O objetivo desta investigação tem sido o de identificar as características de uma atividade colaborativa produtiva.

Tendo em vista o modelo de aprendizagem colaborativa, onde o aprendiz possui um colaborador no processo de aprendizagem, Dillenbourg [DIL.96a], definiu a natureza do objeto de estudo na aprendizagem colaborativa, como envolvendo dois extremos: de um lado o objeto de estudo focado no indivíduo, no outro lado o foco seria o grupo(Figura1.2). Entre estes dois extremos se pode observar três abordagens teóricas: sócio-cognitiva ou sócio-construtivista, sociocultural e cognição distribuída.



1.6.1 Teoria Sócio-Construtivista

A teoria Sócio-Construtivista está fundamentada na análise dos conflitos sociais existentes entre pares. O potencial produtivo em situações conflitantes durante a execução de tarefas foi destacado primeiramente pelo trabalho de Piaget [PIA.32], e tonou-se mais importante com as pesquisas neo Piagetianas [DIL.96a].

De forma geral, a teoria Piagetiana não proporciona uma conceituação adequada para a função da interação social na estimulação e no desenvolvimento intelectual. O desenvolvimento social é considerado simplesmente como um procedimento em paralelo ao desenvolvimento cognitivo.

Piaget acreditava que a construção pela criança de sua própria compreensão era fundamental para seu crescimento cognitivo [DIL.99]. Com adultos interações eram tidas como irrelevantes ou mesmo prejudiciais, pois, interferiam na exploração de seu ambiente, e por sua vez na construção de sua própria compreensão. Em contraste, interações entre pares era considerado um forte recurso.

Entretanto, foi o trabalho de Doise que começou a exercer influencia substancial e abrangente. Durante os anos 70 e 80, Doise, Mugny e Perret-Clermont [DOI.75], conduziram uma série de estudos para investigar se o progresso individual cognitivo poderia ser estimulado pelo "conflito social cognitivo".

Mais do que saber se um grupo de crianças trabalhando juntas tinha uma performance superior na execução de tarefas do que trabalhando individualmente, estes pesquisadores queriam saber se as crianças que tinham oportunidade de trabalhar em grupo poderiam demonstrar um desenvolvimento maior do que aquelas que não tinham tal oportunidade. Para responder esta questão foram aplicadas sessões de pré-testes e pós-testes.

Enquanto grandes ganhos individuais eram evidenciados no grupo experimental, a explicação associada era descrita em relação aos conflitos sócio-cognitivos. A resolução destes conflitos, entretanto, foi expressa em termos individuais, e nem sempre ocorriam durante as sessões de atividades do grupo, mas poderiam ocorrer mais tarde.

Além disso, Doise [DOI.84], estava disposto a demonstrar que simplesmente apresentando pontos de vista conflitantes a uma outra criança, mesmo que esta não estivesse fisicamente presente, seria suficiente para desencadear progressos no seu desenvolvimento cognitivo.

Light e Glachan [LIG.85], analisando a argumentação das crianças durante uma atividade colaborativa utilizando o computador, observaram que as melhoras na classificação entre os pré e pós-testes, eram bem maiores para os pares que estavam engajados em freqüentes argumentações. Estas observações serviram de suporte para o ponto de vista onde o conflito social pode representar progresso resultante das interações entre pares.

Embora as descobertas descritas acima oferecessem evidências para sugerir que o conflito sócio-cognitivo poderia ser o ingrediente chave na aprendizagem em pares, outros pesquisadores levantaram dúvidas sobre a função principal do conflito. Blaye [BLA.88], classificou os conceitos relacionados ao conflito social como vagos, mal definidos e difíceis de operacionalizar fora dos limites da pesquisa "experimental". Tudge [TUD.89] apontou evidências de que em algumas situações, interações entre pares são tanto regressivas quanto progressivas.

1.6.2 Abordagem Sociocultural

Enquanto a abordagem sócio-construtivista, baseou-se no desenvolvimento do indivíduo no contexto de interações sociais, a abordagem sociocultural inspirou-se nas teorias de Vygotsky [VYG.78], e baseou-se na relação entre interação social e mudanças cognitivas do indivíduo.

Vygotsky[VYG.78], defendia a proposta de que o desenvolvimento cognitivo aparece sempre em dois planos, primeiramente no interpsicológico (social) e depois no intrapsicológico (individual); também definiu a zona de desenvolvimento proximal

como a diferença entre o nível de desenvolvimento atual (capacidade de solucionar problemas sozinho) e o nível de desenvolvimento potencial (capacidade de solucionar problemas com auxílio de um adulto ou pessoa mais qualificada).

Vygotsky acreditava que o *"aprendizado humano pressupõe uma natureza social específica, e um processo através do qual as crianças penetrem na vida intelectual daquelas que o cercam"*.

Piaget [PIA.32] evidenciou as interações sociais e mais especificamente a interação entre pares, dentro da perspectiva específica do desenvolvimento do raciocínio lógico. Vygotsky caracterizou as interações sociais como parte central do desenvolvimento cognitivo. Sua abordagem apresentou funções para os adultos no processo de desenvolvimento da criança, e enfatizou a importância das interações assimétricas entre parceiros com diferentes níveis de habilidade.

Pela perspectiva de Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é construtivo, porém não é construído pela criança sozinha. Ao invés de estar baseado somente nas experiências com o mundo físico, a construção do conhecimento e da compreensão é vista como uma atividade fundamentalmente social. Durante esta atividade, ferramentas cognitivas de toda uma sociedade são disponibilizadas para as crianças como se elas participassem na prática da vida cultural de uma comunidade.

O desenvolvimento cognitivo individual é visto como processo de internalização socialmente regulado. A compreensão do mundo pela criança é mediada por processos interativos que ocorrerão entre outras crianças e os significados são negociados e estabelecidos através de interações em um amplo contexto social.

Este "construtivismo social", com ênfase na negociação dos significados e no processo de construção em conjunto da aquisição de aprendizagem, foi adaptado por pesquisadores nas situações onde crianças com mais ou menos o mesmo nível de habilidade pudessem trabalhar colaborativamente, considerando as funções colaborativa e construtiva do discurso. O grupo torna-se o foco da análise enfatizando as propriedades de interação construídas socialmente, em vez da avaliação individual (pré o pós testes).

Mercer [MER.95], ao observar a conversa de crianças em fase escolar primária, enquanto trabalhavam juntas na solução de problemas em um computador em sala de aula, identificou três tipos de conversa distintas:

- Disputacional, uma discordância improdutiva, pode ser caracterizada por uma inicialização (hipótese, proposições) seguida por um desafio.
- Cumulativa, incrementa sem critérios o que já foi feito anteriormente. Tópicos podem ser aceitos sem discussão ou com pouca correção.
- Exploratória, demonstra engajamento entre as idéias das crianças. Ao se colocar um desafio são apresentadas justificativas articuladas e hipóteses alternativas. É considerada, como a materialização do pensamento crítico.

Mercer defendeu a idéia de que o diálogo exploratório representava um modo social de pensamento e que ao incentivar tal diálogo podia-se ajudar aprendizes a desenvolver habilidades intelectuais que serviriam em diversas situações.

Teasley e Roschelle [TEA.93], investigaram a construção colaborativa na solução de problemas pela utilização de negociação e compartilhamento de idéias, e concluíram que a solução de problemas de forma colaborativa permite a construção de uma estrutura conceitual compartilhada, chamada de "Joint Problem Space"- JPS. O JPS integra interpretações semânticas de metas, características, operadores e métodos, e os estudantes participam de sua criação e manutenção.

1.6.3 Teoria da Cognição Distribuída

A teoria da Cognição Distribuída encara a aprendizagem colaborativa de forma mais ampla, tentando enfocar um mundo mais vasto do que uma sala de aula. Grande parte do trabalho colaborativo está focada na compreensão da colaboração entre pares, ou pequenos grupos, trabalhando relativamente autônomos. Entretanto, se quisermos entender de fato o processo interativo precisamos reconhecer o poder da influência do professor no desenvolvimento da criança [MER.92].

No caso de atividades usando computador, é responsabilidade do professor assegurar que as atividades contribuirão para a educação. Esta responsabilidade não pode ser delegada nem ao mais sofisticado software nem à criança por si só.

É necessário compreender claramente a forma pela qual o professor oferece suporte à aprendizagem colaborativa e quais as conseqüências deste trabalho em conjunto.

A importância em compreender estas interações diárias entre os membros de comunidades de aprendizagem é descrita no campo da psicologia cultural, que está focada no pensamento e raciocínio como atividades que acontecem em situações particulares.

Esta abordagem surgiu com influências da antropologia [LAV.91] e da ciência cognitiva [SUC.87], dando origem à "aprendizagem situada".

A abordagem situada reconhece que a aprendizagem e a cognição humana estão envolvidas em um contexto específico e são constituídas por processos de interdependência, interações e transações entre pessoas e seus ambientes. As interações são influenciadas pelo contexto social e pela forma como o processo educativo é tratado por nossa cultura.

A cognição situada enfatiza a noção de mediação e a função das ferramentas cognitivas. O conceito de mediação refere-se ao fato de que o relacionamento, do indivíduo com o mundo exterior, é sempre mediado por símbolos e artefatos.

1.7 Inteligência Distribuída

Pea [PEA.92] afirma que embora o conceito de inteligência pareça uma propriedade da mente individualmente, ao observarmos de perto os processos cognitivos seremos surpreendidos pelo fato de que a mente raramente trabalha sozinha, e a inteligência vem se revelando de forma distribuída entre ambientes físicos e simbólicos, naturais ou artificiais; mentes e pessoas.

Ele continua sua afirmação dizendo que o conhecimento é socialmente construído por esforços colaborativos, no compartilhamento de objetivos e na discussão de diferentes perspectivas, e que o ser humano utiliza-se diariamente de artefatos e ferramentas como auxílio para as atividades mentais e sociais como mediadores de ações.

Podemos observar que ele considera o ser humano capaz de interferir no seu ambiente representando racionalidade nos objetos e no próprio ambiente que o cerca. Estes aspectos de raciocínio dispostos nos objetos e ambientes, que descrevem suas características, são construídos como resposta aos anseios de grupos sociais e, portanto envolvem a inteligência humana do grupo na concepção do produto final, seja um objeto ou mesmo o próprio ambiente.

Desta forma, a inteligência distribuída no objeto representa um padrão ou decisão de uma comunidade ou indivíduo. Assim o objeto assume um aspecto estável, carregando padrões de racionalidade, sendo mais facilmente compreendido e reaplicável por outras pessoas.

Vygotsky, Simon e Gibson, em suas teorias, consideraram questões sobre inteligência distribuída entre o mundo e a mente humana. Vygotsky [VYG.78], destacou formas onde a interação social e a mediação externa tornam explícitos processos que serão internalizados no pensamento do indivíduo.

Simon [SIM.81] sugeriu que em alguns casos a complexidade da mediação sobre um ato está mais relacionada à complexidade do ambiente onde será efetuada a tarefa do que na complexidade mental de executá-la.

Gibson [GIB.79] [GIB.82], trabalhou com a ecologia da percepção, centrada na noção de "*affordance*", ligando a percepção e ação. "*Affordance*", são aspectos e características de objetos e coisas que podem ser observadas de forma a explicitar como e para que tais objetos podem ser usados.

Em educação é necessário oferecer ao aprendiz estímulos para que ele possa preocupar-se com as características do ambiente, os aspectos dos objetos e as notações escritas, viabilizando a exploração da inteligência distribuída na atividade. O aprendiz deve ser capaz de aproveitar esta experiência na resolução de novas tarefas, e a cultura e o contexto do aprendiz são fatores determinantes na resolução desta nova tarefa.

Analisando o surgimento e a influência da noção e aplicação da inteligência distribuída, Pea [PEA.92], enfatizou que a humanidade é *"transformada pela dialética de influências recíprocas: o produto de nossas atividades muda o mundo, conseqüentemente mudando a maneira como o mundo pode mudar nós mesmos. Modelando a natureza e a nossa forma de mediação com esta natureza, estamos mudando nós mesmos."*

Dentro desta perspectiva sócio-histórica da construção da natureza humana, refletem-se estudos da criança como uma "invenção cultural", onde o conceito de criança envolve abordagens sociais e históricas, em vez de aspectos naturais, e onde a criança torna-se o que é conduzida a ser, por outras pessoas [WAR.83].

Considerando a evolução sócio-histórica, o mundo tem sido mudado pela inteligência *"deixada"* pelas atividades realizadas por nossos antepassados (ferramentas, invenções, conceitos, etc.), e que vem sendo continuamente transformada por agentes sociais que criam uma inteligência coletiva, mediada por indivíduos e suas interpretações formando uma fábrica de criatividade e desenvolvimento.

Dentro da perspectiva educacional, a inteligência distribuída deve proporcionar uma aprendizagem para criação, encorajando a humanidade a recriar continuamente seu próprio mundo e construindo recursos de apoio a suas atividades.

Sendo assim, Pea [PEA.82], considerou dois aspectos dos computadores no desenvolvimento cognitivo da criança:

- Computador como um "reorganizador do funcionamento mental" (o que as pessoas fazem atualmente são mudadas quando a organização funcional desta atividade é transformada por tecnologias), e não como um "amplificador" da cognição (mudanças quantitativas na realização de tarefas) – aumentando assim, a inteligência através da computação.
 - Computador como um ajudante capaz de guiar a criança pela ZDP (Vygostsky), consolidando o potencial latente de desenvolvimento da criança.
-

A despeito da teoria Piagetiana, onde se argumenta que ao oferecer ensinamentos diretos ao aprendiz, o professor estaria roubando da criança a oportunidade de descobrir por si só; o conceito de inteligência distribuída mostra que a criança não poderia estar engajada nesta descoberta sozinha, pois ela tanto pode ser apoiada explicitamente pela inteligência do professor (mesmo que esta intervenção seja mínima) quanto implicitamente pela inteligência dos projetistas, responsáveis pela criação das ferramentas e dos ambientes vivenciados pela criança durante a execução da tarefa.

1.8 Apropriação

A teoria sociocultural considera a aprendizagem e o desenvolvimento como uma atividade sociocultural, onde a criança apropria-se do conhecimento culturalmente acumulado com assistência de outras pessoas e ferramentas disponíveis no ambiente.

A criança apropria objetos culturais (ferramentas materiais e semióticas) quando ela aprende, através de outros membros da comunidade, como são usados estes objetos culturais.

A apropriação não é um processo onde o indivíduo simplesmente adota fatos e concepções de uma cultura. É preciso que a apropriação seja resultado de suas próprias experiências e práticas sobre a orientação de uma pessoa culturalmente mais experiente. Não deve ser considerado um problema de transmissão de informação do especialista ao aprendiz, mas sim de como o aprendiz assume tais objetos como se fossem de sua propriedade [MOL.96].

Do ponto de vista sociocultural, a apropriação de ferramentas semióticas ocorre na ZDP. Crianças que interagem na ZDP estão participando de atividades mais avançadas, mediadas por ferramentas cognitivas, do que seriam capazes de fazer independentemente. Desta forma, elas se apropriam destas ferramentas cognitivas, causando avanço no processo de desenvolvimento cognitivo.

1.9 Mecanismos e Processos da Aprendizagem Colaborativa

"Falhamos mais freqüentemente por resolver o problema errado do que por obter uma solução errada para o problema certo" (Ackoff) [OTT.98]. Durante a solução de um problema, a primeira preocupação é ter certeza de que se está trabalhando no problema certo. Portanto grupos precisam criar uma estrutura compartilhada da situação que envolve o problema. Para obter esta estrutura torna-se necessário desenvolver a compreensão compartilhada do problema e o acordo quanto a sua resolução.

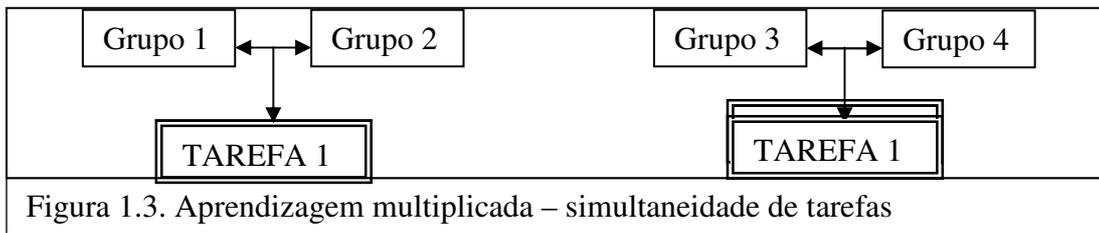
Mal entendidos levam a processos explicativos e conduzem o aprendiz a aprofundar sua própria compreensão do mundo. Tão importantes quanto os processos de mutualidade são os esforços para alcançá-los. Abrindo espaço para mal entendidos, haverá espaço para diferenças de pontos de vista e experiências interativas entre pessoas. Estas diferenças podem surgir porque os indivíduos agem em ambientes diferentes, porque estão equipados com diferentes habilidades sensoriais, ou porque possuem diferentes raciocínios.

Entretanto, mal entendidos só serão oportunidades de aprendizagem se forem detectados e corrigidos. Reparos na comunicação envolvem métodos para tratamento de erros e mal entendidos capazes de interferir na compreensão do problema. Reparos são fundamentais na manutenção da compreensão mútua.

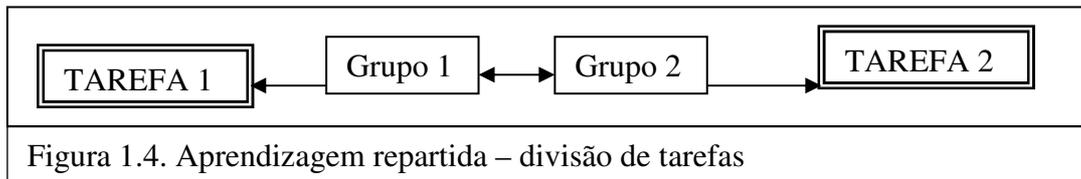
1.9.1 Mecanismos

A aprendizagem entre grupos ou pares envolve três tipos de mecanismos que ocorrem, simultaneamente, como aspectos diferentes de um mesmo fenômeno de aprendizagem [DIL.99], descrevendo a organização de tarefas e processos nos grupos colaborativos.

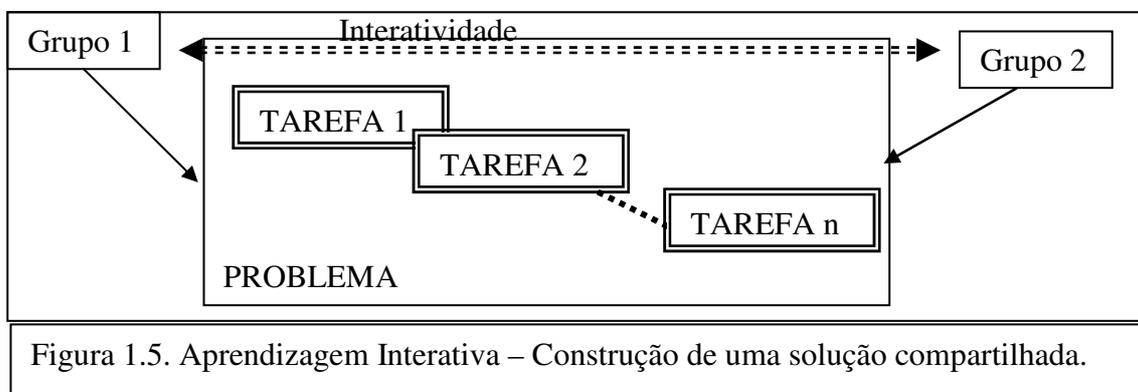
- (i.) Aprendizagem multiplicada: ocorre em ambientes de comunicações síncronas onde vários pares podem desenvolver o mesmo raciocínio simultaneamente. Caracteriza-se pela execução de uma mesma atividade por grupos distintos. A aprendizagem acontece simultaneamente nestes grupos.
-



(ii.) Aprendizagem repartida: ocorre em ambientes onde as atividades são distribuídas entre os membros do grupo. Esta divisão de tarefas ocorre no contexto colaborativo, ou seja, é mais flexível, dinâmica e espontânea. As tarefas podem ser feitas por pares em conjunto ou distribuídas entre os elementos do grupo espontaneamente, durante a solução de um problema.



iii) Aprendizagem Interativa: fator fundamental na abordagem colaborativa da aprendizagem envolve processos ou atividades onde os elementos de um grupo constroem, progressivamente, uma compreensão compartilhada sobre um problema. Para tanto, são necessários processos que tratem a resolução de conflitos, regulação mútua, explicação, diagnóstico, assim como qualquer processo interativo que envolva a construção de uma solução compartilhada.



1.9.2 Processos

Dentro da abordagem colaborativa são necessários processos pelos quais os pares possam incrementar e manter a compreensão mútua, entender a fundamentação do conhecimento particular a cada grupo (ou pessoa), crenças, hipóteses e demais aspectos necessários para a comunicação e a colaboração.

Embora pares ou grupos que interagem geralmente possuam uma base social e cultural comum, esta base deve ser aumentada e mantida durante as interações, levando em consideração os novos aspectos das tarefas e as situações comuns aos elementos envolvidos.

Clark e Marshall [CLA.81] afirmaram que a mera apresentação de informação não é suficiente para manter uma base comum entre os elementos do grupo colaborativo, sendo necessário considerar outros aspectos tais como: raciocínio, atenção e o fato de pertencerem a uma mesma comunidade.

Clark e Schafer [CLA.89], acrescentaram a importância de uma confirmação sobre o que foi compreendido pelos parceiros concentrando-se nos critérios suficientes para manter o entendimento mútuo da situação.

Clark e Wilkes-Gibbs [CLA.86], introduziram o princípio do *esforço colaborativo mínimo*, declarando que as pessoas ao participarem de uma conversa, devem tentar minimizar o trabalho que ambos fazem desde o início de cada contribuição até o momento de sua aceitação mútua. Desta forma, deve existir um processo de confirmação (feedback), na forma de um sinal que verifique se o destinatário está ouvindo e compreendendo, em vez de uma validação sobre como ele está compreendendo a informação recebida. A restauração da compreensão mútua só ocorrerá ao se tornar evidente um desvio na compreensão compartilhada [DIL.99].

Dois tipos de interação têm sido universalmente referenciados em pesquisas de aprendizagem colaborativa, no que se refere à forma de comunicação entre membros do grupo: **negociação**, processo onde um grupo tenta chegar a um acordo quanto aos aspectos que envolvem a tarefa; e a **argumentação**, que se apóia no processo explicativo.

1.9.2.1 Negociação

A negociação é um processo onde os aprendizes tentam alcançar o acordo em relação ao domínio de uma tarefa e em relação aos aspectos interativos. Duas estratégias principais de negociação são o refinamento mútuo e a argumentação competitiva.

Três formas gerais de negociação foram descritas por Ruble e Thomas [OTT.98], são elas:

- i.) *Comportamento distribuído*. Pares possuem seus próprios interesses, sem considerar as necessidades ou interesses dos demais; eles escondem informações e comportam-se competitivamente, indicando uma atitude fechada para o problema e impossibilitando uma continuidade das ações.
- ii.) *Prevenção*. Pares tentam amenizar ou escapar do conflito.
- iii.) *Comportamento Interativo*. Pares tentam trabalhar em conjunto, na tentativa de encontrar uma solução útil a ambas as partes, os interesses de ambos é claro e existe uma abertura para outros pontos de vista e soluções.

Para obter comportamento interativo, a negociação deve ser tratada como uma situação de solução de um problema, e para criar condições eficientes no tratamento do conflito durante a negociação, pode-se considerar os seguintes aspectos:

- i.) Focar nos aspectos do problema em vez de aspectos emocionais ou pessoais. O uso de um mediador para comunicação pode despersonalizar a comunicação tornando mais fácil manter antagonismos pessoais fora da discussão do problema.
 - ii.) Considerar várias possibilidades para a solução do problema;
 - iii.) Manter um ambiente cooperativo é fundamental para resolver o problema, de forma a realizar os interesses de todas as partes envolvidas.
 - iv.) Manter o processo organizado e ordenado. Desorganizações e incertezas criam facilmente situações de conflito.
 - v.) Evitar dispositivos artificiais de redução de conflito, tais como eleição (há um queda no interesse pelo problema, o foco torna-se eleitoral) ou tomada de decisão do chefe. Uma boa opção seria uma votação simples e secreta.
-

1.9.2.2 Argumentação

A argumentação fundamenta-se na apresentação de proposições entre pares, o objetivo é apresentar uma explicação clara para o problema, utilizando de vários recursos para a argumentação tais como: argumentos baseados em regras, baseados em casos e deduções.

Uma argumentação é uma proposição verdadeira até que se prove o contrário, sendo a função do outro parceiro apresentar uma contra prova, que levará a concepção de um novo argumento.

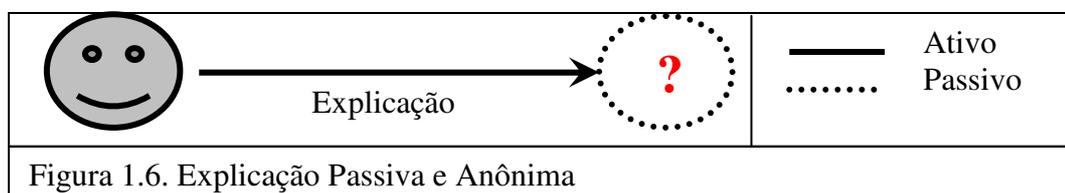
1.9.2.3 Explicação

Dentro do processo colaborativo, uma explicação não deve ser considerada como uma simples mensagem de um aprendiz a outro, mas como resultado de esforços mútuos para entender um ao outro. Quando um indivíduo explica a outro, a aprendizagem acontece em ambas as direções:

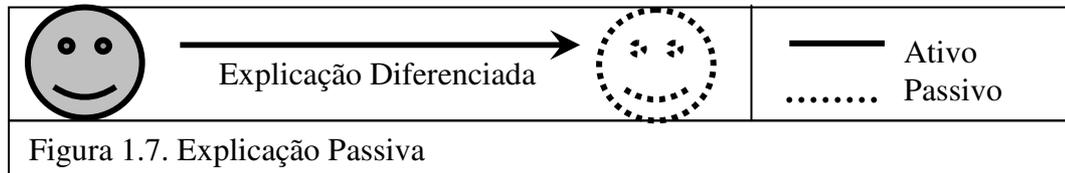
- a aprendizagem do indivíduo que provê a explicação aparece relacionada às atividades cognitivas necessárias para a construção e apresentação da explicação.
- no indivíduo que recebe a explicação, a aprendizagem está relacionada a variáveis, tais como: relevância, compreensão e aprimoramento da explicação.

O processo de explicação pode ocorrer em cinco situações interativas distintas[DIL.99]:

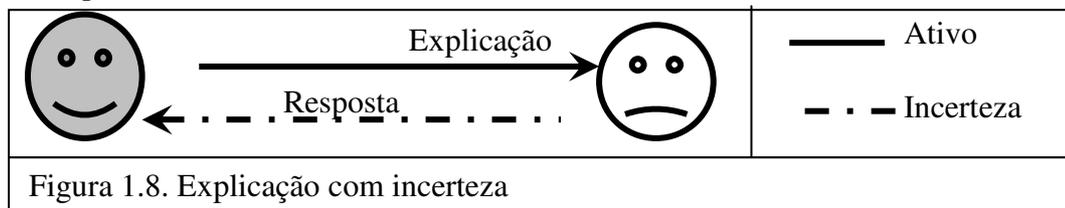
- auto-explicação: acontece quando o aprendiz tenta explicar a si mesmo determinado conteúdo na expectativa de compreender o problema.
- Explicação passiva e anônima: Quando um indivíduo tenta explicar um conteúdo a uma pessoa estranha e que assume um comportamento passivo diante da explicação. Ou seja, não há a participação do receptor da explicação. Neste caso o resultado é semelhante à auto-explicação.



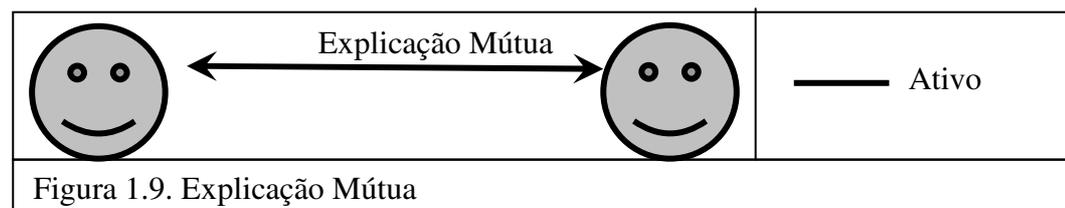
- iii.) Explicação passiva: um indivíduo tenta explicar a alguém que ele conhece, mas que apenas escuta e não manifesta comportamento ativo. Neste caso pode-se examinar se o indivíduo constrói uma explicação diferenciada para ouvintes especiais.



- iv.) Explicação com incerteza: o indivíduo tenta explicar a alguém que responde sua explicação de forma insegura. Neste caso, o ouvinte pode ou não estar compreendendo.



- v.) Explicação mútua: Dois indivíduos explicam um ao outro sem nenhuma imposição. Neste caso, existe uma tentativa de negociação onde os indivíduos compartilham pontos de vista em relação a um domínio específico. Este processo se insere no contexto colaborativo.



Ao oferecer explicações à outra pessoa surgem mais oportunidades de aprendizagem do que em uma auto-explicação, não somente pelo fato de se detectar os pontos fracos no conhecimento, mas também porque a pessoa que recebe a informação pode identificar ausência de informações, pontos de inconsistência requerendo uma explicação mais detalhada ou apresentando novos pontos de vista. Na tentativa de resolver estes questionamentos, o indivíduo que explica vai a procura de informações complementares, deduzindo e induzindo novas informações e reestruturando informações disponíveis.

A construção de processos de explicação mútua está diretamente relacionada à colaboração e resolução de problemas, ou seja, à aprendizagem colaborativa. Entretanto nem todos os processos explicativos conduzem ao resultado esperado, é necessário que a explicação seja bem elaborada e permita que os indivíduos aprendam a partir delas.

1.9.2.4 Diagnóstico Mútuo

Requer que cada parceiro mantenha uma representação sobre o que o outro sabe e entende em relação à tarefa. Não é necessária uma representação detalhada sobre todo o conhecimento e pontos de vista do parceiro, mas sim sobre tarefas específicas.

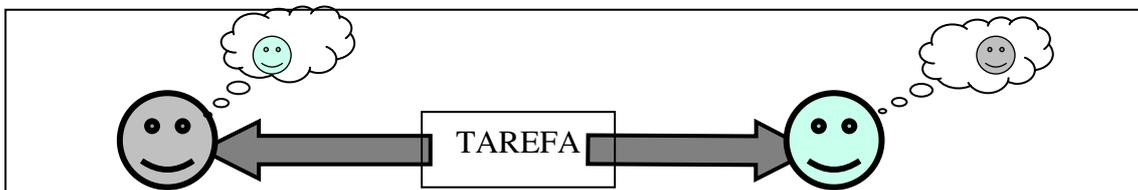


Figura 1.10. Diagnóstico mútuo

1.9.2.5 Refinamento Mútuo

Refinamento mútuo é o processo onde os pares tentam ajustar seus pontos de vista principalmente através de negociação e explicação. O objetivo é tratar as incertezas e dúvidas de ambas as partes na tentativa de solucionar um problema e que consequentemente conduzirá um processo de aprendizagem.

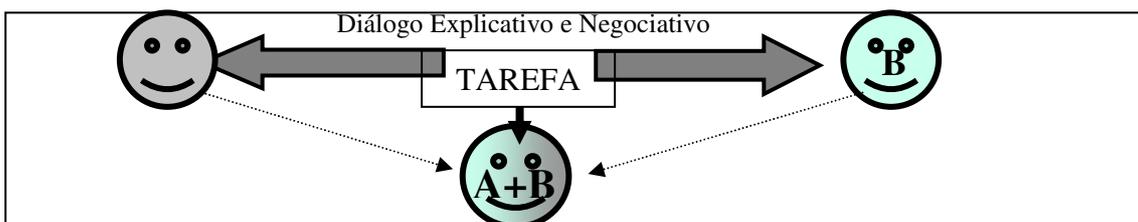


Figura 1.11. Refinamento mútuo

1.10 Conclusão

Este capítulo contextualizou o processo de aprendizagem colaborativa, mostrando os aspectos sociais e educacionais envolvidos. Ao abordar as teorias de aprendizagem sócio-cognitiva, sociocultural e cognição distribuídas, foi evidenciado a necessidade de se considerar o contexto social e cultural do desenvolvimento humano

como fator principal no processo de desenvolvimento cognitivo. Sendo assim, consideramos a importância da inteligência distribuída no ambiente e nas ferramentas utilizadas no processo educacional, e como a criança se apropria destas ferramentas, acelerando o desenvolvimento cognitivo.

A interação é considerada como fator fundamental para os processos colaborativos, seus processos e mecanismos, são descritos de forma a verificar os tipos de interação que sugerem uma aprendizagem colaborativa eficaz, embora existam casos onde a interação não proporcione colaboração. Nos processos interativos é importante manter uma estrutura compartilhada do domínio do problema, capaz de sustentar os processos colaborativos e conduzir à compreensão mútua.

Enfim, este capítulo descreveu a colaboração como uma ação coordenada entre pares e grupos, mostrando como o processo de aprendizagem é beneficiado pela aplicação de atividades colaborativas que promovam o desenvolvimento cognitivo eficiente através da construção do conhecimento por indivíduos do grupo que interagem para solucionar problemas.

2. Ambientes Interativos de Aprendizagem

2.1 Introdução

Muitos pesquisadores em IA&ED (Inteligência Artificial e Educação), têm visto o projeto de Ambientes Interativos de Aprendizagem - AIA (ILE – Interactive Learning Environment), como uma tentativa de formalizar teorias de ensino e aprendizagem. Os sistemas computacionais vêm sendo utilizados como aliados na pesquisa empírica da aplicação de teorias de aprendizagem.

Este capítulo apresenta um histórico dos sistemas computacionais aplicados à educação, evidenciando a evolução do conceito de interatividade nos ambientes de aprendizagem.

Também apresenta um novo paradigma quanto à aplicabilidade do computador e suas ferramentas e a influência dos princípios de educação à distância na concepção de ambientes interativos de aprendizagem.

2.2 Ambientes Interativos de Aprendizagem

Dos sistemas baseados em instrução até a abordagem colaborativa dos ambientes de aprendizagem social, existe uma trilha marcada pela implementação de propostas pedagógicas que vão desde as teorias behaviorista de Skinner [SKI.58], embasadas no modelo da instrução programada, até as teorias da cognição distribuída, fundamentadas no modelo proposto por Vygotsky [VYG.78], e na aprendizagem situada.

Os primeiros AIA apoiaram-se nos métodos tradicionais de ensino focados na *teoria e prática* e na *transmissão de conhecimento*, caracterizados pela limitação dos processos interativos. Posteriormente novas teorias de aprendizagem modificaram este pensamento, e questionaram o papel do professor e aluno no desenvolvimento cognitivo [PAR.97].

A mudança da programação de decisões (CAI – Computer Aided Instruction) para a programação do conhecimento (ICAI – Intelligent Computer Aided Instruction)

é a grande transformação ocorrida nos sistemas educacionais, que passaram a utilizar técnicas de IA para representação do conhecimento. O maior desafio passa a ser a compreensão computacional de processos que permitam a comunicação deste conhecimento e não mais para a otimização de sistemas.

Um grande número de sistemas foi desenvolvido baseados em ambientes exploratórios de descoberta, porém tais sistemas tendem a criar universos limitados ou profundamente complexos, em ambos os casos o aprendiz pode sentir-se desestimulado enquanto o professor precisa lidar com a falta de controle sobre o processo de aprendizagem.

Os Sistemas Tutores Inteligentes surgem com uma abordagem mais estruturada, porém, possuem objetivos bem definidos e estão preparados para dirigir o aprendiz segundo padrões de comportamento.

Atualmente o trabalho em grupo vem sendo evidenciado por profissionais e pesquisadores, sugerindo novas mudanças no papel do professor. Longe do estereótipo do "*sabe tudo*" e em direção ao papel de "*colaborador*", é esperado no professor um "*estimulador*" inserido no contexto da aprendizagem colaborativa, através de ambientes mais flexíveis e abertos a descobertas e à aquisição de conhecimento[SEL.88].

2.3 IAC - Instrução Assistida por Computador

Os primeiros sistemas computacionais voltados para educação surgiram nos anos 60 referenciados como sistemas de Instrução Assistida por Computador - IAC (CAI-Computer Aided Instruction), basearam-se no modelo pedagógico behaviorista, e na idéia da máquina de ensinar proposta por Skinner [SKI.58], onde o foco pedagógico está no modelo da instrução programada.

Apoiada nos métodos tradicionais de ensino como *teoria e prática*, a função do professor é "encontrar formas eficientes para apresentar um conhecimento formal e verificar se os alunos aprenderam o que foi mostrado". O aprendiz assume o papel de memorizador do conhecimento sendo considerado um recipiente vazio a ser preenchido pelo professor, ao final é esperado do aluno o *saber responder* a determinadas questões.

Ambientes IAC são estáticos, pré-programados, e incorporam a proposta pedagógica do especialista bem como seu conhecimento do domínio [VOS.94]; onde cada instrução é um processo de transmissão de conhecimento. O modelo do estudante está baseado mais em parametrizações do seu comportamento (behaviorismo) do que na representação explícita de seu conhecimento[SLE.82].

Neste caso, o sistema representa as decisões do especialista humano na forma de programas, ou seja, assume as decisões pedagógicas deste especialista. Sob este ponto de vista, os IACs são semelhantes a livros didáticos que se apresentam já moldados dentro de uma proposta pedagógica a ser sequencialmente seguida pelo estudante. Ao final, espera-se do aprendiz as respostas corretas referentes ao conteúdo apresentado.

A arquitetura destes ambientes é geralmente descrita por quatro componentes: um histórico contendo as respostas do aprendiz, uma estratégia pedagógica única durante toda a interação, o domínio representado pelo conjunto de fatos pré-estabelecidos, e uma interface de comunicação entre o aprendiz e o sistema[PAR.97].

2.4 IIAC - Instrução Inteligente Assistida por Computador

Kanselaar [KAN.94] distinguiu duas abordagens para ambientes inteligentes de aprendizagem assistida por computador: os Sistemas Tutores Inteligentes, que guiam o aprendiz e controlam a direção (caminho) da aprendizagem; e os Ambientes Abertos de Aprendizagem, onde os estudantes estão mais à vontade para direcionar a aprendizagem, apresentando-se como ambientes de descoberta e de simulação.

Dentro desta abordagem de IIAC, Paraguaçu [PAR.97] definiu os Ambientes Sociais de Aprendizagem, como um ambiente multiagente descrito em função de protocolos de comunicação.

De forma geral, uma característica é inerente a estes ambientes, todos se utilizam técnicas de Inteligência Artificial na implementação de ambientes de aprendizagem. Seja para representar o conhecimento do estudante ou do professor (especialista), e/ou para implementar o comportamento de agentes nos sistemas.

2.4.1 STI - Sistemas Tutores Inteligentes

Nos anos 70, surgiram os STI – Sistemas Tutores Inteligentes, baseados no desenvolvimento de conhecimentos interdisciplinares envolvendo a psicologia cognitiva, a IA e a didática. O objetivo destes sistemas está em simular funções pedagógicas de um professor ideal, permitindo uma melhor performance dos processos interativos e a adaptação ao usuário. Os STIs surgem sobre um novo paradigma de software educacionais onde a Inteligência Artificial é inserida com o propósito de oferecer maior autonomia aos sistemas e maior adaptação ao perfil do usuário aprendiz.

A idéia fundamental estava na representação do conhecimento (programação do conhecimento) e não mais na representação da informação (programação da decisão). A arquitetura dos STIs é formada por quatro módulos elementares: domínio, aprendiz, estratégias tutoriais e interface[WEN.87]:

- (i.) *Módulo de Domínio*: contém a representação do conhecimento referente ao domínio a ser estudado. É capaz de gerar tarefas e questionamentos, bem como, explicações e respostas às solicitações do aprendiz, além de apresentar um padrão para avaliar o desempenho do aprendiz. O conhecimento pode ser representado de forma declarativa, procedural ou por objetos[PAR.97]. De forma geral o módulo de domínio responde a questão: "*o que ensinar?*".
 - (ii.) *Módulo do Aprendiz*: Deve incluir aspectos do comportamento do aprendiz, descrevendo, formando e atualizando modelos cognitivos que servirão para acompanhar o desenvolvimento e para adequar as tarefas ao aprendiz. Este diagnóstico deve considerar conhecimentos parciais e mal entendidos (*malrules*[DIL.94a]) que possam ocorrer durante o processo de aprendizagem, tornando a modelagem do aprendiz mais sofisticada. Este módulo visa responder a questão: "*a quem ensinar?*".
 - (iii.) *Módulo Pedagógico*: contém o conhecimento sobre as estratégias pedagógicas, capazes de direcionar a execução das atividades e prover explicações. De forma global as decisões didáticas definem o sequenciamento das atividades. A nível local define quando as intervenções são viáveis e o que pode ou deve ser dito em resposta a ações do aprendiz. Geram um certo grau de controle sobre as
-

atividades e sobre as interações existentes entre o sistema tutor e o aprendiz. O objetivo é responder a questão: "*Como ensinar?*".

(iv.) Módulo de Interface: trata os aspectos que envolvem a viabilização dos processos de comunicação, nas interações entre máquina e aprendiz, sua preocupação está em garantir que a transmissão do conhecimento possa ser compreendida por ambas as partes. Visa responder a questão: "que meio de comunicação usar?".

O Tutor LISP, proposto por Anderson [SEL.82], é voltado para o ensino da linguagem LISP. O tutor trilha o caminho da ação do aprendiz, e assim que o aprendiz se desvia deste caminho, o sistema interrompe a tarefa e leva-o de volta ao caminho inicialmente trilhado.

O sistema GUIDON, proposto por Clancey [SEL.82], é baseado em um solucionador de problemas especialista em diagnóstico médico. O tutor gera uma solução para o problema e observa o aprendiz solucionando o mesmo problema.

Entretanto, Sistemas Tutores Inteligentes não oferecem uma solução satisfatória para concepção de ambientes de aprendizagem ideal, a maior razão está no fato destes sistemas não permitirem um grau maior de liberdade para aprendiz [VOS.94]. O tutor pode permitir uma aprendizagem atestada por realizações e comportamentos, mas não pode não garantir a significação dessas aprendizagens [BAL.94], ou seja, verifica-se essencialmente uma insatisfação quanto aos processos explicativos de um STI.

2.4.2 SBD - Sistemas Baseados em Descoberta

Sistemas Baseados em Descoberta, em vez de transmitir o conhecimento, caracterizam-se por disponibilizar o conhecimento do domínio, a fim de permitir que o aprendiz possa fazer uma interpretação pessoal do ambiente. O ambiente é construído a partir de uma teoria sobre a concepção dos objetos do domínio, fornecendo os métodos e recursos essenciais para que o aprendiz se guie sozinho e favorecendo a co-elaboração do conhecimento [PAR.97].

Nestes sistemas, os sentidos da atividade do aluno e dos conhecimentos que ele constrói ficam em aberto, por isso o aluno pode construir o conhecimento com o fim de

satisfazer o que ele percebe que é esperado pela máquina e não em relação ao objetivo específico que gostaríamos que ele alcançasse.

Estes sistemas tendem a dois extremos quanto a sua dimensão: limitação e complexidade de domínio[SLE.82]. Alguns ambientes podem ser muito simples e facilmente explorados, causando desinteresse por parte do aprendiz, outros podem ser tão complexos tornando a compreensão do seu objetivo difícil. Para amenizar estas dificuldades, pesquisadores propuseram ambientes de descoberta guiada.

Apesar de impor pouco ou nenhum controle às atividades do aprendiz, estes ambientes são importantes, pois, permitem que o professor humano possa observar o comportamento natural do aluno diante de tarefas específicas, e refletir sobre sua aplicabilidade e sobre os efeitos cognitivos que podem ser causados por sua intervenção.

Os micromundos surgiram na década de 60, tendo como proposta central a aprendizagem pela ação, sob a perspectiva da construção do conhecimento, inspirados em trabalho de Piaget e Bruner. Foram inicialmente propostos pelo pesquisador Seymour Papert e sua equipe, no MIT, com o LOGO [WEN.87].

Caracterizavam-se pela articulação de um sistema formal e de um domínio fenomenológico. O sistema formal é constituído por objetos primitivos, operadores elementares e regras que definem como podem ser manipulados os objetos e os operadores. O domínio fenomenológico determina o tipo de *feedback* que o micromundo pode produzir como consequência das decisões e das ações do usuário [BAL.94].

O LOGO é um exemplo de protótipo de um micromundo capaz de fornecer ao aluno um conjunto de objetos elementares e de utensílios primitivos a partir dos quais se podem construir objetos cada vez mais complexos na medida em que o aluno evolui na sua exploração. O micromundo se desenvolve na medida da evolução do aluno. Nestes ambientes o computador funciona de forma passiva em relação às ações do aprendiz.

O sistema IMPART [SLE.82], utiliza a descoberta guiada para auxiliar o aprendiz somente nos estágios iniciais da aprendizagem da linguagem LISP. Nos

processos mais avançados, o aprendiz passa a ter maior liberdade na operacionalização do sistema.

Nestes ambientes, apesar da liberdade de ação do aprendiz em relação aos processos interativos, o resultado da aprendizagem pode estar longe do ideal proposto pelo professor, ou seja, o sistema não garante que o aluno possa atingir o desenvolvimento cognitivo esperado.

Sistemas como micromundo, podem possuir limitações de domínio fazendo com que o aluno mais interessado explore o ambiente rapidamente. Se o ambiente de descoberta proposto é muito complexo, o aluno pode sentir-se desestimulado por não conseguir atingir um objetivo claro.

2.4.3 ASA - Ambientes Sociais de Aprendizagem

Um Ambiente Social de Aprendizagem é um IIAC onde vários agentes com várias funções estão engajados em uma seqüência de protocolos de comunicação, podendo ser descrito como uma quádrupla (Ag, FCogn, FCom, Aap) [PAR.97]:

- (i.) **Ag** : Conjunto de agentes do sistema, que podem ser descritos em três níveis, de acordo com o grau de complexidade: reativos, de memória e cognitivos. Os Agentes Reativos são os mais simples, possuem um conjunto de regras que lhes permitem agir segundo condições específicas. Os Agentes de Memória consideram os estados do ambiente e o conteúdo de sua memória de ação. Os Agentes Cognitivos são mais complexos e representam o conhecimento, as hipóteses e as intenções.
- (ii.) **FCogn**: Conjunto de ferramentas cognitivas que os agentes podem usar.
- (iii.) **FCom**: Conjunto de ferramentas de comunicação.
- (iv.) **AAp**: Conjunto de atividades interativas para a aprendizagem, que serão realizadas pelo aprendiz juntamente com os outros agentes.

A abordagem multiagentes permitiu modelar de maneira mais adequada os fenômenos sociais da educação possibilitando a criação de agentes artificiais para elaboração de sistemas ASA, que são caracterizados pela capacidade para

desenvolvimento de tarefas colaborativas, cooperativas e competitivas. Neste contexto, os agentes artificiais apresentam as seguintes funções[PAR.97]:

- (i.) **Professor:** Está normalmente associado às atividades pedagógicas, pode assumir uma função mais diretiva inspirado na arquitetura dos tutores inteligentes ou menos diretiva, baseada nos sistemas por descoberta, mas permitindo atividades colaborativas.
 - (ii.) **Companheiro:** tem a função de participar das atividades juntamente com o aprendiz . Nestes casos o agente observar um especialista durante a resolução de problema, e posteriormente, aplicar técnicas de aprendizagem simbólica para aprender com este exemplo.
 - (iii.) **Concorrente Artificial:** tem a função de estimular a tarefa introduzindo processos competitivos. O argumento central da criação destes agentes é que "*a competição favorece a motivação e, conseqüentemente, desenvolve a aprendizagem*". Porém, deve-se levar em consideração as conseqüências negativas em caso de fracasso por parte do aprendiz humano. Geralmente, apresenta-se na forma de jogos simulando competições, como o sistema Contest-Kids[LAY.94].
 - (iv.) **Professor-Aluno:** tem função variável, podendo assumir sucessivamente as funções de aprendiz e professor. Sua concepção surgiu a partir das vantagens do processo de "aprender ensinando", onde as funções de aprendiz e professor podem se inverter. Embora os processos colaborativos sejam desconsiderados nesta abordagem, eles ocorrem pela troca de papéis entre professor e aluno.
 - (v.) **Colaborador:** tem a função de trabalhar as atividades de colaboração. Nestes sistemas não existe modelo de domínio, de aprendiz ou pedagógico, mas o sistema vai tentar obtê-los através das interações com o aprendiz. O aprendiz trata a colaboração como o diálogo com um companheiro e o raciocínio como um diálogo consigo mesmo. A estes agentes estão associados dois tipos de pesquisa: o estudo de mecanismos sociais para identificação de processos que permitam moldar a colaboração, e o estudo de ferramentas para colaboração com foco na construção de ferramentas de interface que sirvam de apoio aos processos colaborativos.
-

Embora os ambientes sociais de aprendizagem estejam bem próximos das teorias de aprendizagem atuais, ainda existem dificuldades em definir claramente a concepção dos agentes e distingui-los dos tutores inteligentes. Outra dificuldade encontrada nesta abordagem é o problema da memória, já que estes agentes precisam de uma estrutura de retenção de informação associada às interações e os resultados obtidos até então ainda são pouco convincentes[PAR.97].

2.5 Análise Comparativa dos Ambientes Interativos

Ao compararmos os ambientes interativos previamente descritos, podemos observar que os Ambientes Sociais de Aprendizagem permitem implementar o processo de aprendizagem de forma mais próxima ao processo natural de aquisição do conhecimento. Nestes sistemas o objetivo é criar ambientes onde pessoas aprendam utilizando o computador para ir além do ambiente de sala de aula. E, portanto, podem englobar aspectos dos sistemas tutores inteligentes e dos ambientes de descoberta. Micromundos com aplicações colaborativas podem permitir ao aprendiz explorar e desenvolver sua própria compreensão do ambiente

De forma geral, os ambientes que utilizam técnicas de inteligência artificial tentam mapear o raciocínio humano, buscando uma resposta ideal para o processo de aquisição de conhecimento no que se refere ao contexto educacional. Neste caso, o computador é visto como uma ferramenta que permite dar formas ao que parece invisível para o aprendiz, simulando situações que seriam impossíveis na vida real, criando ambientes de aprendizagem onde o aluno adquire conhecimento enquanto interage com o sistema. As técnicas de inteligência artificial são usadas para apoiar a aprendizagem, permitindo manter o traçado do raciocínio do aprendiz que será aplicado às estratégias futuras na solução de problemas.

Entretanto, o diferencial mais significativo em relação aos ASA, está na capacidade de proporcionar o desenvolvimento cognitivo mútuo entre os agentes humanos e simular o desenvolvimento cognitivo de agentes artificiais, viabilizando a aprendizagem colaborativa assistida por computador. Processos explicativos envolvendo negociação e argumentação (capítulo 1) são suportados por estes ambientes, sugerindo uma interatividade que se apóie na reflexão, assimilação e apropriação do conhecimento.

AIA	Proposta Pedagógica	Papel do Professor	Papel do Aluno	Interação	Representação do Domínio	Arquitetura	Efeito
IAC	Skinner "Máquina de Ensinar"	Transmissor do conhecimento	Memorizador do conhecimento	Limitada a Instruções pré-programadas Estática	Instrução Programada Programação de decisões	Conj. de fatos pré-estabelecidos, e Interface de comunicação	Saber Responder questões
STI	Behaviorista	Tutor ou guia da aprendizagem	Construtor do conhecimento	Controlada pelo sistema Adaptadas ao modelo do aprendiz	Programação do conhecimento Raciocínio mapeado	Mod. Aprendiz Mod. Pedagógico Mod. Domínio	Crescimento Cognitivo Individual Assimilação
SBD	Piaget, Bruner "Aprender pela ação" e automotivação	Observador e auxiliar no desenvolvimento das atividades	Descobridor do Conhecimento	Controlada pelo sistema durante atividades elementares	Programação do Conhecimento	Mod. Domínio e Interface	Crescimento Cognitivo Individual Incerto
ASA	Vygotsky "aprender pela interação social"	Colaborador Cooperador e Aprendiz	Aprendiz e colaborador ativo	Processos interativos (Explicação, negociação, etc.)	Conhecimento é Construído e em seguida codificado	Agentes Artificiais Fer. Cognitivas Fer. Comunicação Atividades de Aprendizagem	Crescimento Cognitivo mútuo Apropriação

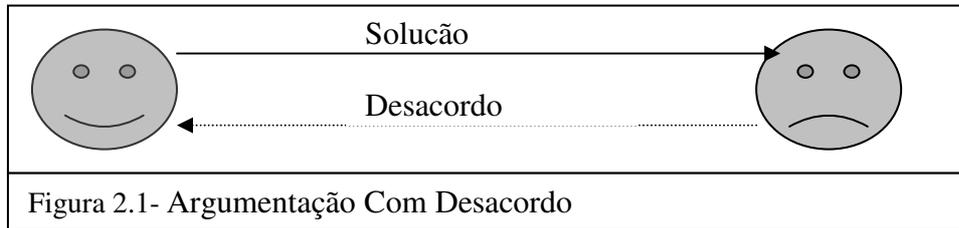
Tabela 2.1. Análise comparativa dos ambientes interativos de aprendizagem

2.6 ACAC – Aprendizagem Colaborativa Assistida por Computadores

A base da aprendizagem colaborativa está nos processos interativos (capítulo 1), como consequência da comunicação necessária entre os vários agentes envolvidos no sistema. O resultado desse diálogo existente nos processos interativos deve ser analisado visando sustentar conceitos como reflexão, assimilação e apropriação.

Alguns protocolos de colaboração foram descritos por Paraguaçu [PAR.97], para modelar formas de colaboração entre pares:

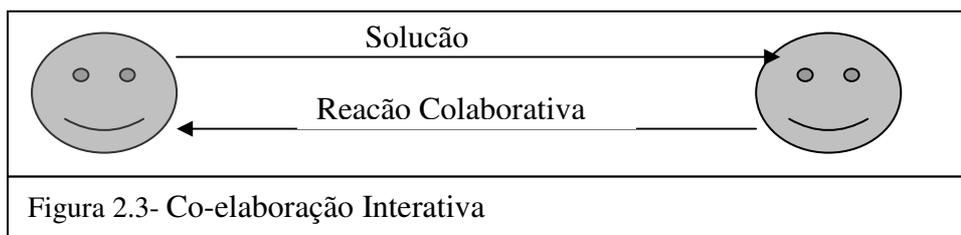
- *Argumentação Com Desacordo*: um agente faz uma proposição e o outro não concorda com a proposta e não propõe argumentação.



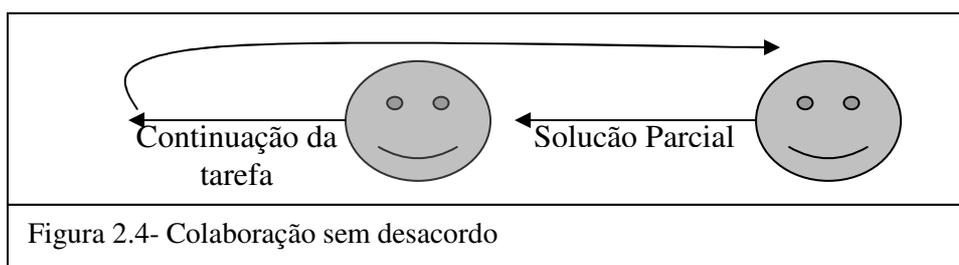
- *Confrontação com Desacordo Argumentado*: um agente faz uma proposição e o outro não concorda e propõe uma nova argumentação, justificada. Dando início a processos de negociação.



- *Co-elaboração Interativa*: Enquanto um agente elabora uma solução o outro agente pode lhe fornecer retroações para colaborar com seu processo de resolução.



- *Colaboração sem Desacordo*: Um agente inicia a atividade e o outro continua até que ele seja capaz de continuar por si só.



A inclusão de recursos computacionais na implementação de ambientes colaborativos de aprendizagem faz surgir questionamentos quanto às razões e ao papel ideal do computador neste contexto. Joiner et ali [DIL.99], descreveu três razões para se estudar ACAC:

1. Investigação de teorias de aprendizagem, baseadas em processos interativos, observando as relações entre a quantidade de conflitos e o ganho em aprendizagem, no que se refere às interações proporcionadas por recursos computacionais.
2. Criação de diretrizes para otimização do uso de computadores em atividades de grupo.
3. Identificação de ferramentas computacionais capazes de promover atividades colaborativas.

O papel dos computadores na aprendizagem colaborativa está relacionado ao estilo de colaboração. Este estilo está diretamente ligado aos benefícios educacionais esperados que por sua vez devem considerar as características do grupo e a natureza das tarefas. Basicamente, podemos verificar três estilos de colaboração: entre agentes humanos fora do contexto computacional apoiada por computadores, através do computador e entre agentes humanos e artificiais.

2.6.1 Colaboração Apoiada por Computadores

Neste caso o computador auxilia indiretamente em processos colaborativos que estarão ocorrendo fora do contexto computacional, o computador é usado como uma ferramenta de trabalho do grupo, porém os processos interativos não têm, necessariamente, a influência dos recursos computacionais (Fig.2.5).

Exemplos podem ser descritos por Anderson e Mayer [OMA.95], que observaram grupos trabalhando com o sistema StrathTutor, no intuito de analisar processos colaborativos entre os membros do grupo.

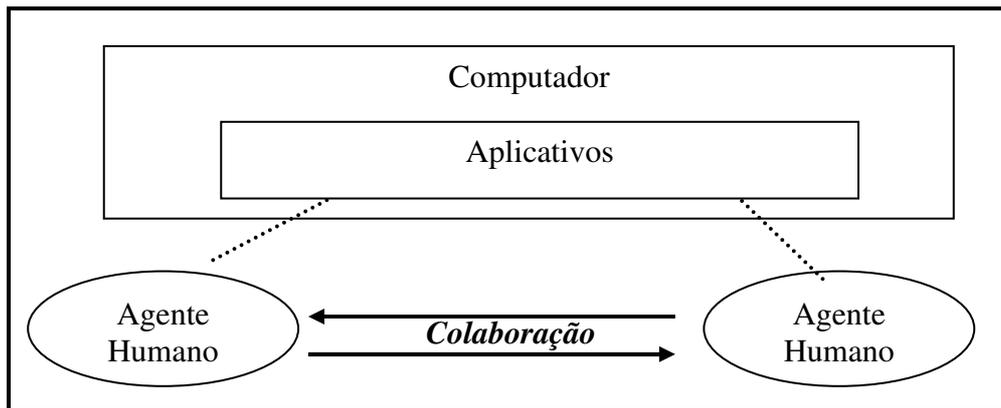


Figura 2.5 Colaboração Apoiada por Computadores

2.6.2 Colaboração Mediada por Interfaces de Comunicação

As interações entre agentes humanos são viabilizadas pela utilização de interfaces de comunicação disponibilizadas por recursos computacionais. Estas interfaces podem apresentar-se como:

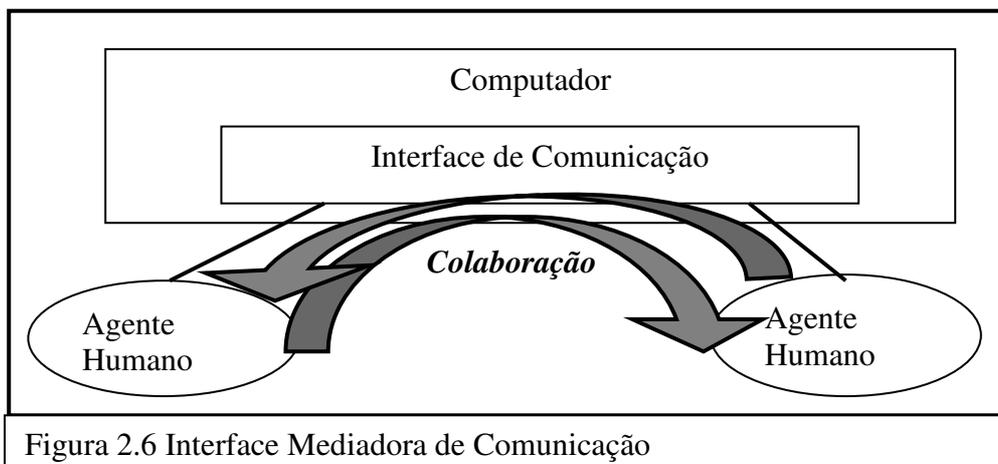
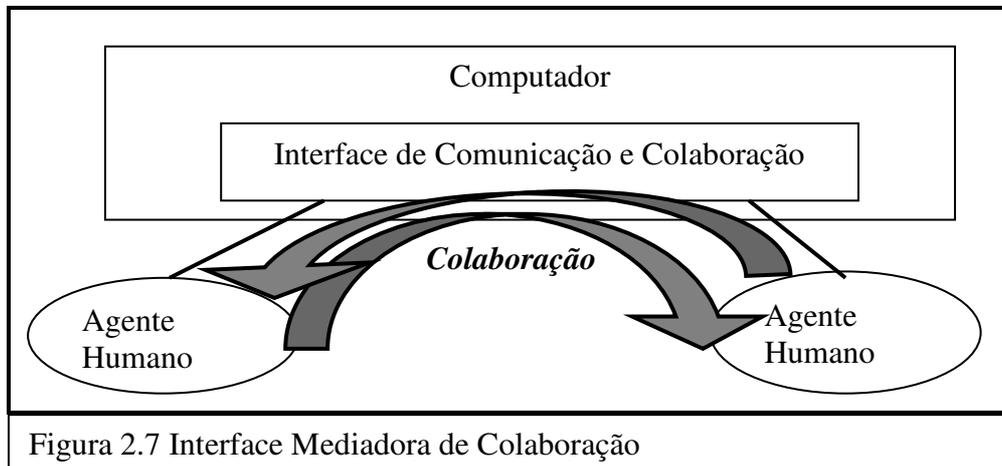


Figura 2.6 Interface Mediadora de Comunicação

Interface Mediadora de Comunicação: O computador apenas oferece um meio de comunicação entre colaboradores. A comunicação pode ocorrer de forma síncrona, através de recursos como conferências eletrônicas, *chat* e MUD (Multi-user domains), onde a comunicação ocorre "*online*"; ou de forma assíncrona através de correio eletrônico, BBS, newsgroup [JON.00]. Este tipo de colaboração sustenta ambientes de educação à distância, onde haja colaboração entre aprendizes. O computador oferece os recursos de comunicação necessários para permitir a comunicação entre pares, embora o domínio do problema não esteja mapeado pelo computador.

Riel [RIE.96], descreveu o uso dos recursos computacionais para auxílio na editoração de um jornal por alunos de uma sala de aula, como estimuladores para desenvolvimento de novas habilidades.



Interface Mediadora de Colaboração: Neste caso, as ferramentas de comunicação estão dispostas em um ambiente capaz de mediar e controlar a comunicação. Este ambiente descreve um espaço de trabalho colaborativo, compartilhado por aprendizes.

O C-Chene [DIL.99], é um sistema para aprendizagem colaborativa com ambiente projetado para ensinar modelagem gráfica e teórica de eletricidade. A tarefa dos aprendizes é construir um modelo de correntes elétricas, em conjunto com outros participantes. Uma interface colaborativa permite que alunos possam interagir "on-line", negociando quanto à distribuição e resolução de tarefas.

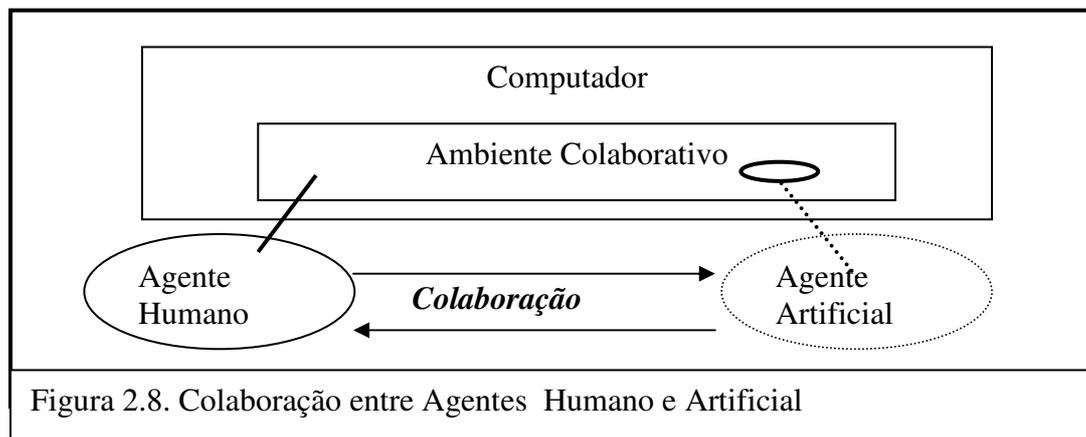
BOOTNAP [DIL.96b], é um sistema colaborativo que utiliza ambientes MOO (MUDs orientados a objeto) e quadros de comunicação, com objetivo de estudar os mecanismos pelos quais humanos constroem um diagnóstico mútuo e processos relevantes para tratamento de mal entendidos na comunicação

2.6.3 Colaboração entre Agente Humano e Agente Artificial

Este modelo é baseado em ambientes computacionais colaborativos, projetados para interagir com o aprendiz humano desempenhando tarefas colaborativas e simulando aspectos do mundo real (Fig.2.8). Para isso, o sistema deve ser capaz de manter processos interativos colaborativos.

Um agente artificial pode apresentar-se como um colaborador ou como um co-aprendiz colaborativo. O aprendiz humano pode ver o computador apenas como um micromundo ou como um micromundo e um parceiro ativo.

O sistema Integration-Kid [CHA.91], está baseado na aprendizagem (Aprendiz humano – Professor Artificial - Companheiro Artificial) onde ou o aprendiz ou o companheiro gerado pelo sistema será o responsável pela solução de um dado problema. No caso de nenhum dos dois conseguir resolver o problema, o professor interromperá para ajudar. A idéia é que o agente companheiro possa participar da aprendizagem juntamente com o aprendiz. Nestes sistemas o foco não está centrado na colaboração, embora ela possa ocorrer, pois a função do Agente Companheiro é aprender e não colaborar.



SHERLOCK [KAT.93], sistema de aprendizagem de falhas eletrônicas para aeronaves F-16 da força aérea americana. Incorporou o sistema Sherlock-II para aplicação do modelo de aprendizagem colaborativa. Após o estudante resolver uma falha eletrônica, ele diagnostica o problema em Sherlock-II. O sistema permite que o estudante reflita sobre o problema durante uma fase denominada "Reflective Follow

Up". Scherlock-II induz o estudante a aprimorar sua estratégia de solução do problema, criticar sua própria solução, exigindo explicação e sugerindo alternativas. Neste caso, o Agente Companheiro é implementado para aprender com o aprendiz humano e para estimular seu processo reflexivo.

PEOPLE POWER [DIL.92], sistema colaborativo, com enfoque em ciências políticas. O objetivo é fazer com que o aprendiz descubra os mecanismos que tornam um sistema eleitoral mais ou menos razoável. Possui quatro componentes: micromundo, interface entre aprendizes e o micromundo, um co-aprendiz, interface para comunicação entre os aprendizes.

MEMOLAB [DIL.94b], Ambiente de aprendizagem em psicologia experimental que ilustra a distribuição de regras entre vários agentes, com o intuito de construir experiências sobre a memória humana. O aprendiz soluciona os problemas interagindo com um agente colaborador e se apoiando em outro agente professor que monitora a interação.

2.7 ACAC em ambientes de Educação à Distância

Landim [LAN.97], relacionou várias definições para educação à distância. Uma delas define ED como: "uma estratégia educativa baseada na aplicação de tecnologia à aprendizagem, sem limitações de lugar e de tempo, implicando novos papéis para alunos e novos enfoques metodológicos"(Garcia Llamas).

Se juntarmos a esta definição o conceito de aprendizagem colaborativa e o uso de ferramentas computacionais, teremos um ambiente ACAC para educação à distância, com características próprias, resultante da organização de conceitos inerentes a cada abordagem, de forma a amenizar seus pontos negativos.

Um problema comum na educação à distância tradicional é a falta de oportunidades para diálogos, debates e atividades colaborativas, o que pode interferir na motivação e autoconfiança do aprendiz, uma vez que ele parece estar sozinho no processo de aprendizagem.

Sistemas computacionais podem surgir como interfaces mediadoras de comunicação. Estas novas tecnologias de informação baseadas em ambientes computacionais podem incrementar os benefícios da educação à distância, pois:

- (i.) Superam limites de tempo e espaço na comunicação entre colaboradores, permitindo contatos virtuais até então impossíveis na abordagem tradicional de educação à distância.
- (ii.) Permitem a manipulação da informação de forma conveniente ao aprendiz. Textos podem ser lidos ou enviados segundo critérios particulares a cada aprendiz, respeitando seu ritmo de aprendizagem e oferecendo tempo suficiente para que ele possa refletir sobre um problema, argumento ou questionamento.
- (iii.) Facilitam a comunicação entre grupos, auxiliando em atividades de auto ajuda, cooperação e colaboração, ou seja, estimulando o grupo de forma a manter a autoconfiança e a motivação dos aprendizes e facilitadores.
- (iv.) Levam ao desenvolvimento cognitivo, uma vez que colocam o aprendiz em um ambiente onde seus conceitos e pontos de vista serão confrontados com os demais participantes.

O grande benefício destes sistemas está em levar a aprendizagem colaborativa para além dos limites de uma sala de aula ou de um grupo restrito a um espaço físico. Por outro lado, o grande desafio está em criar um ambiente de fácil manipulação, pois embora sempre haja um público alvo para utilização do sistema, não se deve ignorar as questões sociais e culturais inerentes a cada aprendiz colaborador.

Estes ambientes devem especificar previamente os objetivos de aprendizagem a serem atingidos, e associar-lhes métodos pedagógicos e mídias relevantes. Cada meio de comunicação ou transmissão de informação tem suas funções específicas e devem ser organizados na composição do ambiente educacional.

2.8 O Computador como Ferramenta de Apoio Intelectual

Com a proliferação de microcomputadores para uso popular nos anos 80, as escolas e educadores inseriram o computador no currículo escolar. Porém, estavam mais preocupados em compreender seu funcionamento interno do que sua aplicabilidade.

Abordagens mais modernas concluíram que não há necessidade em se estudar uma ferramenta tão poderosa, como são os computadores, mas sim em estudar formas para o computador suportar as atividades humanas.

Jonassen [JON.00], distinguiu a aplicabilidade dos computadores em ferramentas de produtividade e ferramentas de apoio intelectual :

- Ferramentas de produtividade: o computador é visto como ferramenta para auxiliar estudantes e usuários na execução de um trabalho, tornando as tarefas mais produtivas. Exemplos são: processadores de texto, ferramentas CAD, etc.
- Ferramentas de Apoio Intelectual ou *Mindtool*: o computador é visto como uma ferramenta para criação de ambientes de aprendizagem, sendo desenvolvidas e adaptadas para apoiar o pensamento crítico e ordenar o processo de aprendizagem. O objetivo é aplicar os recursos computacionais deixando que o aprendiz se preocupe muito mais com o domínio em estudo do que com as ferramentas computacionais de auxílio.

Jonassen [JON.00], classificou as ferramentas intelectuais de acordo com sua aplicabilidade e descreveu como elas podem ser aplicadas como ferramentas de apoio intelectual (*mindtools*). A aplicabilidade destas ferramentas está relacionada ao papel da escola como formadora de massa crítica e estimuladora no processo de construção do conhecimento.

Estas ferramentas intelectuais representam uma nova abordagem para o aprendizado, onde os professores devem abrir mão de sua autoridade intelectual e os aprendizes devem assumir mais responsabilidade na construção de sua própria compreensão do domínio.

2.8.1 Ferramentas para Organização Semântica

Permitem que aprendizes organizem e representem visualmente a estrutura do seu conhecimento. Os Bancos de Dados, embora sejam desenvolvidos como ferramentas produtivas para facilitar o armazenamento de informações, quando usados para representar e inter-relacionar o que o aprendiz sabe sobre um domínio tornam-se ferramentas intelectuais. Pon [PON.84], Knight e Timmons [KNI.86], Handock e Goldsmith [HAN.92], descreveram aplicações de bancos de dados como ferramentas capazes de auxiliar no raciocínio, memorização e relacionamento de idéias.

Redes semânticas e mapas conceituais também permitem representações espaciais de conceitos e relacionamentos. Schreiber e Abegg [SCH.91], Briscoe e LeMaster [BRI.91] e Okebukola [OKE.92], descreveram aplicação de redes semânticas como ferramentas de integração e reflexão para construção de estruturas cognitivas. Ferry [FER.96], relatou a sua aplicação no planejamento de aulas e apresentações.

2.8.2 Ferramentas para Modelagem Dinâmica

Estas ferramentas são capazes de representar como as idéias são dinamicamente relacionadas. Relacionamentos dinâmicos são causais, ou seja, uma ação leva a execução de uma ou mais ações.

Planilhas eletrônicas são ferramentas versáteis para identificação, manipulação e visualização de informações quantitativas entre entidades e para simulação de fenômenos quantitativos do mundo real. Planilhas eletrônicas foram usadas por [JON.00]:

- Dubitsky [DUB.88], para compreensão numérica, enquanto ajudava na solução de problemas com divisores;
 - Edwards [EDW.89], para mostrar relacionamentos multiplicativos em matemática elementar;
 - Misovich e Biasca [MIS.90], para solução de problemas complexos em química, como análise de gases, envolvendo variáveis como volume, pressão umidade, temperatura e combustão;
 - Mills e Jackson [MIL.97] para análise da taxa crescimento microbiano.
-

Sistemas Especialistas são programas que utilizam técnicas de inteligência artificial para simular a forma como seres humanos resolvem problemas. Podem ser usados como ferramentas intelectuais quando produzem conselhos e *feedback*, permitem a modelagem do raciocínio e simulam o desenvolvimento cognitivo[JON.00].

Lai [LAI.89], relatou que quando estudantes de enfermagem envolvem-se em sistemas especialistas de diagnóstico médico, adquirem um conhecimento mais profundo sobre o domínio estudado. Estudo similar foi feito por Knox-Quinn [KNO.92] com alunos de MBA (Master Business Administration).

Micromundos podem compartilhar características importantes como várias representações de um mesmo fenômeno e resposta imediata às ações do aprendiz. Através de simulações é possível mostrar como um objeto se comporta quando manipulado no ambiente. Jonassen [JON.00], descreve alguns micromundos como o *Interactive Physics*, onde o aprendiz pode construir sua interpretação de fenômenos Newtonianos. O *SimCalc* e *MathWorld* permitem a exploração e simulação da movimentação de objetos; e o *Geometric Supposer* é usado para fazer testar conjecturas na construção de formas geométricas.

2.8.3 Ferramentas de Interpretação

Ferramentas de Interpretação ajudam a compreender a informação que o aprendiz encontrou enquanto construía sua base de conhecimento, ou seja, facilita a compreensão das idéias encontradas.

Ferramentas para busca intencional de informações suportam a aprendizagem intencional. Os aprendizes têm um propósito específico em mente quando estão procurando informações na Internet: enquanto estão tentando alcançar o objetivo, estão expressando uma intenção. Ao articular esta informação de forma coerente é muito provável que ele seja bem sucedido na busca e se beneficie dela. Dentre estas ferramentas estão os mecanismos de busca na Internet, como AltaVista.

Ferramentas de visualização ajudam a interpretar e representar idéias e automatizar processos manuais de criação de imagem. Podem ajudar na compreensão de textos e conceitos abstratos. O projeto CoVIs [EDE.96] , descreve uma ferramenta que

permite a colaboração entre alunos, professores e cientistas. Snir [SNI.95], descreve a importância de ferramentas de visualização para corrigir mal entendidos.

2.8.4 Ferramentas para Construção do Conhecimento

São ferramentas utilizadas para construção de ambientes educacionais ou representações de um conhecimento, tais como: multimídia, hipertexto e editor de páginas *Web*. A multimídia é uma ferramenta importante, pois permite integrar texto, imagem e som em uma representação multiforme, estimulando simultaneamente, mais de um sentido da percepção humana.

A hipermídia surge como a junção de multimídia e hipertexto, permitindo que o aprendiz possa construir uma interpretação própria do mundo [JON.00]. Hays et ali [HAY.93], descobriram que experiências com construção de hipermídia deixam o aprendiz mais entusiasmado e seguro de seu conhecimento. Spoehr [SPO.95], mostrou que estudantes que constroem hipermídia desenvolvem habilidade para organizar mais rapidamente seu próprio conhecimento.

2.8.5 Ferramentas de Comunicação

São ferramentas capazes de permitir o discurso social, ou seja, o diálogo entre aprendizes ajudando na construção colaborativa do conhecimento. A comunicação síncrona permite a participação de alunos em tempo real entre comunidades distantes sendo fator fundamental na implementação de processos interativos de negociação.

A comunicação assíncrona oferece independência de tempo e espaço, o aprendiz pode executar sua tarefa quando lhe for conveniente. Conflitos excessivos podem ser evitados por não caracterizar uma comunicação face-a-face, estimulando a participação do aprendiz mais introvertido e reflexivo.

2.9 Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Schank [SCH.97], questiona a eficácia dos métodos tradicionais de ensino e treinamento, ressaltando que a aprendizagem real só ocorre quando é permitido ao aprendiz vivenciar suas habilidades.

Ambientes virtuais baseados em simulações permitem a criação de sistemas que, bem projetados, são capazes de conduzir um processo de aprendizagem natural de tentativa e erro. Com liberdade para errar, o aprendiz sente-se menos constrangido, pois seus atos não inferem conseqüências reais, ao mesmo tempo em que vai se conscientizando das causas e conseqüências de seus atos, caracterizando o desenvolvimento cognitivo.

Entretanto, é essencial que ambientes virtuais sigam critérios de desenvolvimento, é necessário uma visão clara do objetivo a ser atingido ou das habilidades a serem desenvolvidas. É fundamental mapear previamente as ações e reações referentes ao domínio em um esquema de regras (base de regras).

Ambientes virtuais devem estar preparados para aceitar ações do aprendiz, reconhecendo, deduzindo ou inferindo suas falhas, ao mesmo tempo em que oferece explicações coerentes. E finalmente, as simulações devem ocorrer segundo padrões reais de comportamento sem caracterizar tendenciosidade.

Embora não possamos garantir que os objetivos finais sejam atingidos, pois vão depender do grau de comprometimento e envolvimento de cada elemento do grupo, ambientes virtuais de aprendizagem permitem [SCH.97]:

- (i.) a sociabilidade, gerando ou mantendo laços sociais entre os indivíduos de um grupo;
 - (ii.) a comunicação multidirecional efetiva entre pares, onde todos podem falar com todos de forma autônoma e com níveis de censura e etiqueta previamente acordados pelo grupo;
 - (iii.) registro (gravação) e acesso aos conteúdos publicados e discutidos pelo grupo;
 - (iv.) liberdade de acesso em tempo e espaço mais convenientes aos aprendizes, respeitando o ritmo e potencial individual dos aprendizes; e
 - (v.) compartilhamento de idéias e interesses em um grupo.
-

2.10 Conclusão

Em relação ao controle sobre os processos interativos observa-se uma evolução em direção a maior autonomia do aprendiz frente às novas propostas pedagógicas. Nos sistemas IACs, os processos interativos são bastante limitados e totalmente controlados pelo sistema, os IIACs oferecem maior autonomia ao aprendiz .

ACAC permitem o tratamento de conflitos através da implementação dos processos colaborativos (capítulo1). Discussões e questionamentos permitem aos elementos do grupo construir uma solução conjunta do problema, que inicialmente não poderia ser resolvido por nenhum aprendiz. A construção do conhecimento surge através da junção de habilidades complementares.

A utilização de recursos computacionais na implementação de ambientes virtuais oferece ao usuário a oportunidade de aprender a partir de seus erros, concretizando ainda mais o processo de aprendizagem.

3. Inteligência Artificial Distribuída e Agentes Pedagógicos

3.1 Introdução

Durante as últimas décadas, os computadores vêm sendo usados como ferramentas sofisticadas no aprimoramento das habilidades humanas, tais como cálculo e memorização. Pesquisas em IA tem se dirigido para o desenvolvimento de *software* que simulem características inteligentes dos seres humanos como raciocínio, comunicação em linguagem natural e a aprendizagem [MOU.96].

A implementação de redes de computadores foi um grande passo no desenvolvimento de sociedades computacionais, visto que, a colaboração entre indivíduos necessita que estas ligações sejam estabelecidas e usadas eficientemente.

Este capítulo visa apresentar uma visão geral das áreas de estudo em Inteligência Artificial Distribuída e como suas técnicas tem colaborado para implementação de sistemas sociais, baseados no comportamento, raciocínio, cooperação e colaboração em sociedades computacionais de agentes artificiais e humanos. Apresenta, também, a noção de agentes pedagógicos e sua importância no desenvolvimento cognitivo do usuário imerso em ambientes de aprendizagem interativos de aprendizagem.

3.2 Inteligência Artificial Distribuída

A Inteligência Artificial Distribuída – IAD, é um subcampo da IA que tem investigado tanto modelos de conhecimento quanto as técnicas de raciocínio e comunicação necessários para implementação de sociedades formadas por computadores (agentes computacionais) e pessoas [MOU.96]. Estes estudos são voltados para situações onde vários sistemas interagem para solucionar um problema em comum.

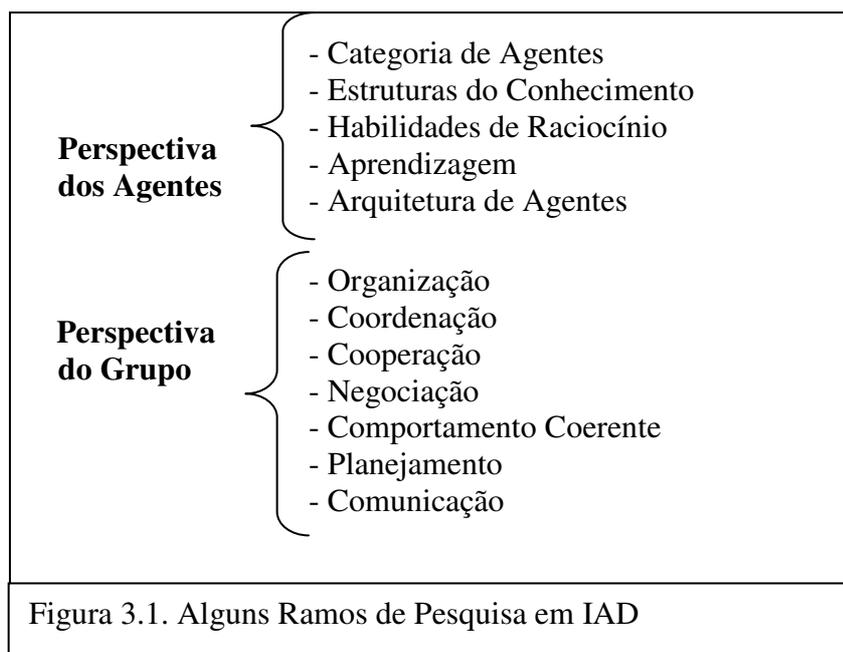
Gasser [GAS.91], afirmou que a IAD é capaz de ater-se à compreensão e à modelagem de ações e do conhecimento em aplicações colaborativas. Subdivide-se em duas áreas: Resolução Distribuída de Problemas – RDP (Distributed

Problem Resolution –DPS) e Sistemas Multiagentes – SMA (Multiagent Systems – MAS) [BON.88].

O RDP faz referência à forma como as tarefas de solução de um determinado problema podem ser divididas entre um número de módulos (ou nós) que cooperam, dividindo e compartilhando o conhecimento sobre o problema e sobre o desenvolvimento de suas soluções. Todas as estratégias de interação tendem a ser incorporadas como parte integral do sistema.

Pesquisas em SMA estão preocupadas com o comportamento de uma coleção de agentes que procuram a solução de um dado problema. Durfee [DUR.89], definiu o SMA como uma rede de solucionadores de problema que trabalham juntos na solução de problemas que estão além de suas capacidades individuais. Estes solucionadores de problema, chamados agentes, são autônomos e podem ser heterogêneos (capacidade de solucionar vários níveis de um problema).

A IAD traz novas perspectivas para representação do conhecimento e resolução de problemas, proporcionando formulações científicas ricas e representações mais realísticas. Abrange um vasto campo de pesquisa, que pode ser estudado sobre várias perspectivas [MOU.96] (Figura 3.1).



3.3 Perspectiva do Agente

Em SMA, é possível descrever as características dos agentes em relação à: categoria dos agentes, estruturas de conhecimento, formas de raciocínio, habilidades de aprendizagem e arquitetura [MOU.96].

3.3.1 Categoria de Agentes

Em [OHA.96], encontramos uma categorização para os agentes em função de sua capacidade de representar suas habilidades, descrevendo agentes reativos, cognitivos, intencionais e sociais. Um agente reativo, não é capaz de raciocinar sobre suas intenções [MOU.96], e age através de estímulo e resposta de acordo com o comportamento atual de seu ambiente, seguindo padrões simples de comportamento que podem ser facilmente implementados [FER.96]

Agentes cognitivos são movidos por intenções, ou seja, por regras que conduzem seu comportamento e o fazem capaz de decidir sobre que ação executar [FER.96]. São intencionais se seu raciocínio envolver suas próprias intenções e crenças para criar planos de ação e executar estes planos [HAD.96]. São capazes de selecionar seus objetivos de acordo com sua motivação, raciocinar sobre estes objetivos (detectando e resolvendo conflitos e coincidências de metas), selecionar e criar planos (escalonando ações), detectar conflitos entre planos, executar e rever planos, se necessário.

Um agente social é um agente cognitivo capaz de possuir também modelos dos outros agentes do ambiente, sendo capaz de manter estes modelos, raciocinar sobre eles para tomar decisões e criar planos. Sua sofisticação está relacionada à complexidade do modelo dos agentes que ele consegue representar [MOU.96].

3.3.2 Estruturas e Manutenção do Conhecimento

Em SMA, os agentes podem ser caracterizados em função da representação das estruturas de conhecimento: fatos (sistemas especialistas) ou crenças (sistemas de planejamento), metas e intenções, preferências, motivações, desejos. Um agente pode

adquirir novos fatos ou crenças como resultado de mensagens recebidas de outros agentes e do ambiente. Estas mensagens são denominadas atos do discurso [SER.69].

Cohen [COH.79], considerou os agentes como sistemas de planejamento capazes de manter uma estrutura com suas crenças e metas, bem como as crenças relacionadas a outros agentes. Allen [ALL.83], sugeriu uma máquina de inferência capaz de inferir metas e planos a partir das características dos atos de discurso e aplicou esta abordagem para modelar o comportamento cooperativo de agentes em diálogos.

Shoham [SHO.93], propôs uma abordagem para agentes chamada programação orientada à agente, analógica à programação orientada a objetos, onde os estados do agente consistem de componentes chamados crenças, escolhas e capacidade.

Em SMA, um agente possui uma visão parcial do problema e da situação, portanto é necessário um mecanismo capaz de manter a consistência de sua base de conhecimento e rever crenças quando adquire um novo conhecimento contraditório. Trabalhos nesta direção podem ser vistos em [GAL.91], [GAS.91] e [HUH.91].

3.3.3 Habilidades de Raciocínio e Aprendizagem

Um agente cognitivo precisa raciocinar sob vários aspectos: tempo, permissões, obrigações, hipóteses e interdições antes de tomar uma decisão. Porém, além do raciocínio sobre seus próprios desejos, intenções e crenças, ele precisa raciocinar em relação ao conhecimento e comportamento do outro agente. Isto permite mudar comportamento e crenças de ambos agentes[MOU.96].

Galliers [GAL.91], descreveu estratégias para permitir que agentes racionais mudassem suas crenças durante interações em conversações. Lizotte e Moulin [LIZ.90], introduziram a esta perspectiva a noção de espaços de decisão de forma a ligar conceitos de metas e crenças.

Pollack [POL.87] [POL.90], propôs um modelo para reconhecimento de planos, no qual não seria necessário modelar o planejamento do outro agente a fim de verificar sua validade, mas sim observar de forma precisa o porquê de certas preferências na

escolha de soluções. Alguns pesquisadores exploraram o impacto de falácias no raciocínio [GMY.92] [ZLO.90].

Um agente pode precisar se adaptar a seu ambiente ou ao comportamento de outro agente. Huhns [HUH.87], apresentou um sistema de recuperação de informação, no qual os agentes compartilham tanto o conhecimento quanto às tarefas, cooperando na entrega de documentos ao usuário (projeto MINDS).

Weiss [WEI.93], mostrou como vários agentes podem coordenar suas ações de tal forma que eles possam resolver tarefas juntos. Duas limitações puderam ser observadas: o limite de incompatibilidade, diferentes ações podem ser mutuamente exclusivas; e o limite de informação local, onde cada agente sabe um pouco sobre seu ambiente.

Basicamente, um agente irá adquirir conhecimento de quatro maneiras [MAE.94]:

- i.) "Olhando sobre os ombros do usuário", ou seja, observando a forma como o usuário executa suas ações. Assim, consegue encontrar regularidades e padrões em suas ações, podendo então, oferecer formas de automatizá-las.
 - ii.) Usando *feedback* direto e indireto. Um *feedback* indireto acontece quando o usuário não aceita uma sugestão do agente e executa uma ação diferente. Já um *feedback* direto ocorre quando o usuário dá respostas explícitas às ações do agente, como "Não faça isso novamente" ou "Gostei do artigo sugerido".
 - iii.) O agente aprende através de exemplos explícitos fornecidos pelo usuário. O usuário pode treinar o agente dando exemplos hipotéticos de eventos e situações e dizendo o que o agente deve fazer em tais casos. O agente então registra as ações, trilha relacionamentos entre objetos, e muda sua base de exemplos para incorporar o novo exemplo sendo especificado.
 - iv.) O agente adquire maiores conhecimentos pedindo conselhos a agentes que ajudam outros usuários, os quais realizam atividades semelhantes. Se um agente não sabe que ação tomar em uma certa situação, pode apresentá-la a outros agentes e pedir sugestões.
-

3.3.4 Arquitetura do Agente

Segundo as categorias de agentes (seção 3.3.1.), os mais sofisticados são os agentes sociais. Moulin e Chaib-Draa [MOU.96], apresentaram uma arquitetura geral para agentes sociais (Figura 3.2) baseada nos trabalhos de Bond e Gasser [BON.92], com o propósito de por em discussão as principais funções relacionadas a um agente em ambientes SMA.

As funções são ativadas graças a uma agenda de coordenação de atividades (A4). As setas de ponta dupla mostram a ligação de cada função com a Agenda A4, ou com o grupo ao qual ela pertence.

O conhecimento ou crenças que o agente possui sobre seu ambiente, sobre outros agentes e sobre si mesmo é particionada em bases de conhecimento ou mundos (A3), e são usados pelas funções do agente. Além disso, o agente pode inferir sobre as intenções (A13) e planos (A12) dos outros agentes. Para tomar decisão e planejar seu comportamento, um agente usa seu conhecimento (regras) sobre suas metas (espaço de decisão - A5, é uma rede de metas pré-determinadas), as ações e planos que podem ser usados (espaço de ação – A7, é uma rede de planos pré determinados) e os recursos disponíveis (A19) .

A função de percepção (F1) recebe uma mensagem de seu ambiente ou de outro agente. A informação percebida (A1) é interpretada e categorizada pela função F2, usando regras de uma base de conhecimento para interpretação e categorização (A2), segundo crenças e modelos da base de conhecimento A3.

Se for necessário, a função F3 é ativada para viabilizar o raciocínio sobre crenças e modelos de outros agentes (A3). Esta função pode usar meta-regras para raciocinar sobre suas crenças (A14), sobre a base de regras que modelam o ambiente do agente (A16) e sobre o comportamento prévio ou hipotético de outros agentes (A15). A função F3, é responsável por estratégias de raciocínio hipotético e pode ser usada para inferir as intenções(A13) e planos (A12) de outros agentes.

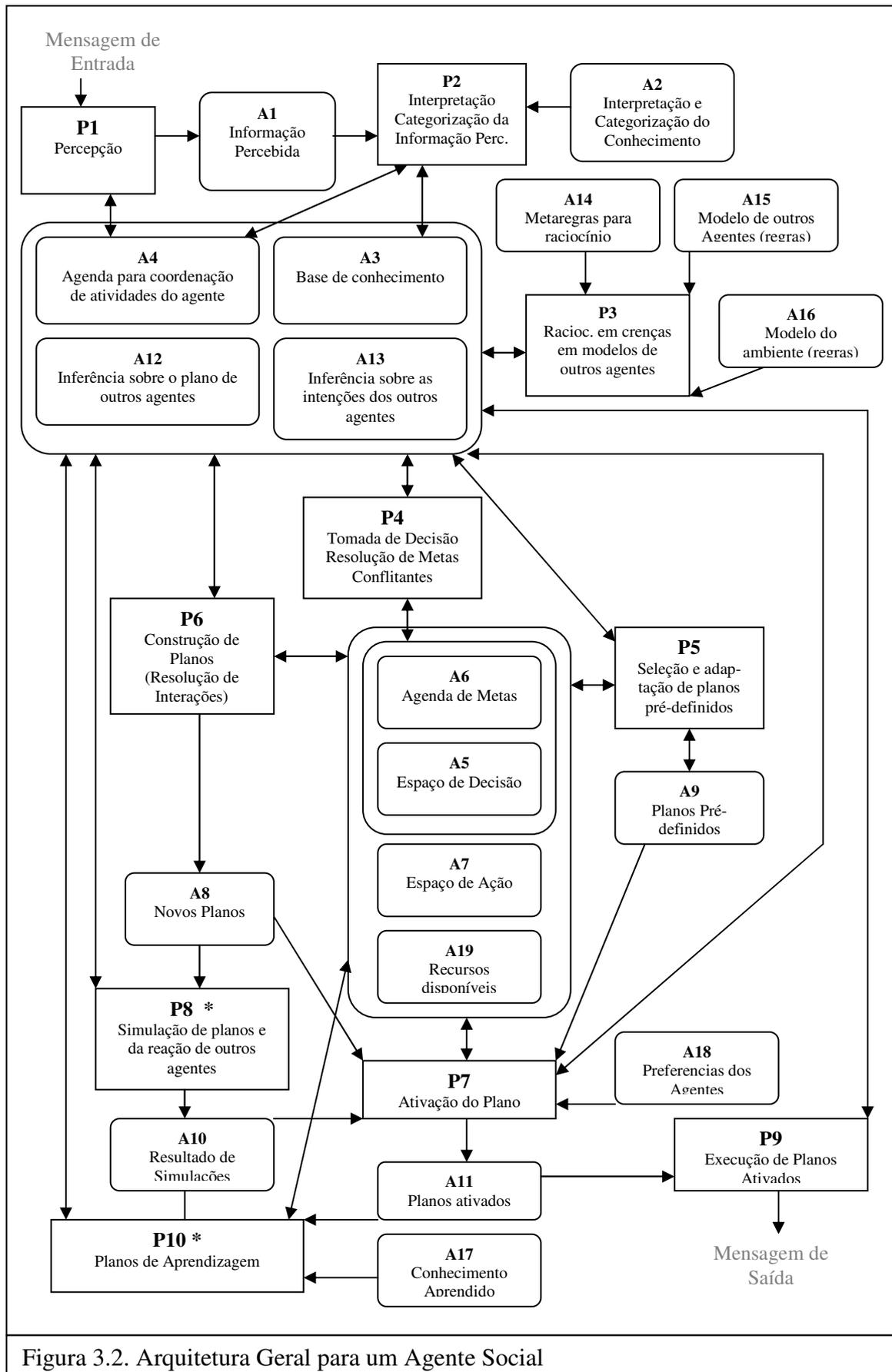


Figura 3.2. Arquitetura Geral para um Agente Social

A função F4 é responsável por selecionar, a partir do espaço de decisão (A5), as metas que o agente pode tentar alcançar, dado o estado corrente de suas crenças (A3) e as intenções dos outros agentes (A13). As metas selecionadas são colocadas em uma agenda de metas (A6). Esta função deve ser capaz de resolver problemas de conflito entre metas.

A função F5 a partir do espaço de ação, tenta selecionar um plano predefinido (A9) que poderá ser usado para atingir a meta em questão. Se não houver um plano preferido, A função F6 é ativada a fim de construir um novo plano (A8). Esta função também é responsável por resolver conflitos entre planos, baseando-se nos recursos disponíveis (A19).

A função F8 é responsável pela simulação de novos planos (A8), levando em consideração A3, A12 e A13. Permite criar mundos hipotéticos em A3, que serão usados para gravar os efeitos das simulações, além de avaliar o resultado das simulações (A10). A função F7 visa escolher os planos a serem ativados (A11), considerando as preferências dos agentes (A18) e os resultados das simulações (A10). Em F9, são executados os planos ativados (A11), podendo ocorrer mudanças na base de conhecimento A3. Uma mensagem é enviada ao ambiente ou a outro agente.

A função F10 faz um estudo do conhecimento ou heurística (A17), para analisar os planos ativados (A11) e suas conseqüências na base de conhecimento do agente (A3, A12, A13), simulando resultados (A10). Se forem bem sucedidas, F10 inclui novos planos no espaço de ação (A7) e novas metas no espaço de decisão (A5).

Várias arquiteturas vêm sendo propostas para descrever agentes em ambientes de IAD. Bouron [BOU.91] propôs um modelo de agente que considerava o comportamento social do agente. Alguns pesquisadores apresentaram arquiteturas usando sistemas de quadro-negro ("*blackboard*") [NII.86a/b] [LES.83] [HUH.87], Ferguson [FER.92] apresentou uma arquitetura multicamada para controle de agentes autônomos móveis, capaz de fazer o agente reagir a mudanças inesperadas no ambiente.

3.4 Perspectiva do Grupo

Esta abordagem visa juntar os elementos que caracterizam um grupo de agentes. Alguns aspectos serão observados considerando a estrutura e a organização do grupo, a coordenação de atividades e a interação entre agentes.

3.4.1 Estrutura e Organização de Grupos de Agentes

Uma estrutura envolve um padrão de informações e relacionamentos existentes entre agentes, e a distribuição das capacidades de resolução de problemas entre eles. Em ambientes cooperativos, por exemplo, a estrutura define uma visão de como o grupo solucionará os problemas e as funções de cada agente.

A estrutura especifica funções e relacionamentos adequados para garantir três condições básicas [COR.83]:

- i.) Qualquer parte de um problema deve relacionar-se a capacidade de resolução de pelo menos um agente;
- ii.) Os agentes devem interagir, garantindo a conectividade entre eles durante a execução de suas tarefas;
- iii.) É preciso garantir a execução de tarefas e a interação entre agentes levando-se em conta as limitações dos recursos computacionais e de comunicação, bem como a especificações de segurança do grupo.

Uma organização é definida como um conjunto de agentes com mutualidade de comprometerimentos, crenças e intenções, que agem em conjunto para atingir um dado objetivo.

Malone [MAL.90], propôs um estudo sobre organizações de grupos afirmando que um grupo de agentes é uma organização se eles estiverem conectados de alguma forma (sistemática) e suas atividades combinadas resultam em algo melhor do que se eles não estivessem conectados.

Dentro desta perspectiva, uma organização deve consistir de: um grupo de agentes, um conjunto de atividades a serem executadas por estes agentes, um conjunto

de conexões entre agentes e um conjunto de metas a serem atingidas pela combinação das atividades dos agentes.

Vários pesquisadores descreveram organizações de agentes em sistemas IAD, a grande maioria inspirou-se nas ciências sociais e organizacionais:

- i.) Malone [MAL.90] analisou diferentes formas de segmentação e coordenação de tarefas entre agentes.
- ii.) Werner [WER.89] desenvolveu uma teoria de comunicação, cooperação e estrutura social como base para sistemas de agentes que se comportam como um grupo social.
- iii.) Star [STA.89] trabalhou com uma estrutura de soluções mal construídas. E afirmou que o desenvolvimento da IAD deveria basear-se na análise social e não psicológica.

Para descrever grupos de agentes trabalhando colaborativamente, foi apresentada a noção de "*joint intention*", unindo os membros do grupo em ações conjuntas. Esta abordagem foi vista por Jennings e Mamdani [JEN.92], como uma descrição de como agentes cooperantes podem se comportar quando estão engajados em resolver problemas de forma colaborativa.

3.4.2 Coordenação, Cooperação e Planejamento

Três processos fundamentais de coordenação podem ser observados [MIN.79]: ajuste mútuo, supervisão direta e padronização. O ajuste mútuo ocorre quando dois ou mais agentes concordam em compartilhar recursos para atingir metas comuns. Neste caso nenhum agente tem controle prévio sobre os demais, e as tomadas de decisão são processos executados em conjunto.

A supervisão direta ocorre quando dois ou mais agentes já haviam estabelecido um relacionamento onde um agente tem algum controle sobre os outros. Este relacionamento pode ser estabelecido através de ajuste mútuo. A padronização, estabelece procedimentos padrões a serem seguidos por subordinados em situações específicas.

Bond [BON.89] examinou o problema do raciocínio colaborativo, onde sistemas inteligentes cooperavam na produção de um propósito comum, com intuito de avaliar a cooperação entre agentes.

[DEC.87] descreveu a cooperação total como um processo que ocorre quando agentes são capazes de resolver problemas dependentes, neste caso o custo de comunicação é alto. Estes agentes podem mudar suas metas para favorecer outros agentes e assegurar a coesão e estrutura de coordenação.

A cooperação total é aplicada na resolução de problemas, cooperativos e distribuídos (CDPS–Cooperative Distributed Problem-Solving) [DUR.89], onde agentes trabalham juntos para solucionar problemas que estão além de suas capacidades individuais. Neste caso os processos de negociação são fundamentais.

O planejamento é o processo de criação de planos de ação para os agentes, podendo ser [MOU.96]:

- i.) Centralizado, onde um agente é responsável por construir o plano de cada agente do grupo. Esta abordagem foi escolhida por Cammarata [CAM.83], para o sistema de controle de tráfego aéreo, onde os agentes inicialmente negociavam para escolher um coordenador entre eles.
- ii.) Distribuído, quando as tarefas de planejamento são divididas entre os agentes do grupo. Esta abordagem é usada quando não existe um agente com visão geral das atividades do grupo e pode ser orientada em relação às tarefas ou aos processos de coordenação [MAR.92].
- iii.) Parcial, proposto por Durfee e Lesser [DUR.87], onde os agentes constroem planos locais e compartilham com os demais. Esta abordagem permite intercalar planejamento e execução de tarefas, além de possibilitar alterações no planejamento prévio em consideração de ações ou resultados inesperados.

3.4.3 Negociação

Durfee [DUR.89] define negociação como o processo que viabiliza concordâncias, reduzindo inconsistências e incertezas, em pontos de vista comuns, através da troca de informações relevantes.

Sistemas colaborativos possuem negociação em diversas dimensões. Neste caso, os processos de negociação não estão relacionados somente a solução de conflitos, mas, principalmente, nos aspectos de mutualidade e acordos entre agente. A negociação pode ocorrer em três níveis [DIL.96b]: comunicação (compreensão de diálogos), tarefa (estratégias de resolução de problemas) e manutenção de processos interativos (coordenação, percepção).

Dillenbourg [DIL.96b], descreve a colaboração como uma forma específica de cooperação síncrona em interações onde a negociação ocorre simultaneamente nos três níveis acima. Ou seja, os agentes estão coordenando suas atividades para resolução de problema, desenvolvendo compreensão compartilhada e construindo a solução de problemas.

A negociação pode ser analisada em sete dimensões, que caracterizam "o que" e "como" será negociado [DIL.96b]:

1. Modo de negociação. Dois agentes podem negociar através de troca de mensagens (modo de discussão), ou por ações executadas na tarefa (modo de ação). Estes dois modos correspondem respectivamente às interfaces, agente-agente e tarefa-agente.
 2. Objeto de negociação. Dois agentes podem negociar qual será o próximo passo a ser executado (negociando ação), o conhecimento relacionado a suas decisões (negociando conhecimento), como representar este conhecimento (negociando representações), e a forma de interação (negociando interações).
 3. Grau de Simetria. O projetista do sistema deve definir se os agentes (humanos e artificiais) terão interfaces de ações e possibilidades de interações em escala simétrica, ou seja, se eles terão capacidades simétricas para negociar modo e objetos.
 4. Grau de Complexidade. Refere-se à complexidade das interações suportadas pelos agentes. Em sistemas de baixa complexidade, pelo menos três modos de diálogo devem existir em sua forma mais simples: Oferta, Aceitação e Rejeição. Um grande número de interações pode ser baseada nestes modos dentro das estratégias de refinamento mútuo e argumentação .
-

5. Grau de Flexibilidade. Consiste, basicamente, do grau de liberdade de cada agente para realizar ou não diferentes modos de diálogo. Por exemplo, até onde poderão ser levadas as discussões ou limitando a relevância do objeto de negociação.
6. Grau de Sistematização. Um agente é sistemático se todas as atitudes e informações relevantes são comunicadas em todas as ocasiões onde elas são necessárias. Descreve a sinceridade, a falsidade e eficácia do agente.
7. Grau de Evidência. Consiste de interações funcionais (usuário-sistema) e intencionais (usuário-autor). Em interações funcionais as interfaces podem ser usadas de forma direta ou indireta, uma resposta do sistema pode ser considerada uma oferta, a ser negociada ou uma questão encerrada. A interação intencional consiste em verificar se o objetivo da interação do projetista e do usuário são os mesmos.

3.4.4 Comunicação e Interação

Agentes podem interagir tanto através de comunicações como ações que mudem o ambiente de ação. Em IAD as soluções possíveis para o problema da comunicação variam desde a falta de comunicação até altos níveis de sofisticadas formas de comunicação [BON.92]:

- i.) Ausência de Comunicação ou Comunicação Primitiva. Algumas vezes um agente infere racionalmente os planos de outro agente, sem que haja comunicação entre eles [GEN.86], [ROS.86]; neste caso o custo computacional é alto em situações que envolvam muitos agentes e o raciocínio se torna difícil quando o agente se preocupa em especular o comportamento dos demais. Para compensar a fragilidade da comunicação, é importante que se tenha um mecanismo de raciocínio mais complexo. A comunicação primitiva é restrita a um conjunto pré-fixado de sinais e interpretações [HOA.78]. Porém, o número restrito de sinais disponíveis torna limitada a cooperação entre agentes.
 - ii.) Transmissão de Mensagens e Planejamentos. Na transmissão de planejamento, os agentes enviam reciprocamente seu plano de ação completo, o plano que chegar primeiro é aceito. O maior problema desta abordagem está na dificuldade
-

em lidar com o mundo real, pois existirá uma grande quantidade de incertezas sobre a situação atual e futura do ambiente. A comunicação através de transmissão de mensagem viabiliza procedimentos de controle e cooperação em DAI. Alguns trabalhos utilizando esta abordagem podem ser encontrados em [LES.81], [CAM.83] e [DUR.85].

- iii.) Quadros de Mensagem –Blackboard. É um modelo baseado em uma memória compartilhada, muito usado em IA (exemplos podem ser vistos em [NIL.86a], [COR.86] e [CHA.87]). Nestes repositórios é possível escrever mensagens, expor resultados parciais e obter informações.
- iv.) Comunicações de Alto Nível, envolvem a compreensão de linguagem natural [COE.90], e o estudo de intenções inerentes ao diálogo [ALL.86], [LIT.90].
- v.) Interações Homem-Máquina. Estas interações devem garantir que os sistemas sejam eficientemente explorados pelo usuário. Chang [CHA.87], por exemplo, definiu Sistemas Participantes como ambientes computacionais de suporte a tarefas colaborativas entre várias pessoas distribuídas em diferentes locais. SMA podem ser usados para incrementar as perspectivas do trabalho em grupo, que pode ser considerado como um conjunto de pessoas e computadores que colaboram na resolução de problemas comuns ou para alcançar um objetivo comum.

3.5 Agentes Autônomos

Agentes são considerados autônomos quando não dependem dos objetivos de outros agentes. Possuem propósitos que são gerados por eles próprios em vez de adotados de outro agente. Estes propósitos originam-se de motivações definidas como desejos ou preferências e podem levar à geração e adaptação de objetivos.

Um agente é mais autônomo se ele executa tarefas locais, sem interferência de operações externas (autonomia de execução), se ele pode escolher quando e com quem se comunicar (autonomia de comunicação), e se ele é capaz de se auto-organizar em subprocessos hierárquicos, seriais e paralelos (autonomia estrutural) [BIR.93].

Johnson [JON.99] definiu agentes autônomos como sistemas capazes de executar tarefas e atingir objetivos em ambientes complexos e dinâmicos, interagindo e colaborando com outros agentes.

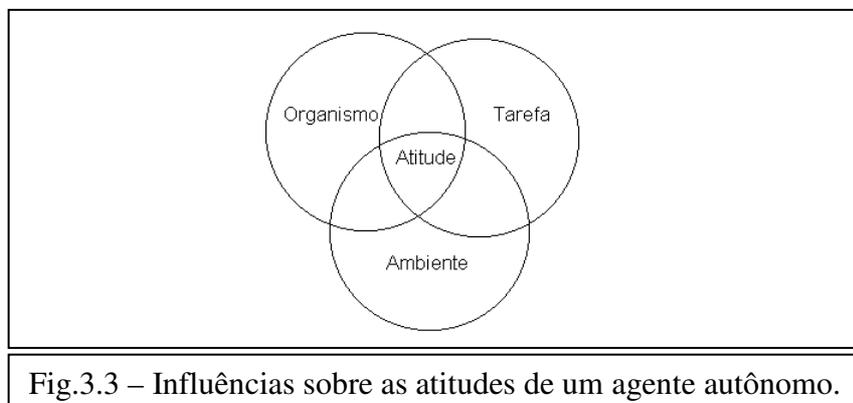


Fig.3.3 – Influências sobre as atitudes de um agente autônomo.

Maes [MAE.90] afirmou que estas arquiteturas devem enfatizar um acoplamento maior e mais direto entre ação e percepção. A descentralização deve ocorrer em todos os níveis, devendo existir uma interação dinâmica com o ambiente e um mecanismo interno para superar as limitações e incompletudes do conhecimento.

A conduta de um agente autônomo é determinada pela interação de três fatores: o ambiente em que o agente opera, a tarefa para a qual ele é desenvolvido a executar, e o desenvolvimento do agente propriamente dito. A interação entre a tarefa, o organismo e o ambiente de um agente autônomo determinam sua atitude ou comportamento (figura.3.3).

3.6 Sistemas de Informação Inteligentes e Colaborativos

Sistemas de informação inteligentes e colaborativos surgiram nos anos 90, com o intuito de promover formas de cooperação e inteligência, de forma que permitisse aos agentes interagir para trabalhar em conjunto na resolução de problemas.

Um sistema de informação é considerado inteligente quando ele incorpora mecanismos de raciocínio [BRO.92]. A inteligência pode ser usada para aumentar a qualidade das interações e a funcionalidade dos sistemas de forma a:

- Explicar aspectos do comportamento do sistema;
- Raciocinar sobre os resultados computacionais;

- Apresentar respostas condicionais ou hipotéticas baseadas na existência de eventos futuros ou suposições envolvendo informações incompletas;
- Combinar meta-informações (repositórios) com informações simples de forma efetiva;
- Apresentar suas habilidades de forma mais clara e efetiva ao usuário final

A inteligência pode ser adicionada a mecanismos internos destes sistemas de forma a incrementar sua funcionalidade e performance, alguns exemplos são:

- Aumento da capacidade de raciocínio ou tomada de decisões, devido às características similares a dos sistemas especialistas e de suporte à decisão;
- Comportamento reativo (orientado a eventos);
- Manutenção da integridade em consequência de regras ativas;
- Suporte a formas não dedutivas de inferência (indução de regras e obstáculos);
- Suporte a não-determinismo, permitindo que os sistemas possam escolher qualquer uma das várias opções para uma dada tarefa;
- Suporte para raciocínio baseado em casos, onde a informação é estruturada de acordo com casos anteriores;
- Suporte para formas de introspecção (raciocínio sobre meta-conhecimento).

Dillenbourg [DIL.96a] afirmou que a Inteligência Artificial Distribuída está mais direcionada para o problema cooperativo do que para a aprendizagem colaborativa. Porém sugere que o efeito cognitivo do ambientes colaborativos de aprendizagem não ocorrem como consequência da divisão de trabalho (proposta nos sistemas IAD), mas no fato de permitir alcançar a compreensão mútua, de forma que os agentes trabalhem colaborativamente, caracterizando um sistema cognitivo único.

É estranho que as pesquisas em IAD, não façam referência direta aos trabalhos de Vygotsky, tendo em vista que processos de negociação, objeto de estudo em IAD, são pontos fundamentais para a regulação - tema central da teoria sociocultural.

Nos sistemas MEMOLAB, KANT, C_CHENE, BOOTNAP e People Power, pode-se observar descrições distintas quanto ao processo de negociação que foram implementados utilizando técnicas de IAD [DIL.96b]. Processos de explicação, diagnóstico, planejamento e adaptação, são exemplificados por Dillenbourg [DIL.94], com objetivo de mostrar a importância destas técnicas no suporte a interação entre o sistema e o aprendiz

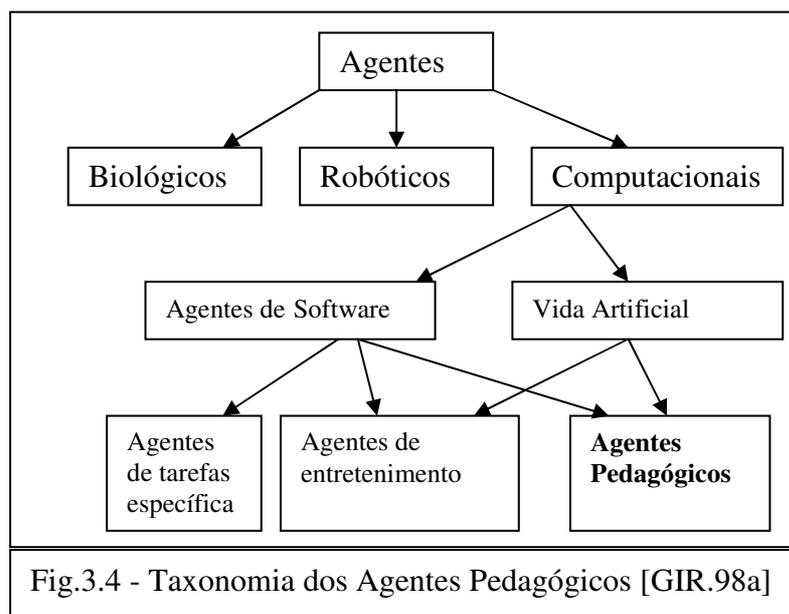
3.7 Agentes Pedagógicos

Agentes pedagógicos são agentes autônomos utilizados na concepção de ambientes de aprendizagem, projetados para suportar a interação com estudantes de modo a facilitar seu aprendizado [CAS.99] [JOH.00a] [JOH.00b]. Tem a característica de se mostrarem aprendiz como personagens quase vivos, induzindo respostas afetivas e motivacionais [BER.00].

Agentes pedagógicos surgem trazendo uma nova perspectiva para aprendizagem *online*, podendo adaptar suas interações às necessidades do aprendiz e ao atual estado do ambiente de aprendizagem, ajudando os estudantes a superar suas dificuldades e aproveitando oportunidades de aprendizagem [JOH.00a]. Casas [CAS.99], apresentou em seu trabalho um esquema gráfico, proposto por Giraffa [GIR.98a], para classificar a noção de Agentes Pedagógicos (Figura 3.4).

Giraffa [GIR.98b], descreveu uma classificação para os agentes pedagógicos como: Tutores, destinados ao ensino dirigido ao aluno; Assistentes, colaboram com a aprendizagem do aluno; Agentes na Web, destinados a uma aplicação de ensino a Internet; e Agentes Mistos, que ensinam e aprendem.

Johnson [JOH.00b], descreveu duas grandes vantagens destes agentes em relação aos trabalhos desenvolvidos anteriormente para ambientes de aprendizagem: aumento do canal de comunicação entre aprendiz e sistema e a capacidade de despertar motivação no aprendiz, tendo em vista que seus processos interativos simulam a presença de um companheiro de atividades, capaz de compartilhar e expressar emoções.



Agentes Pedagógicos são capazes de integrar ações e instruções, interagindo com o aprendiz e com outros agentes, ao mesmo tempo em que permitem "feedback" contínuo enquanto agem. Podem ser projetados na forma de personagens animados capazes de demonstrar respostas semióticas semelhantes a um referencial humano e colocaram em discussão os processos interativos existentes entre o agente humano e os sistemas computacionais, dentro do contexto da aprendizagem social [LES.00].

Por serem agentes autônomos, devem exibir um comportamento coerente em ambientes ricos e imprevisíveis, coordenando seu comportamento ao dos demais agentes, optando entre alternativas distintas e respondendo a vários estímulos do ambiente. Seu comportamento está relacionado tanto com o ambiente quanto com o aprendiz, que possui um comportamento imprevisível por natureza [JOH.00b].

Esta complexidade de relacionamentos torna essencial a existência de aspectos adicionais para os agentes pedagógicos, nem sempre necessários aos demais agentes. É necessário que ele tenha o conhecimento das tarefas e habilidades que são objetivos da aprendizagem [JOH.00a].

Agentes pedagógicos devem possuir um conjunto normativo de metas, planos para execução destas metas, e recursos associados nos ambientes de aprendizagem [CAS.99].

Um agente pedagógico animado pode se inserir em diálogos contínuos com o estudante, e imitar aspectos variados do diálogo entre agentes humanos. É essencial que estes agentes tenham características físicas capazes de aparentar vida própria e comportamento coerente com a função desempenhada. Fisionomias que aparentem confiança, simpatia e atenção são fundamentais para auxiliar na naturalidade das interações, isto impõe mais um relacionamento entre a ação desempenhada e a expressão aparente no agente [LES.97], [JOH.00a].

Estes agentes compartilham técnicas inerentes aos Sistemas Tutores Inteligentes e de Ambientes Interativos de Aprendizagem, que incluem raciocínio sobre conhecimento do domínio do problema, modelagem e adaptação do conhecimento do aprendiz, escolha de estratégias pedagógicas e manutenção do diálogo coerente [JOH.00b].

3.7.1 Necessidades Interativas de um Agente Pedagógico

Johnson [JOH.00], descreveu características inerentes às interações dos Agentes Pedagógicos em relação aos processos explicativos:

- i.) Demonstração Explicativa, é preciso demonstrar ao aprendiz como resolver problemas e executar tarefas. Como processos de demonstração não tornam clara a compreensão do ambiente como um todo, é essencial que ocorram processos explicativos simultâneos à demonstração, onde o agente pedagógico possa esclarecer sobre a tarefa e suas conseqüências no ambiente.
 - ii.) Monitoramento Explicativo, para que o aprendiz possa sentir liberdade na manipulação dos processos explicativos sob várias perspectivas, é preciso que a qualquer instante ele possa solicitar ajuda ou interromper uma demonstração e dar prosseguimento na tarefa. Este comportamento exige que o agente pedagógico seja capaz de rastrear e compreender o desenvolvimento das atividades, intenções e conhecimento do aprendiz e os estados do ambiente.
 - iii.) Validação. O sistema deve permitir questionamentos verificativos, com o objetivo de validar o nível de compreensão do aprendiz em relação a uma tarefa; e avaliativos para verificar a eficácia da aprendizagem. Estes questionamentos servem de orientação ao agente pedagógico no acompanhamento do desenvolvimento do aprendiz.
-

- iv.) Ensino oportunístico, que permite aos agentes pedagógicos aproveitar oportunidades, durante a solução de um problema, para apresentar novos conceitos e práticas. Os agentes pedagógicos devem ser capazes de gerar processos explicativos quando necessário, seja por solicitação do aprendiz ou para ajudar quando existir a suspeita de mal entendidos e erros.
- v.) Respostas Emotivas: característica dos Agentes Pedagógicos em representar comportamentos emotivos através de expressões faciais e corporais, motivando e aliviando frustrações do aprendiz ao parecer compartilhar seus sentimentos.

3.7.2 Abordagens Comportamentais

Considerando a complexidade dos processos interativos existentes em um agente pedagógico, é essencial que ele possua uma arquitetura robusta capaz de permitir a integração dos recursos do sistema. São fundamentais considerar a interface existente entre o Agente e seu ambiente, e sua habilidade em perceber ações e efetivar modificações tanto no ambiente quanto no agente.

Projetar o comportamento do agente pedagógico requer a construção de blocos comportamentais a partir dos quais o comportamento do agente será gerado e o desenvolvimento de um código para selecionar e combinar os blocos em resposta a uma situação dinamicamente desvelada. Em relação à animação dos agentes, Johnson [JOH.00a], descreveu três abordagens:

- (i.) ***Seqüência Comportamental***, os comportamentos são reunidos em uma coleção de animações pré-gravadas incluindo som, imagens e fala. Estas mídias primitivas são organizadas em espaços de comportamento. A animação é criada por uma máquina de seqüenciamento comportamental responsável por montar uma seqüência de movimentos que dará vida à animação. Estes dispositivos também devem ser capazes de escolher espaços de comportamento coerentes.
 - (ii.) ***Gerador em Camadas*** gera animação em tempo real em vez de juntá-las em uma biblioteca de elementos multimídia. Esta arquitetura deve ser dividida em camadas de *tomada de decisão cognitiva* e *camadas de percepção* responsáveis por monitorar o ambiente e gerar animações. O componente perceptivo fornece
-

e recebe informações sobre as quais constantemente avalia o estado do ambiente, tomando decisões sobre as ações que o agente deve executar.

(iii.) *Compilador de Sequências* compõe primitivas de animações como na sequência comportamental, porém permitindo adaptação ao comportamento do agente em tempo real. As primitivas consistem de frames de animação e sequências de imagens ininterruptas, que são executadas a partir de um estado de máquina, o que permite a adaptação da ação do aprendiz e do cenário em tempo de execução.

A habilidade em reagir a eventos inesperados e manipular interrupções sem que se comprometa a coerência comportamental é um ponto crucial para os agentes pedagógicos. Portanto devem manter pelo menos três contextos [JOH.00b]:

- Pedagógico: envolvem as metas instrucionais e o modelo do conhecimento do aprendiz.
- Tarefa: representa os estados dos agentes durante a solução do problema, incluindo os objetivos das tarefas, o estado atual do ambiente e as ações necessárias para completar a tarefa.
- Diálogo: representa os estados das interações entre aprendiz e agente pedagógico. Podendo incluir informações como: empilhamento das tarefas e subtarefas de forma hierárquica, as ações que envolvem atualmente agente e aprendiz, o mapa de suas interações na execução da tarefa corrente (ex.: o agente pode ter explicado que fazer, porém nem ele nem o aprendiz o fizeram), um registro para informar quem é responsável pela solução da tarefa corrente, a última resposta do agente e as ações tomadas pelo agente e aprendiz.

A fidelidade e confiabilidade dos agentes pedagógicos estão relacionadas principalmente ao sistema de controle do comportamento, responsável por gerar os comportamentos em resposta às ações do aprendiz. Alguns artifícios podem ser observados para incrementar estes processos:

- Durante a solução de tarefas, os agentes devem permanecer ativos, continuando a exibir um comportamento que indica sua atenção aos eventos que ocorrem no ambiente.
 - O controle do impacto visual causado pela movimentação do agente deve garantir que a atenção do aprendiz não será desviada do objetivo cognitivo.
-

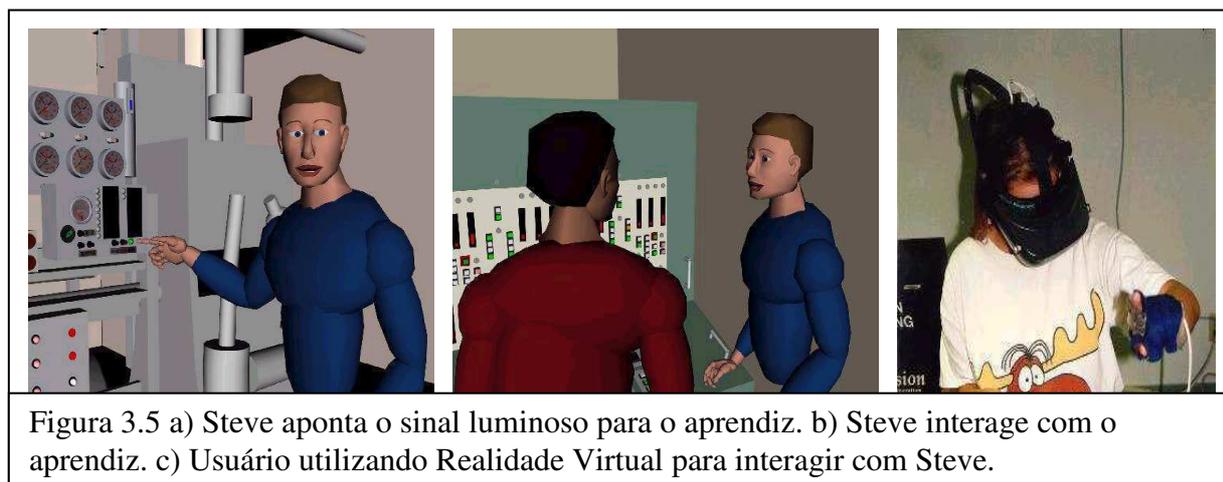
- A criação de vários padrões de comportamento pode garantir que o usuário não ache o sistema simples e monótono.

3.7.3 Projetos de Ambientes de Aprendizagem Com Agentes Pedagógicos

O Instituto de Ciência da Informação da Universidade da Carolina do Sul, através do CATRE (Center for Advanced Research in Tecnology for Education), desenvolveu dois agentes pedagógicos: Steve (Soar Training Expert for Virtual Environments) e Adele (Agent for Distance Learning - Ligth edition).

Na Universidade Estadual da Carolina do Norte, através do laboratório de Multimídia, foram desenvolvidos também dois agentes pedagógicos: Herman "the Bug" e Cosmo. A Universidade de Saarbrücken, na Alemanha, vem desenvolvendo pesquisas baseadas no agente PPP Persona[AND.99].

Steve é um protótipo avançado projetado para interagir com estudantes em ambientes virtuais de imersão, e foi aplicado em tarefas para treinamento naval tais como operação dos motores de navios da marinha dos EUA. Combina um visor 3D, um software interativo, um software de simulação e um software para geração e reconhecimento da fala, produzindo um ambiente virtual rico. Possui capacidade demonstrativa integrando demonstração e explicação.



A arquitetura de Steve é baseada na abordagem de camadas e possui três módulos: percepção, cognição e controle. A interface de percepção é robusta, pois o agente consegue localizar o posicionamento do aprendiz no ambiente e referenciá-los através de movimentos e expressões faciais.

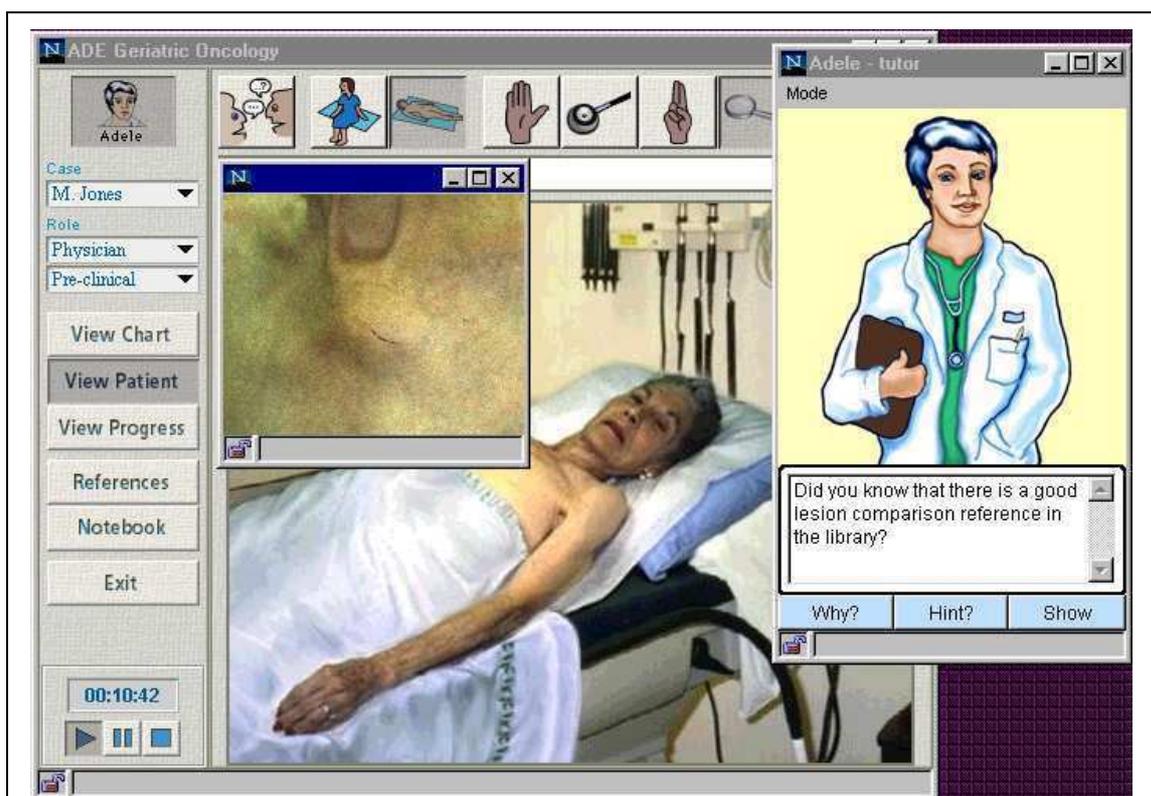


Figura 3.6 Adele acompanha o aprendiz durante uma consulta a uma paciente

Adele foi projetada para plataformas desktop, com interfaces convencionais, de forma a ampliar a aplicabilidade dos agentes pedagógicos sendo implementada para ser utilizada por estudantes de medicina e odontologia. Adele é um agente pedagógico animado em 2D, o sistema é executado a partir de um ambiente baseado em *web* implementado em Java. Interage com os alunos trilhando a aprendizagem de acordo com o trabalho do aluno durante os exercícios de simulação.

Adele adapta sua apresentação de acordo com a necessidade do aprendiz, fornecendo dicas e argumentos capazes de guiar e avaliar ações possibilitando questionamentos verificativos e avaliativos.

Herman - "*the Bug*", atua em um ambiente de aprendizagem onde a criança interage na criação de uma planta tendo em vista o cenário escolhido. O objetivo é criar uma planta adaptada aos aspectos geográficos apresentados no cenário. O Agente Pedagógico observa a ação do aprendiz e sugere dicas ou fornece explicações.



Durante o processo explicativo, Herman executa ações predefinidas, o que descreve uma arquitetura baseada em sequências comportamentais. Seu comportamento é descrito por 30 animações e 160 trechos de discurso. Além de uma biblioteca de trilhas sonoras que compõem dinamicamente as atividades do agente.

Como as tarefas do Agente Herman são centradas no apoio à construção de uma solução, ele mantém um modelo da tarefa que inclui o conhecimento sobre os limites da atividade, as subtarefas que o aprendiz está executando e o histórico de suas decisões anteriores.

Cosmo [TOW.98], fornece apoio na solução de problemas envolvendo protocolos Internet, o aprendiz interage enquanto aprende sobre mecanismos de roteamento e topologias de redes. Cosmo foi projetado para estudar a combinação dinâmica de gestos, movimentos e fala enquanto auxilia na resolução de problemas.

Utiliza desenvolvimento de programas baseados em regras para controlar e gerenciar os processos pedagógico e explicativo. Para isto, possui três componentes: lista de fatos, base de conhecimento e uma máquina de inferência [ELL.97]. Sua arquitetura é descrita em três componentes: Gerenciador de Interações, Planejamento Pedagógico e Planejamento de Explicativo [ELL.97].

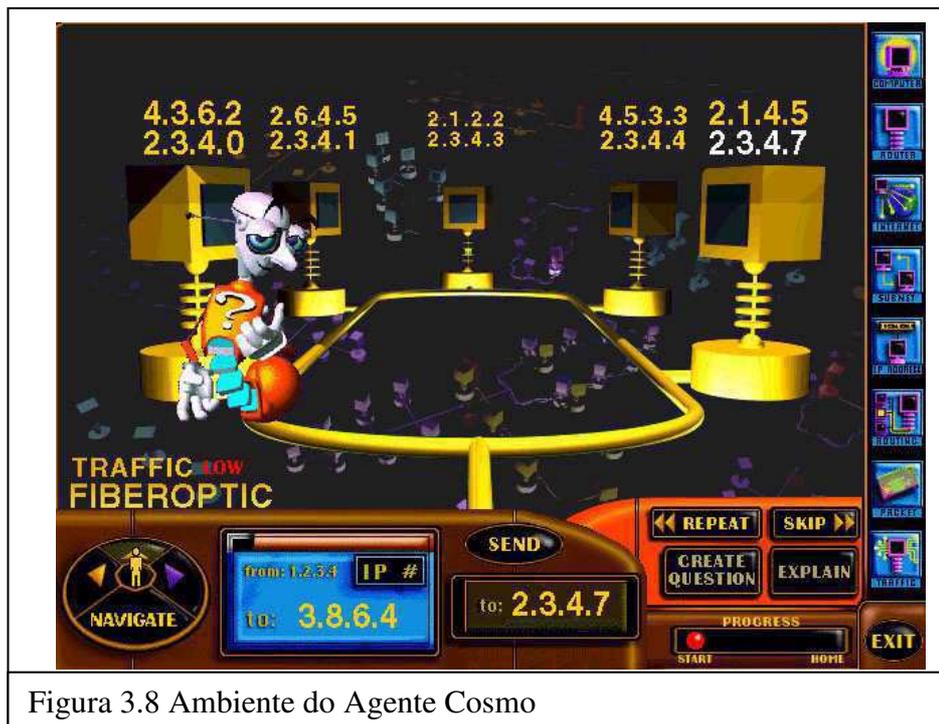


Figura 3.8 Ambiente do Agente Cosmo

André, Rist, and Müller [AND.99] do DFKI (the German Research Center for Artificial Intelligence) desenvolveram um agente animado capaz de oferecer instruções *on-line*, chamado PPP Persona, guiando o aprendiz em documentos baseados em Web.

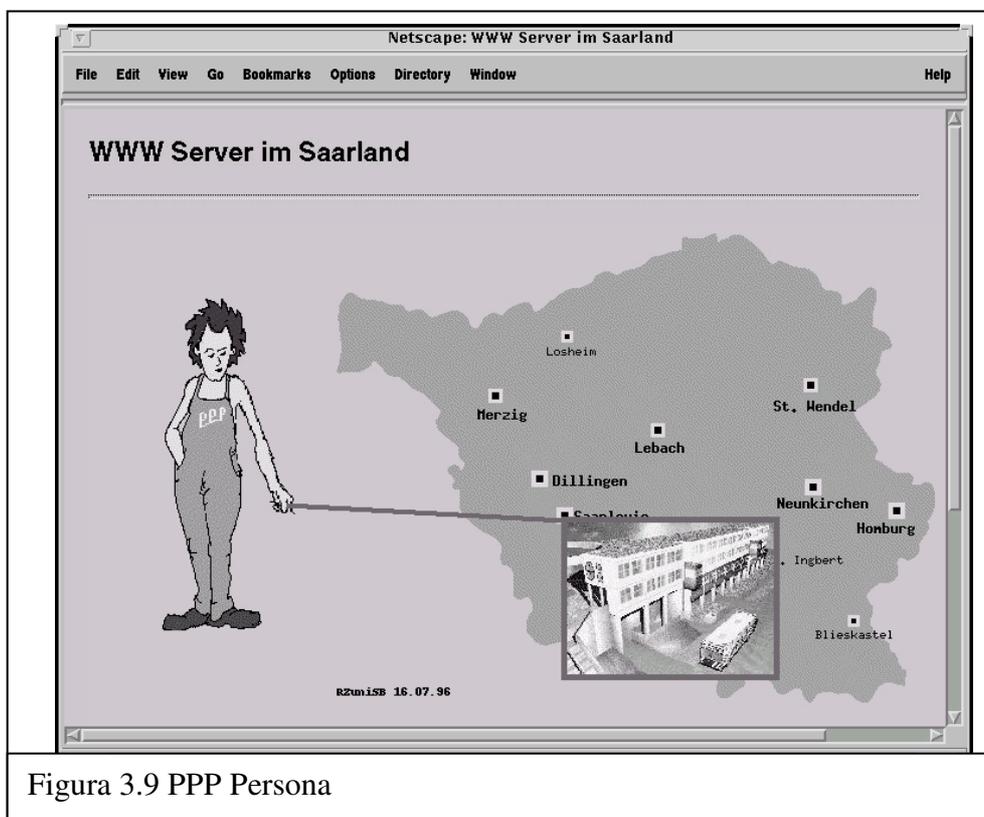


Figura 3.9 PPP Persona

O sistema é capaz de gerar planejamentos para apresentações multimídia que o agente irá apresentar. O agente Pedagógico pode executar o planejamento de forma adaptativa, fazendo modificações em tempo real de acordo com as ações do usuário.

PPP Persona, utilizá-se da abordagem de seqüência comportamental, porém com capacidade para gerar ponteiros dinamicamente, associando uma imagem do agente a um ponteiro que é desenhado da mão do agente até a entidade referenciada.

3.7.4 Resultados Empíricos

Muitos pesquisadores estão engajados na implementação de Agentes Pedagógicos em sistemas de aprendizagem e podemos observar que a base de suas pesquisas está no fato de que estes agentes sejam capazes de estimular processos motivacionais, visto que o aprendiz encontra no agente um companheiro capaz de auxiliar e compartilhar desafios e expectativas.

Porém, é possível observar que os Agentes Pedagógicos desenvolvidos até então, têm uma história recente e ainda não atingiram o potencial idealizado. Processos interativos precisam ser incrementados para que possam sustentar processos comunicação mais complexos que se assemelhem às relações interpessoais. Outro fator crítico para implementação destes agentes está centrado nas limitações tecnológicas, principalmente no que se refere ao armazenamento e gerenciamento de imagens e a sincronização de mídias, em tempo real.

Foram descritos estudos iniciais para analisar os efeitos e a eficácia dos Agentes Pedagógicos em ambientes de aprendizagem [JOH.00b],[LES.97], desenvolvidos principalmente com os agentes Herman e PPP Persona. Após aplicações de pré e pós-testes, variando mídias de interação, níveis de ajuda e observando execução tarefas com e sem a assistência dos agentes, foi possível descrever alguns resultados preliminares, embora muito ainda deva ser estudado nesta direção:

- i) Sobre as críticas que sugerem que os agentes pedagógicos animados tendem a desviar a atenção do aprendiz em relação ao processo de aprendizagem, foi observado durante os pré e pós testes que quando o agente é bem projetado e

reside em um cenário também bem projetado, são verificados bons resultados no desenvolvimento cognitivo do aprendiz.

- ii)* Agentes mais expressivos, com capacidade para empregar recursos visuais e verbais e auxiliar em diversos níveis de solução do problema, também conduzem a um melhor aproveitamento no processo de aprendizagem.
- iii)* Quanto maior a complexidade das tarefas maior os benefícios da utilização de Agentes Pedagógicos.

3.7.5 Integrando Agentes Pedagógicos e WEB

A Web tem se tornado uma ótima opção para cursos on-line, por outro lado, estes sistemas tendem a ser impessoais e com habilidades limitadas para adaptar e responder ao usuário. Agentes pedagógicos que integrem recursos Web são bem vindos tanto por sua ampla faixa de atuação (cursos e materiais explicativos) quanto pelo fato de incrementarem processos interativos.

A grande dificuldade destes ambientes está em conciliar a natureza dinâmica dos processos interativos inerentes aos agentes pedagógicos com o tempo de resposta ainda lento da Web [JOH.00b]. Em ambientes Web, o aprendiz deve escolher uma resposta, submetê-la a um servidor remoto e aguardar a nova página enviada. Por outro lado, agentes pedagógicos devem ser capazes de responder continuamente às ações do aprendiz, observando as ações do aprendiz e respondendo as interrupções do usuário.

A arquitetura dos agentes Adele e PPP Persona, trata estas dificuldades movendo o agente reativo do servidor HTTP, para o computador do usuário. A latência das interações Web é ainda mais crítica quando as atividades envolvem vários aprendizes em computadores distintos.

3.7.6 Metodologias de Ensino Aplicadas a Agentes Pedagógicos

Os agentes pedagógicos possuem um conjunto de regras que determinam os objetivos de ensino, e os planos para atingi-los. Estes planos podem ser implementados segundo metodologias de ensino que definam seqüências de ações e táticas[PER.99].

Alguns métodos são descritos por [PER.99], [BER.97], [GIR.97] e [BRI.98] estabelecendo uma relação entre o perfil do aprendiz e a metodologia aplicada no processo de ensino. Dos métodos apresentados, alguns chamam a atenção por sua particularidade em suportar trabalhos em grupo:

- TAPPS - *Thinking Aloud Paired Problem Solving*

São apresentadas questões ao aprendiz sobre um domínio, as respostas são avaliadas e seguidas por críticas e sugestões por parte de um mediador.

- NGM - *Nominal Group Method*

São apresentadas questões ao grupo sobre um domínio, as respostas são avaliadas e discutidas pelos membros do grupo, que chegam a uma conclusão sobre a resolução do problema. Críticas podem ser feitas ao final da tarefa, por parte de um mediador.

- A-T-A - *Aplicação-Teoria-Aplicação*

É apresentada uma aplicação (estudo de caso) sobre um assunto seguido de uma apresentação teórica sobre conceitos relevantes e depois realiza uma aplicação real dos conceitos na solução do problema.

- T-A-T - *Teoria-Aplicação-Teoria*

Primeiramente apresenta-se, ao aluno, noções sobre um determinado tópico em estudo, depois se aplica estes conceitos em uma situação prática, e em seguida complementa-se o conteúdo abordando novos conceitos.

3.8 Conclusão

Neste ponto do nosso trabalho, é possível verificar que as técnicas de IAD embora não estejam diretamente relacionadas ao desenvolvimento de ambientes de Aprendizagem Colaborativa e não tenham sido inspiradas pelo trabalho de Vygotsky, tem sido utilizada como recurso fundamental na concepção de sistemas colaborativos, pois permitem implementar processos interativos essenciais à abordagem colaborativa, como explicação e negociação.

Agentes pedagógicos surgem como agentes autônomos deliberativos utilizados na concepção de ambientes de aprendizagem, motivando o aprendiz no processo de desenvolvimento cognitivo.

O propósito deste capítulo foi apresentar objetos de estudo em IAD, que podem ser utilizados em aplicações colaborativas e inserir, agentes pedagógicos bem projetados que promovam ambientes agradáveis de aprendizagem e que estejam aptos a estimular e acompanhar o aprendiz no desenvolvimento de suas tarefas cognitivas.

4. Uma Arquitetura para o Ambiente APACHE - Agente Pedagógico Para Aprendizagem Colaborativa de Harmonização Ecológica

4.1 Introdução

O Agente Pedagógico para Aprendizagem Colaborativa de Harmonização Ecológica - APACHE, é um agente animado capaz de auxiliar crianças, a partir da fase de alfabetização, a compreender conceitos de ecologia, principalmente no que se refere às questões de preservação ambiental.

Este capítulo visa apresentar a arquitetura do ambiente para o APACHE, especificando objetivos, plataforma e estruturas do sistema. Assim como, descrever as relações do agente com o ambiente e com o aprendiz, especificar estilos de colaboração e definir os papéis dos agentes: colaborador, mediador e aprendiz.

E desta forma, delinear a arquitetura de um sistema baseado na teoria de aprendizagem social de Vygotsky, onde a colaboração e a interação entre pares são fatores primordiais para o crescimento cognitivo.

4.2 Os Agentes e o Ambiente Colaborativo de Aprendizagem

Este trabalho descreve um ambiente de aprendizagem social baseada no trabalho colaborativo, envolvendo crianças que já ingressaram no processo de alfabetização e estejam buscando o domínio da escrita e da leitura. Além de estimular estas atividades tem como objetivo principal apresentar conceitos de preservação ambiental, enquanto desperta a imaginação, o raciocínio e a criatividade das crianças.

Permite ao aprendiz vivenciar as situações e visualizar as conseqüências resultantes de suas ações (através de simulações) fazendo com que ele possa aprender a partir de seus próprios erros e tentativas, assim a criança vai progressivamente se apropriando de conceitos e relações.

As metodologias de ensino (Item 3.6.6) aplicadas neste ambiente são descritas pelos métodos TAPPS, NGM e T-A-T. O ideal é fazer com que o aprendiz possa aplicar

alguns conceitos teóricos oferecidos pelo agente em situações que simulem uma aplicação do mundo real, ao mesmo tempo em apresenta as causas e as conseqüências sobre as ações executadas.

A base da proposta está centrada nos processos interativos que envolvem as relações: aprendiz - aprendiz, aprendiz - agente artificial e entre aprendizes - mediador. O ambiente oferece ferramentas de comunicação, que permitem algumas interações preestabelecidas, e abre espaço para questionamentos que serão analisados pelo mediador.

Para esclarecer as funções de cada agente, seja ele humano ou artificial, é necessário descrever o papel que cada um desempenha no sistema e as relações existentes entre eles.

4.2.1 O Agente Humano e seu Papel no Sistema

O agente humano aparece duplamente representado no sistema, podendo assumir as funções de aprendiz ou mediador, portanto faremos a distinção referindo a eles como Agente-Aprendiz e Agente-Mediador.

O Agente-Aprendiz tem por objetivo imergir no ambiente na tentativa de solucionar tarefas apresentadas - certo de que não está sozinho no processo de aprendizagem. Podendo contar com a ajuda de qualquer outro agente disponível no momento, observando os tipos de interação permitidos para cada tarefa. Ele é o foco das atividades e estas devem favorecer seu desenvolvimento cognitivo.

O papel do Agente-Mediador é avaliar as propostas, questionamentos e sugestões enviadas por agentes-aprendizes e assim fornecer respostas e alterar informações modificando o comportamento do Agente Pedagógico e seu ambiente. É sua função também monitorar o desenvolvimento das atividades e discussões entre agentes aprendizes.

Na verdade, o papel do Agente-Mediador representa o trabalho de uma equipe composta de pesquisadores em educação, psicologia, ecologia e computação. Seu trabalho envolve a manutenção do sistema, dando continuidade à implementação do

ambiente e tornando-o progressivamente mais robusto. Enquanto isto, são observados resultados empíricos para servir na avaliação de desempenho e eficácia do sistema.

Deste modo, o próprio ambiente passa a ser construído colaborativamente a partir das intervenções do aprendiz. A equipe de pesquisadores, no papel do mediador, analisa e garante que os objetivos pedagógicos descritos inicialmente não sejam distorcidos.

4.2.2 O Agente Pedagógico e sua Função

O agente pedagógico desempenha no sistema os papéis de professor, companheiro e colaborador, dependendo do tipo da tarefa e da interface de comunicação utilizada.

Como professor, apresenta teorias, propõe atividades, responde questionamentos e oferece esclarecimentos quanto a fatos e regras, que previamente definidas, tem o objetivo de mostrar um ambiente virtual com características e comportamentos semelhantes aos do mundo real. O ensino oportunístico e a validação (Item 3.6.1) se adaptam bem a esta função.

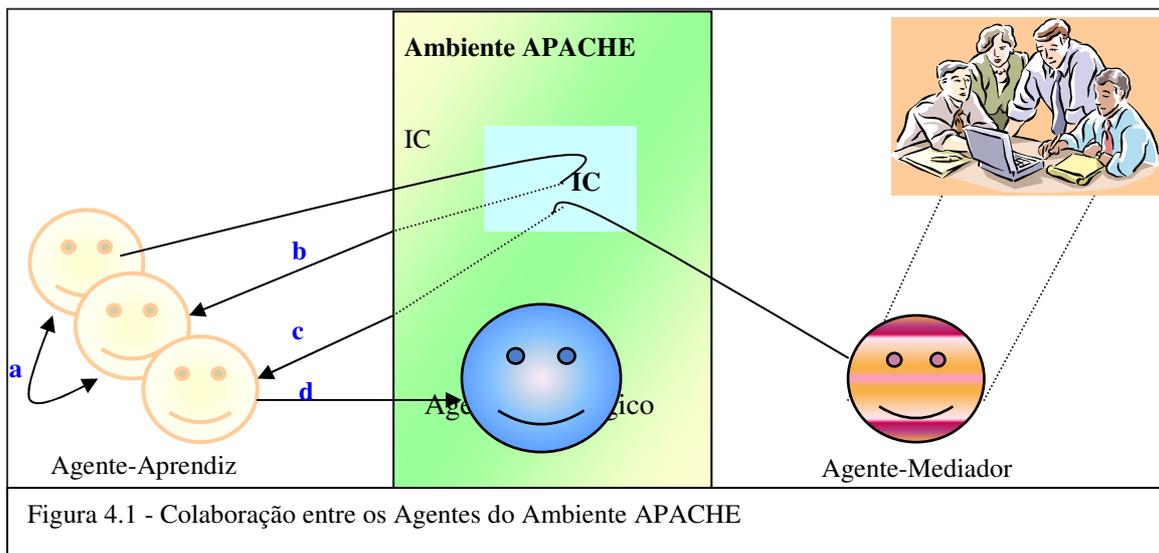
No papel de companheiro pode compartilhar sentimentos (respostas emotivas), dar dicas como, por exemplo, sugerir que o aprendiz atualize o sistema ou envie uma mensagem ao mediador ou a outro colega solicitando ajuda. O importante é que o aprendiz possa encontrar no agente pedagógico um companheiro que não demonstre preocupação com a exatidão da resposta, mas que o permita descobrir caminhos para chegar até uma conclusão sobre a tarefa.

Ao desempenhar as funções acima o agente Pedagógico já está colaborando com o aprendiz na busca pela construção de uma solução. O monitoramento explicativo vem reforçar o aspecto colaborativo do agente.

4.2.3 A Colaboração entre Agentes

A colaboração entre os agentes no ambiente do APACHE (Figura 4.1), pode ocorrer em três estilos (item 2.6):

- *Colaboração apoiada por computadores*, pode ocorrer nas interações entre Agentes-Aprendizes (Fig.4.1-a), quando existe mais de um usuário explorando um mesmo ambiente.
- *Colaboração por interface mediadora de comunicação*, nas interações entre Agente-Aprendiz ↔ Agente-Aprendiz (Fig.4.1-b), que estejam conectados em ambientes diferentes, mas desenvolvendo tarefas interativas em grupo; e nas interações Agente-Aprendiz ↔ Agente-Mediador (Fig.4.1-c). Neste caso, a comunicação é feita por uma Interface de Comunicação (Fig.4.1-IC).
- *Colaboração entre agente humano e agente artificial*, pode ser observado nas relações Agente-Aprendiz ↔ Agente-Pedagógico (Fig.4.1-d). Neste caso, a comunicação está relacionada à percepção do agente pedagógico.



4.3 A Plataforma

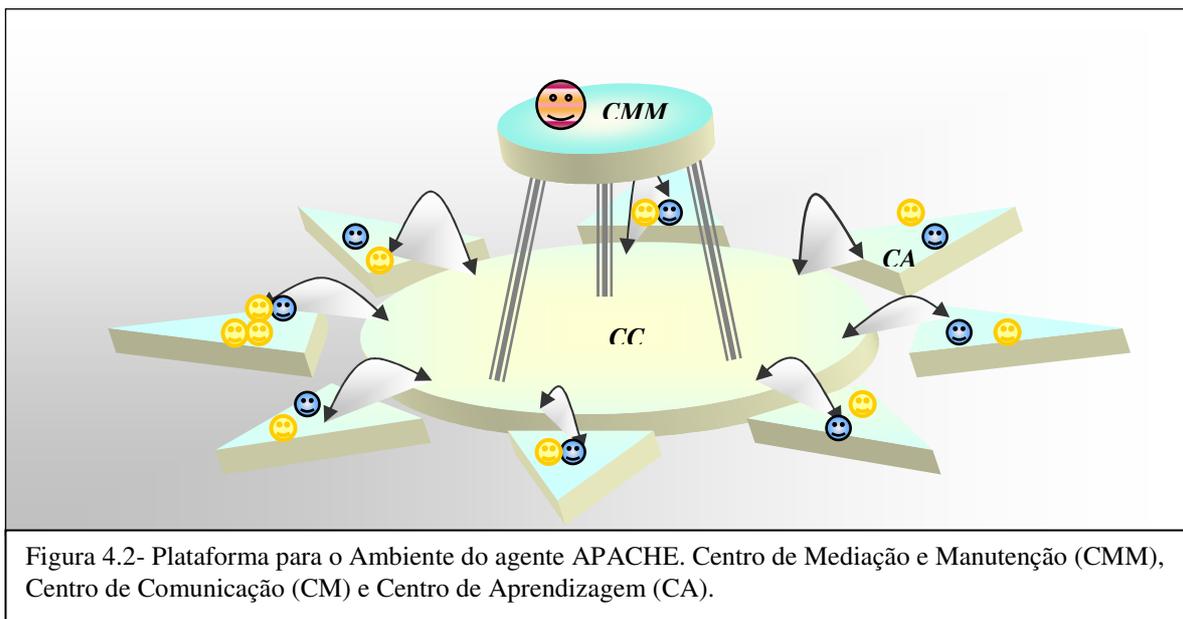
A descrição da plataforma de ação do sistema é fundamental para compreensão dos papéis desempenhados por agentes (artificial e humanos), envolvidos no que apresentamos como uma sociedade de agentes, dispostos em um ambiente virtual de aprendizagem e educação à distância. As atividades são desenvolvidas na WEB, mas não

necessariamente todas. Ou seja, existem atividades que podem ser realizadas mesmo quando o sistema não esteja conectado ao Servidor WEB.

A plataforma (figura 4.2) é composta por três centros de atividades: Centro de Aprendizagem, Centro de Comunicação e Centro de Mediação e Manutenção.

Centro de Aprendizagem: Envolve todas as interfaces e ambientes relacionados ao Agente-Aprendiz. O ambiente do APACHE é manipulado nestes centros e é neste contexto que as atividades de aprendizagem serão desenvolvidas, esteja o aprendiz conectado ou não a WEB. Caso eles estejam conectados, uma nova interface será disponibilizada como veículo de comunicação com os demais usuários ativos na rede.

Centro de Mediação e Manutenção: Interface de atuação do Agente-Mediador. Na realidade este centro de atividades reflete um ambiente tão complexo quanto o da concepção original do sistema, onde uma equipe trabalha os conteúdos pedagógicos, psicológicos e computacionais.



Centro de Comunicação: Inserido em um servidor WEB contém um repositório de informações que serão enviadas e recebidas entre aprendizes e mediador. Mantém uma versão atualizada do ambiente do APACHE, que poderá ser adquirida (através de download) por novos usuários que queiram ingressar no sistema. É responsável por gerenciar o cadastro de usuários do sistema e controlar seus acessos, disponibilizando a todos uma relação atualizada dos usuários que estão acessando o sistema.

4.4 A Arquitetura APACHE

A arquitetura do sistema deve ser capaz de coordenar atividades e interatividade entre os três centros descritos na plataforma e envolvem os agentes: Aprendiz, Pedagógico e Mediador. Sendo assim, o ambiente do APACHE é descrito sob estas três perspectivas (Figura 4.3).

A organização das tarefas existentes nesta arquitetura envolve os mecanismos (Item 1.9.1) de *aprendizagem multiplicada*, quando os aprendizes estão executando tarefas nos Centros de Aprendizagem fora do contexto da WEB, teremos uma mesma tarefa sendo executada por vários alunos isoladamente; *a aprendizagem repartida*, quando os agentes pedagógicos e aprendiz alternam a resolução de uma tarefa, ou colaboram para solução do problema; e *aprendizagem interativa*, nas atividades interativas da WEB.

O ambiente do Apache possui quatro componentes básicos: Interface, Agente Pedagógico, Gerenciador de Acesso e o Modelo do Ambiente. Esta estrutura existe tanto no modo de aprendizagem, quanto no modo de mediação. A interface WEB para o ambiente do APACHE possui características próprias distintas das demais, tendo em vista os seus objetivos funcionais.

4.4.1 O Ambiente do APACHE

O ambiente de aprendizagem é o local onde o aprendiz interage com o sistema como um todo, para isto, conta com a colaboração do APACHE tanto nas atividades individuais como nas atividades interativas do servidor WEB, para guiar a criança através da ZPD.

A identificação do aprendiz é única e será solicitada quando o sistema for ativado sendo utilizada também para identificá-lo no ambiente WEB. Este controle é feito pelo Gerenciador de Acesso.

O Modelo do Ambiente descreve os comportamentos do ambiente em relação às ações dos agentes aprendizes e pedagógico. É referenciada também, nas atividades da WEB. Juntamente com a interface gera um ambiente de manipulação fácil, permitindo que a criança possa vivenciar experiências e teorias por meio de simulações e utilizar ferramentas já disponibilizadas pela interface.

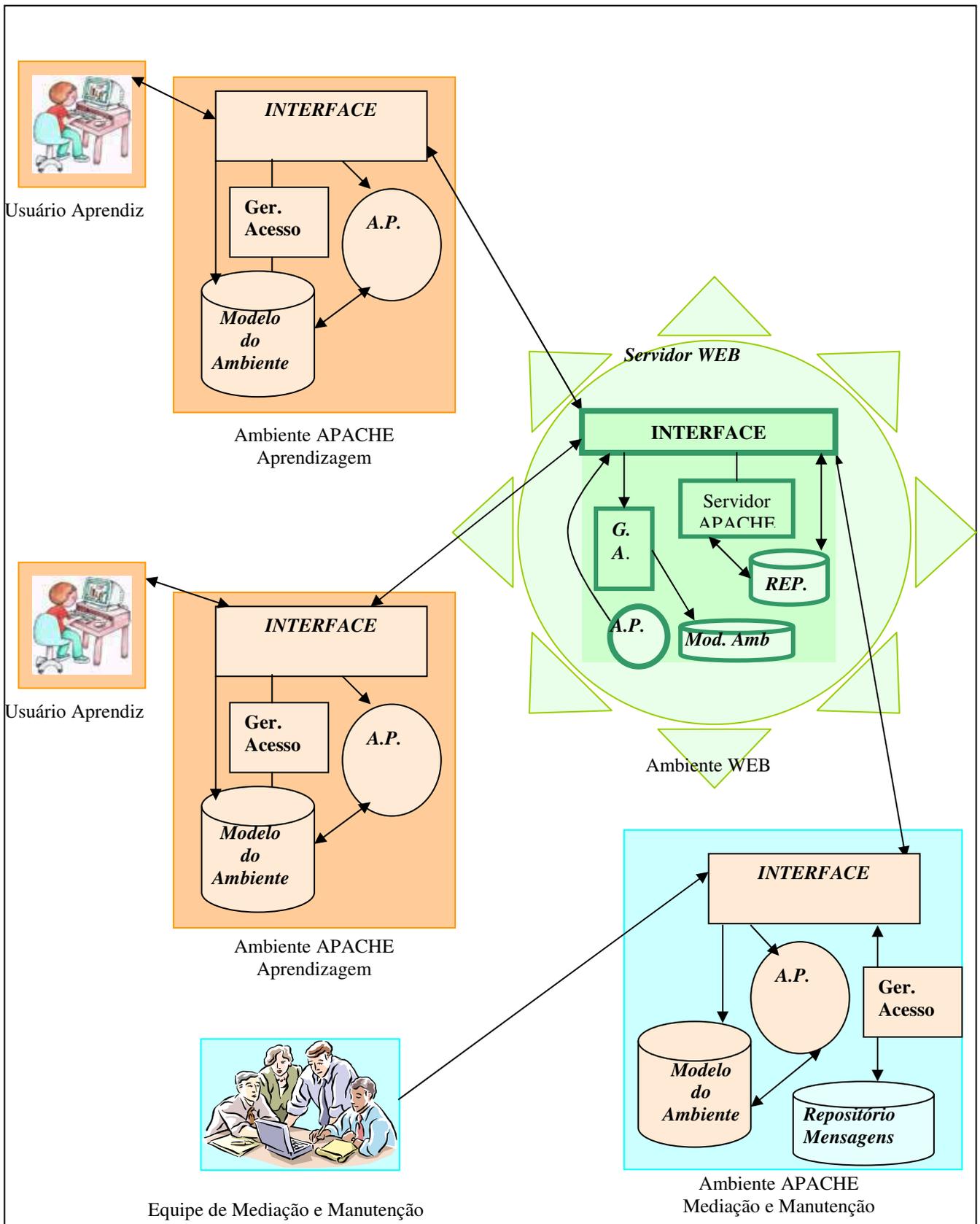


Figura 4.3 Arquitetura do Ambiente de Aprendizagem para o Agente APACHE

4.4.1.1 Interface

A interface de aprendizagem subdivide-se funcionalmente em dois módulos: Interface de Ação e Interface de Comunicação (Figura 4.4).

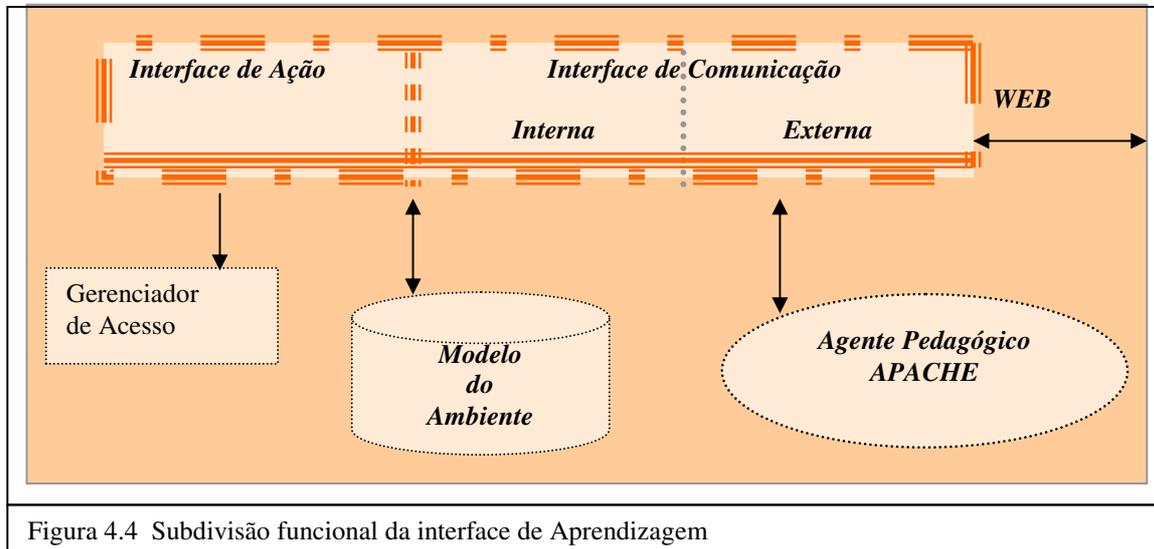


Figura 4.4 Subdivisão funcional da interface de Aprendizagem

Interface de Ação: É representada por ícones e botões de ação que aparecem no cenário. Envolve comandos diretos de ação, inicialmente dispostos no ambiente em forma de ícones, opções ou ferramentas de ação predefinidas. Refletem mudanças no Modelo do Ambiente, como consequência das ações selecionadas. Por exemplo, ao selecionar uma ação correspondente a *CHUVA* (representada por um botão de ação) o modelo do ambiente será alterando o modelo do ambiente e adequando a nova situação selecionada pelo aprendiz (Chuva). Exemplos de ambientes de aprendizagem podem ser vistos no capítulo seguinte, na descrição dos protocolos de comunicação.

Interface de Comunicação: É representada pelas interfaces de comunicação que permitem processos interativos entre os agentes do sistema, seja no ambiente local (Agente-Aprendiz ↔ Agente-Pedagógico) ou global (Agente-Aprendiz ↔ Agente-Mediador, Agente-Aprendiz ↔ Agente-Aprendiz). A Comunicação local está relacionada à percepção do Agente Pedagógico, enquanto a comunicação global trata dos processos interativos que envolvem trocas de mensagens através da WEB, por exemplo, uma interface para diálogo virtual (*chat*) e uma interface para envio e recebimento de mensagens eletrônicas.

Quando a iniciativa de interação parte do aprendiz, a interface de comunicação surge a partir de uma solicitação feita pelo usuário à interface de ação. Seja por intermédio de uma ação a ser percebida pelo Agente pedagógico, ou seja, pela solicitação de conexão a WEB.

Mudanças na interface de ação podem ocorrer como conseqüências do processo de comunicação, por exemplo, sinalizando ao aprendiz a existência de novas mensagens em sua caixa de correio ou solicitando uma conexão "chat", vinda de outro aprendiz no sistema, ou ainda como resposta a questionamentos do Agente Pedagógico em momentos de aprendizagem oportunística.

Estas interfaces serão capazes de implementar protocolos de comunicação (Item 2.6) do tipo:

Argumentação Com Desacordo, o agente pedagógico pode discordar de uma decisão ou ação do aprendiz e não ser capaz de contra-argumentar, porém neste caso ele solicita ao aprendiz que envie suas dúvidas e questionamentos para o Agente-Mediador.

Confrontação com Desacordo Argumentado, sincronamente, ocorre quando o Agente pedagógico percebe uma ação que confronta sua compreensão do mundo (opõe-se a sua base de conhecimento ou raciocínio). Neste caso, o agente pedagógico é capaz de interromper a execução da tarefa e ativar mecanismos explicativos que sirvam de base racional para justificar a inviabilidade da ação, demonstrando através de simulações no ambiente, enquanto utiliza aprendizagem oportunística. Assincronamente, envolve questionamentos entre aprendiz e mediador, em relação ao comportamento do ambiente e do agente pedagógico. Neste caso é iniciado um diálogo, que levará à discussão até que aprendizes e mediador concordem com a questão. O inconveniente nestes casos está relacionado ao tempo de resposta inerente a comunicação assíncrona. Porém, para amenizar o problema, uma interface de "chat" pode ser utilizada entre os agentes, passando a comunicação para o modo síncrono.

Co-elaboração Interativa ocorre entre os agentes aprendizes quando estiverem envolvidos em atividades colaborativas na WEB, onde são capazes de interagir com um micromundo virtual para harmonizar o ambiente ecológico. Inicialmente o sistema

oferece duas atividades para o ambiente WEB: eco-sistema virtual interativo e redações interativas.

Colaboração sem Desacordo ocorre nas ocasiões onde os agentes: pedagógico e aprendiz seguem as atividades de aprendizagem sem conflitos conceituais, o aprendiz pode solicitar ajuda e receber dicas. O agente Pedagógico, em alguns casos, pode assumir a tarefa até que o aprendiz possa dar continuidade a tarefa.

Interações	Agente-Aprendiz ↔ Agente-Aprendiz	Agente-Aprendiz ↔ Agente-Mediador	Agente-Aprendiz ↔ Agente-Pedagógico
Argumentação Com Desacordo	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
Confrontação com Desacordo Argumentado	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>
Co-elaboração Interativa	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
Colaboração sem Desacordo	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>

Tabela 4.1 relação de protocolos de comunicação e tipos de interação entre agentes

4.4.1.2 Modelo do Ambiente

O Modelo do Ambiente é responsável por armazenar as informações necessárias para representação visual do ambiente ecológico, de cada usuário. Reage às opções da Interface e ao comportamento do Agente pedagógico. Armazena informações para uma simulação coerente do ambiente, com o objetivo de tornar visíveis causas e conseqüências das tomadas de decisão dos agentes. Fazendo lembrar Pea [PEA.92], "a humanidade é transformada pela dialética de influências recíprocas: o produto de nossas atividades muda o mundo, conseqüentemente mudando a maneira como o mundo pode mudar nós mesmos. Modelando a natureza e a nossa forma de mediação com esta natureza, estamos mudando nós mesmos".

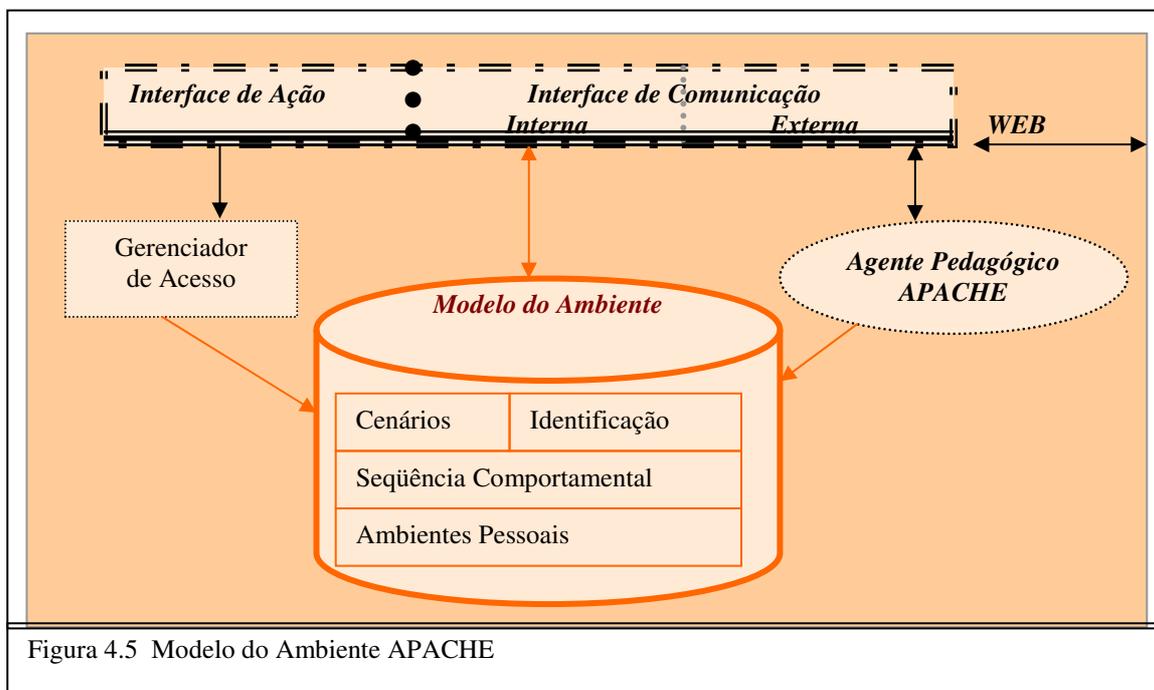
São quatro, os seus componentes: Cenários, Identificação, Sequência Comportamental e Ambientes Pessoais.

Cenários: Representam ambientes visuais predefinidos onde são executadas as atividades (descritas no capítulo seguinte) e onde o agente pedagógico se movimenta. São estáticos e acessados como resposta a comandos vindos da interface.

Identificação: responsável por armazenar os dados (e-mail) referentes à identificação dos usuários do sistema que já utilizaram o ambiente no computador o qual se encontra instalado o ambiente de aprendizagem.

Seqüência Comportamental: é a descrição comportamental dos agentes reativos existentes no ambiente. Possui uma base de regras e seqüências comportamentais que vão representar a reação do ambiente tendo como base às ações do agente pedagógico ou do aprendiz.

Ambientes Pessoais: Servem para registrar os aspectos do ambiente interativo de cada usuário em particular. Está relacionado à tarefa de harmonização ecológica, onde o aprendiz interage com seu ambiente, manipulando variáveis como temperatura, chuva, desmatamentos, incêndios, coleta de lixo, etc. Cada aprendiz mantém o registro do estado de seu ambiente (situação deixada no último acesso), portanto, é necessário armazenar seus estados. A partir do momento que uma atividade for acionada ela terá seu desenvolvimento próprio conforme descrito por uma base de regras descritas na seqüência comportamental (registro gravado desde o último acesso). Ao aprendiz é dada a tarefa de mantê-lo harmonizado, utilizando as ferramentas disponíveis na interface.



O Gerenciador de Acesso utiliza o Modelo do Ambiente para verificar a identificação do usuário. O Agente Pedagógico envia mensagens ao Modelo Ambiente, sempre que suas ações e comportamentos inferirem uma mudança no ambiente, o mesmo acontece com as interfaces de ação e comunicação.

4.4.1.3 Gerenciador de Acesso

O Gerenciador de Acesso é responsável por dar autorização de acesso ao sistema. Ao entrar no ambiente, uma interface de ação solicita ao aprendiz sua identificação. Esta identificação implica em um endereço eletrônico e uma senha, que devem estar armazenados no Modelo do Ambiente. Se o Gerenciador de Acesso não encontrar o registro então solicita conexão com servidor WEB, para verificar se o usuário já está cadastrado no sistema.

4.4.1.4 O APACHE

O APACHE é um Agente Social (Item 3.3.4) que possui percepção do ambiente, conhecimento, raciocínio, planejamento e comportamento. Sua arquitetura interna interage diretamente com a Interface e o Modelo do Ambiente que são fundamentais para determinar o comportamento em relação à ação percebida.

A arquitetura do agente é composta de:

Percepção: trabalha juntamente com a interface rastreando a interação do aprendiz com os demais agentes e com o ambiente. Observa o tempo de resposta e o comportamento do aprendiz em relação às tarefas. Os fatores de percepção também incluem aspectos como esforço, confiança e independência, que podem ser observados através do comportamento do aprendiz durante a execução da tarefa. Como, por exemplo, a falta de persistência do aprendiz na execução de uma tarefa ou a solicitação de ajuda sem existir uma tentativa por parte do aprendiz.

Modelo Cognitivo: Descrição do conhecimento do agente pedagógico em relação ao domínio. Contém regras, fatos e crenças em relação ao ambiente e o raciocínio sobre seu conhecimento e sobre as interferências no Modelo do Ambiente.

Modelo Comportamental: Determina e descreve sequências comportamentais pré-estabelecidas. Responsável por reconhecer o tipo de informação percebida, analisar a necessidade explicativa e então determinar o tipo de explicação e comportamento a ser referenciado ao agente pedagógico. Caso este comportamento cause alterações no comportamento do ambiente (agentes reativos), o Agente informa ao Modelo do Ambiente.

Plano de Explicação, Base de regras que estabelece o tipo de explicação necessária e organiza as mídias para simulações a serem apresentadas no processo explicativo. Estabelecendo um padrão de comportamento para o Agente artificial, com base na percepção e no Modelo do Ambiente.

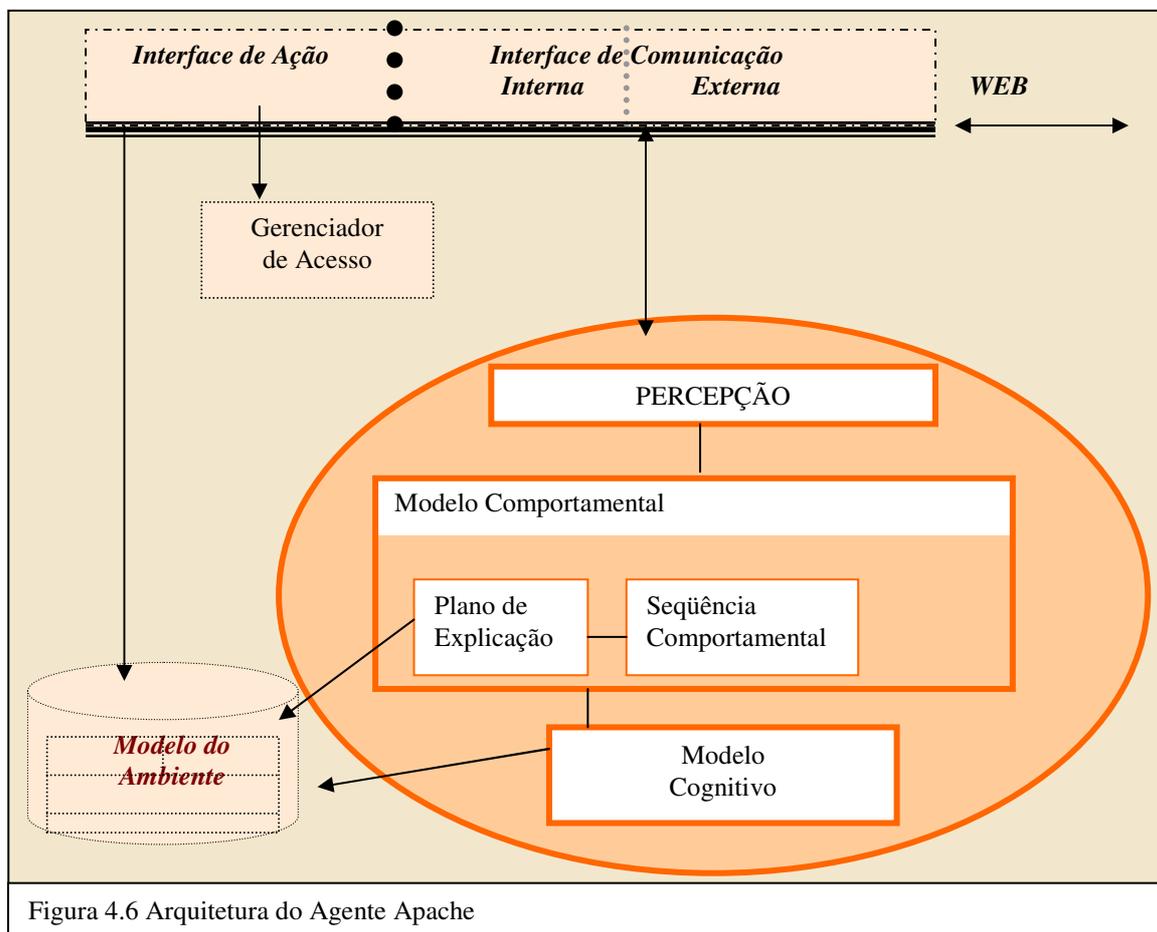


Figura 4.6 Arquitetura do Agente Apache

Seqüência Comportamental: Base de seqüências comportamentais pré-definidas, é atribuída ao agente pedagógico segundo informações enviadas pelo plano de explicações. Organiza as mídias (envolvidas na apresentação do agente) compatíveis com as mídias

escolhidas no plano de explicação, organiza estas mídias em uma seqüência comportamental e as executa.

4.4.2 O Ambiente de Mediação e Manutenção

O ambiente de Mediação e Manutenção é semelhante ao ambiente de Aprendizagem e difere somente pela existência de um Repositório que armazena as mensagens enviadas pelos demais usuários do sistema, manifestando dúvidas, questionamentos e sugestões para solucionar problemas referentes à concepção do domínio e as interações entre os agentes.

As atividades interativas também são registradas e enviadas ao Repositório de Mediação para que o mediador possa analisar o desenvolvimento das atividades interativas. Podendo dar tratamento a estas informações, no final de cada atividade.

Por exemplo, para atividades de redação interativa (onde os aprendizes constroem em conjunto uma estória tendo como base imagens dispostas pelo mediador) que cheguem a um final, o mediador pode dar vida a estória através de simulações que representem o conteúdo construído e disponibilizar o resultado em uma página WEB, ou anexar como um novo recurso na próxima versão do Ambiente do APACHE a ser disponibilizada.

4.4.3 O Ambiente WEB

O Ambiente WEB descreve um espaço de ação que permite ações interativas entre os agentes aprendizes e mediadores. Sua função é manter o gerenciamento destes processos interativos, permitir ao mediador um monitoramento das atividades interativas e das comunicações síncronas, armazenar e atualizar informações sobre o aprendiz e seu ambiente, disponibilizar uma versão mais recente do Ambiente do Apache de Aprendizagem e viabilizar atividades interativas.

Para viabilizar esta estrutura o sistema dispõe de um Servidor WEB, onde está disposta a arquitetura composta por:

Interface WEB apresenta-se como uma página Web, referenciando os recursos disponíveis no Ambiente. O passo inicial está na identificação do usuário, que será feita

automaticamente caso ele tenha solicitado a conexão do seu ambiente de aprendizagem. Nesta interface serão encontradas âncoras para pesquisa de assuntos em ecologia como auxílio às atividades dos aprendizes.

O Agente mediador deixa disponível nesta Interface, a versão mais recente do ambiente de aprendizagem para que o aprendiz possa instalar em seu computador, e utilizar os novos recursos que vão sendo incrementados ao ambiente.

É possível também que o aprendiz possa verificar sua caixa de correio APACHE, sem que ele esteja conectado através de um ambiente de aprendizagem APACHE. A interface WEB utiliza-se também de um servidor de e-mail e um servidor de *chat*.

As tarefas interativas estão dispostas nesta Interface e são ativadas quando o aprendiz solicita sua participação na tarefa. Neste caso, o Servidor APACHE envia para o novo membro do grupo interativo, o modelo do ambiente correspondente a situação interativa corrente, tornando possível que ele execute ações num ambiente compartilhado. Durante esta atividade, a figura do Agente pedagógico que interage com cada aprendiz, é a mesma do ambiente de aprendizagem, e as ações executadas por cada membro do grupo são executadas a partir de mensagens recebidas e enviadas ao Servidor APACHE.

O Agente Pedagógico é capaz de perceber o comportamento do ambiente interativo, e desta forma auxiliar o seu companheiro aprendiz, segundo seu Modelo de Ambiente Local, que é semelhante aos demais. Desta forma, a reação do agente Pedagógico às ações no ambiente podem ser otimizadas, tendo em vista que a base de conhecimento, raciocínio e comportamento encontram-se na sua máquina, não havendo a necessidade de acessos às bases de informação existentes no Servidor WEB.

Gerenciador de Acesso verifica se o usuário aprendiz está cadastrado no sistema, caso contrário, oferece uma interface para cadastro no sistema.

Modelo do Ambiente armazena o modelo do ambiente particular a cada aprendiz, de modo que ao acessar de uma máquina diferente ele possa encontrar o seu ambiente como deixou desde o último acesso.

Caso o aprendiz deseje, ao encerrar uma sessão de aprendizagem o modelo do ambiente personalizado do aprendiz é enviado para o servidor WEB, onde é armazenado. Para ser disponibilizado quando o aprendiz solicitar. A estrutura e o comportamento são semelhantes ao Modelo do Ambiente para o Ambiente de Aprendizagem. A diferença está no aspecto estático destas informações. Elas somente serão armazenadas e posteriormente resgatadas quando solicitadas. A manipulação destas informações, no entanto, só ocorrerá no ambiente de aprendizagem do usuário.

Servidor APACHE é responsável por gerenciar todo o tráfego de mensagens do sistema, recebendo e enviando informações aos usuários conectados. Utiliza um repositório de mensagens capaz de registrar todo o processo interativo. Este repositório é enviado na íntegra para o Agente-Mediador, para que ele possa monitorar os processos interativos e também interagir com os agentes aprendizes.

4.5 APACHE - Um Ambiente Social de Aprendizagem

A arquitetura APACHE descreve um Ambiente Social de Aprendizagem (ASA - Item 2.4.3), baseado na proposta pedagógica de Vygotsky e descrito segundo uma quádrupla [Ag, FCogn, Aap, FCom] (Item 2.4.3). Fundamentado nosso trabalho neste paradigma, podemos observar que o Ambiente APACHE possui características e comportamentos de um Ambiente Social de Aprendizagem.

O conjunto de agentes (Ag), é descrito pelo APACHE. Sua concepção considera um agente de memória (Modelo do Ambiente), um agente reativo (Modelo Comportamental) e um agente Cognitivo (Modelo Cognitivo). O APACHE desempenha intercaladamente comportamentos de um agente professor, companheiro e colaborador.

As ferramentas cognitivas (FCogn) estão dispostas na interface na forma ícones e ações predefinidas que tornam o sistema fácil de manipular, dando ao aprendiz condições para participar do processo cognitivo. Os processos explicativos que envolvem a explicação sobre a operacionalização dos recursos do ambiente, também podem ser considerados como ferramentas cognitivas disponíveis ao aprendiz.

As atividades de Aprendizagem (Aap) têm por objetivo levar a criança a refletir sobre as variáveis envolvidas no processo de harmonização ecológica, interagir e

observar o resultado de suas ações podendo aprender através de seus erros e concluir uma forma viável de se manter um ecossistema vivo. Antes das atividades é oferecido ao aprendiz noções e conceitos fundamentais para que ele possa inferir comportamentos e decisões, a partir deste ponto.

A maioria das tarefas implica no gerenciamento do ambiente e dos recursos dispostos em um cenário que mostra uma problemática ecológica, onde o aprendiz interage e sugere ações. A partir de suas ações, o aprendiz poderá observar e questionar as consequências de seus próprios atos.

O conjunto de ferramentas de comunicação (FCom) é descrito em função dos processos de comunicação. O Ambiente APACHE viabiliza processos explicativos e de negociação.

4.5.1 A Negociação no Ambiente APACHE

Para descrever os processos de negociação aplicados ao ambiente APACHE, optamos pela abordagem em dimensões proposta por Dillenbourg [DIL96b]. Segundo esta abordagem descrevemos a negociação no Ambiente APACHE considerando sete dimensões:

Modo de Negociação: Envolve troca de mensagens através de correio eletrônico ou conversa virtual (modo de discussão) e tarefas interativas (modo de ação).

Objeto de Negociação: os agentes podem negociar o próximo passo a ser executado (negociando ação), e o conhecimento relacionado a suas decisões (negociando conhecimento).

Grau de Simetria: Embora o agente pedagógico seja um companheiro na resolução de tarefas e possua sua base de conhecimento, sendo assim, capaz de questionar e orientar o aprendiz, ele pode ser substituído por um companheiro humano, neste momento interfaces de comunicação, como troca de mensagens e bate-papo, são dispostas somente em interações entre agentes humanos. O APACHE não possui recursos que permitam reconhecimento de fala ou escrita. Para amenizar este aspecto, e incrementar o agente artificial tanto no aspecto

comportamental quanto cognitivo, o papel da equipe de manutenção e mediação se faz essencial para elevar o grau de simetria.

Grau de Complexidade: o ambiente possui basicamente cinco formas de interação: OFERTA é apresentada uma solução ou dica; Aceitação, o aprendiz pode concordar com o proposto; REJEIÇÃO, tanto Aprendiz quanto Agente artificial podem rejeitar ações e comportamentos; Refinamento Mútuo, através de trocas de mensagens e questionamentos é possível que Aprendizes e Mediador possam compartilhar experiências e obter novas soluções sobre um problema e conseqüentemente incrementar a base cognitiva do agente artificial.

Grau de Flexibilidade: A flexibilidade nas discussões entre agente artificial e humano é limitada a base de conhecimento do agente artificial. Nas interações entre agentes humanos as discussões são limitadas pela interferência do mediador, portanto estas interações implicam maior flexibilidade.

Grau de Sistematização: Os agentes artificiais possuem um grau de sistematização elevado, pois tem seu comportamento descrito em métodos bem definidos, tomando como base o comportamento do aprendiz. É sua função perceber a urgência de uma explicação, ou oferecer dicas em momentos oportunos. Portanto, o comportamento do aprendiz em relação às ações executadas no ambiente são constantemente monitoradas pelo agente artificial.

Grau de Evidência: As interações intencionais são beneficiadas pela arquitetura APACHE, tendo em vista que o aprendiz está em contato com a equipe de mediação e manutenção, podendo então questionar o papel e os objetivos das interfaces e das tarefas, bem como o comportamento do agente artificial. Nas interações funcionais, o ambiente visa estabelecer um comportamento do agente artificial de forma que ele conduza o aprendiz a compreensão do domínio ou a questionamentos e/ou argumentações. Como o agente artificial não possui interfaces de comunicação para reconhecimento de voz e escrita, ele reage oferecendo ao aprendiz condições para que seu discurso seja levado a outro aprendiz ou ao mediador.

4.6 Conclusão

Este capítulo propôs uma arquitetura distribuída para um ambiente social de aprendizagem, onde o aprendiz encontra um companheiro artificial, representado por um agente pedagógico, capaz de colaborar com o processo cognitivo do aprendiz.

A arquitetura foi desenvolvida tendo como base um agente pedagógico animado, capaz de apresentar aspectos emocionais com o aprendiz. Tanto o ambiente quanto o Agente pedagógico dispõem de um modelo de comportamento e de uma seqüência comportamental que vão representar a simulação de um ambiente ecológico real.

A proposta inicial é simples quanto ao domínio abordado, pois visa primeiramente apresentar a arquitetura do sistema. A base de conhecimento do Agente tende a crescer como resultado dos processos interativos. Novos cenários e atividades serão introduzidas progressivamente, mediante a colaboração de aprendizes e mediadores.

Esta arquitetura foi elaborada segundo a teoria de aprendizagem que trata da cognição distribuída, fundamentada nos estudos de Vygotsky [VYG.78]. Tem por objetivo oferecer ao aprendiz recursos de interface e comunicação capazes de promover interações entre agentes e desta forma conduzir o aluno pela ZDP, deixando que ele possa construir sua concepção do mundo, a partir de erros e acertos visíveis em simulações do ambiente, situados no contexto ecológicos.

5. Formalização das Atividades Comunicativas do Ambiente APACHE e Descrição dos Objetos de sua Arquitetura

5.1 Introdução

A arquitetura do ambiente APACHE apresenta um sistema colaborativo que se apóia nos processos interativos existentes entre os agentes: pedagógico, aprendiz e mediador. Este capítulo visa descrever, mais detalhadamente, os atos de discurso que compõem estes processos interativos.

Winograd [WIN.86] afirma que o diálogo pode ser descrito como uma troca de estados ligados por transições, onde as comunicações trocadas são modeladas na forma de autômatos de estados finitos. Assim serão descritos os processos de comunicação entre os agentes do ambiente, nesta formalização.

O objetivo não é discutir discordância ou concordância sobre o domínio de aplicação, nem mesmo fatores que gerem conflitos cognitivos e sociais, mas sim descrever as trajetórias permitidas para o diálogo que vai descrever como os agentes podem se comunicar para atingir uma compreensão compartilhada do problema.

5.2 O Diálogo no Ambiente APACHE

O diálogo entre os agentes vai descrever como uma ação ou percepção afeta o comportamento do outro agente. Os agentes são entidades interativas no ambiente APACHE, e seguem padrões de comunicação preestabelecidos pela arquitetura do ambiente. Os atos de discurso são inerentes a cada agente e são observados quando da:

- Percepção do agente pedagógico em relação a uma ação do aprendiz durante a execução de uma tarefa;
 - Percepção do agente pedagógico à falta de ação do aprendiz por um determinado período, caracterizando dificuldades ou abandono da tarefa;
 - Explicação do agente pedagógico sobre o domínio em estudo;
 - Explicação do agente pedagógico quanto aos objetivos da tarefa;
-

- Argumentação do aprendiz em relação a explicações oferecidas pelo agente pedagógico ou pelo agente mediador;
- Sugestões quanto à continuidade na solução da tarefa, através de dicas que aconselham novas ações a serem executadas na solução da tarefa, de acordo com a base de conhecimento do agente pedagógico;
- Coordenação do agente mediador em relação às discussões, determinando o encerramento de discussões quando a comunicação se tornar inviável;

No ambiente APACHE, cada ato de discurso pode ser aceito ou rejeitado por agentes que interagem na conversa. A aceitação está relacionada à capacidade e/ou necessidade de responder a uma argumentação e não ao fato de concordar com o conteúdo da argumentação inicial.

A comunicação pode ser encerrada com ou sem a satisfação dos agentes. Em nossa análise, um processo interativo é satisfeito se os agentes conseguem percorrer as etapas envolvidas nos protocolos de comunicação, caracterizando um diálogo, e obter um consenso quanto à solução da tarefa. O encerramento de uma discussão deixa nas mãos do aprendiz a tomada de decisão quanto à continuidade da atividade ou o abandono da tarefa. Portanto, esta decisão não é incluída na formalização do discurso.

A qualquer momento o usuário aprendiz pode utilizar as ferramentas de ajuda e ação capazes de interromper a tarefa. Cada atividade possui suas próprias ferramentas que estarão dispostas em forma de ícones, indicando ações como: dica sobre o próximo passo a ser seguido, explicação sobre a tarefa ou sobre o domínio tratado na tarefa, solicitação de envio de mensagem para o mediador ou a um colega aprendiz e uma opção para abandonar a tarefa.

A nossa proposta é tornar visível o campo da conversação, onde os atos de discurso sucessivos são conectados uns aos outros e onde a cada momento do diálogo existe um pequeno número de ações determinadas por sua história anterior.

5.3 Formalização de Protocolos de Comunicação no Ambiente APACHE

Para formalizar os protocolos de comunicação (Item 4.4.1.1) permitidos no ambiente APACHE vamos apresentar trechos do diálogo que expressem, de forma clara, sua ocorrência considerando os agentes envolvidos no discurso.

O conteúdo da discussão não é considerado nesta formalização, sendo importante ressaltar que a rejeição a um ato de discurso significa que o agente não possui qualificações para responder a solicitação, isto pode acontecer por vários motivos: não está disponível para conversa quando se tratar de comunicações síncronas, falta de conhecimento para argumentar ou contra argumentar, abandono da discussão por parte de um dos agentes envolvidos; por exemplo, quando o diálogo fugir ao do domínio da tarefa.

A aceitação de um ato de discurso vai compor o percurso natural desde o início do diálogo até a obtenção do senso comum entre os agentes envolvidos na discussão. O fato de aceitar significa que o agente está dando continuidade ao processo comunicativo, e não que ele aceita o conteúdo argumentado.

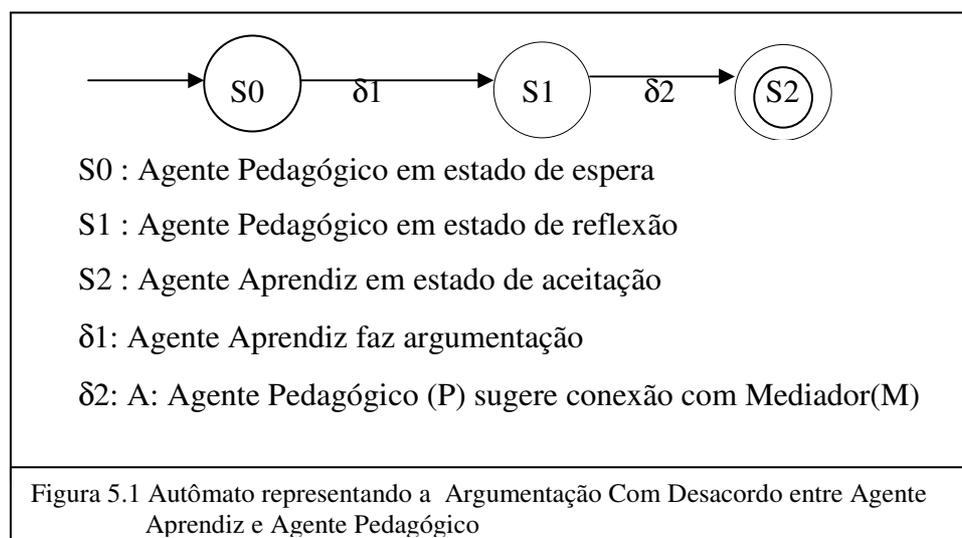
Estamos considerando o diálogo onde exista um compromisso participativo, ou contrato social (próprio do contexto colaborativo), entre as partes envolvidas no processo. Portanto, não consideramos a utilização das interfaces de comunicação para finalidades diferentes do que se propõem nas tarefas.

É importante ressaltar que os procedimentos de explicação podem envolver ou não simulações no ambiente, estes aspectos não serão descritos na formalização dos protocolos de comunicação, mas serão evidenciados na formalização da descrição de algumas atividades do sistema.

5.3.1 Argumentação com Desacordo

A argumentação com desacordo pode ocorrer entre aprendizes e mediadores, mas não consideramos este protocolo no ambiente APACHE, pois partimos do princípio que nas interações entre agentes humanos sempre ocorrem discussões. Como a formalização não visa representar características referentes ao conteúdo discutido, o fato dos agentes humanos discordarem de um fato não interfere na estrutura do sistema, desde que ele se mantenha apático ao acontecimento.

As interações entre agentes aprendizes e agentes pedagógicos, que envolvem argumentação com desacordo, possuem uma característica a ser considerada pela formalização do discurso. Embora o agente pedagógico não contra argumente, ele sempre oferece uma continuidade para o discurso. Sua discordância implicará sempre em uma proposta de conexão entre aprendiz e mediador. Neste caso, é interessante descrever o processo comunicativo.

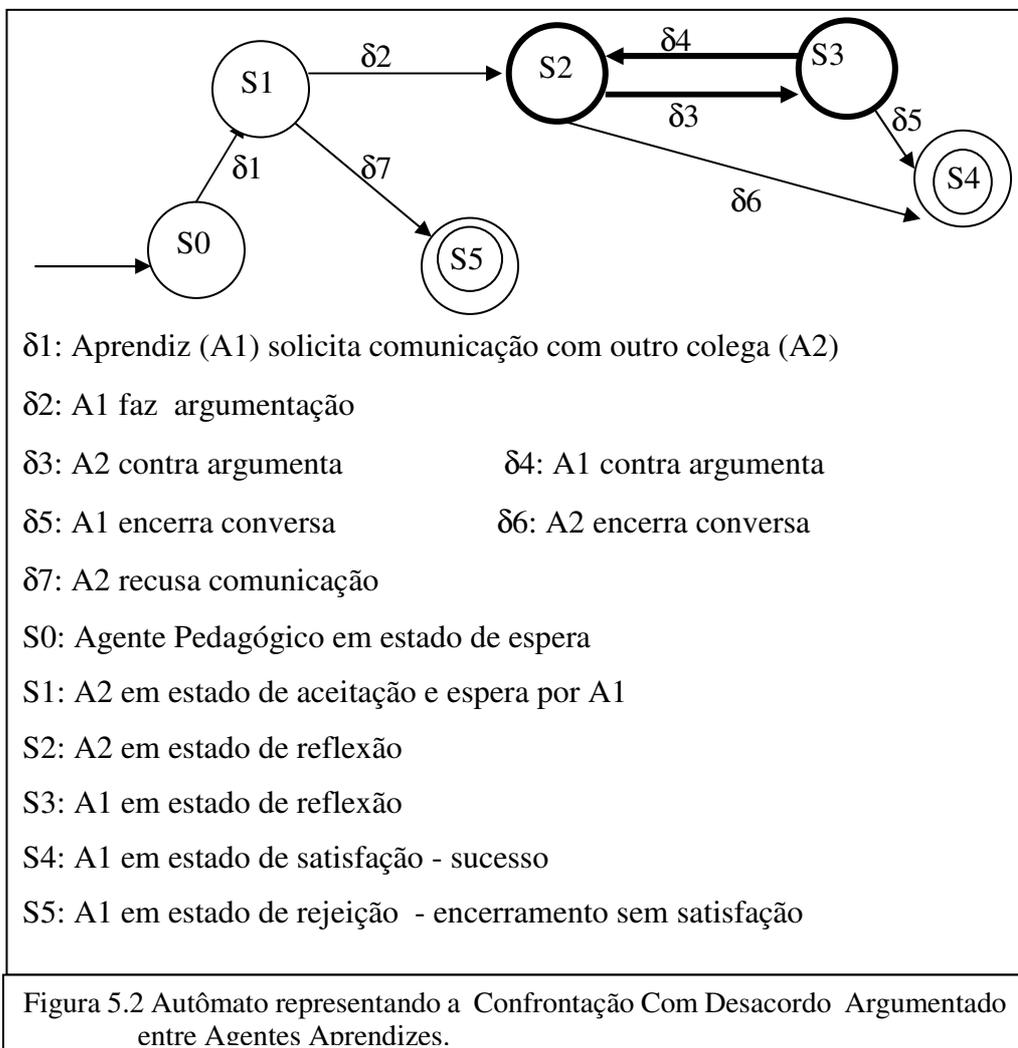


5.3.2 Confrontação Com Desacordo Argumentado entre Agentes Aprendizes

Um aprendiz pode convidar um colega para uma conversa sempre que esta opção estiver disponível na interface de ação, isto pode ocorrer de forma síncrona, o ambiente fornece uma interface paralela a execução da tarefa na forma de um "chat", ou assíncrona, através de interface para envio e recebimento de mensagens eletrônicas. É neste contexto que pode ocorrer a confrontação com desacordo argumentado.

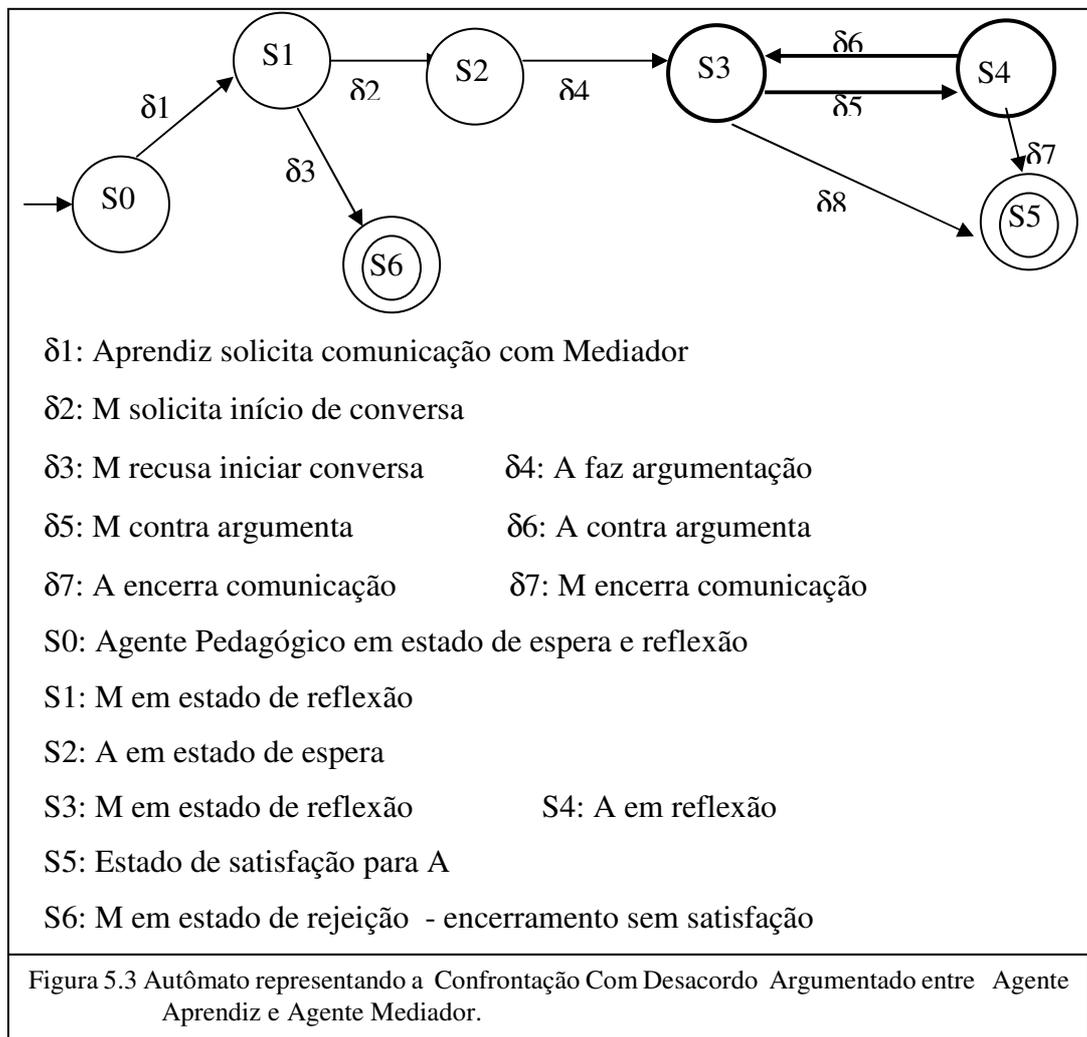
O diálogo entre os aprendizes permanece enquanto ambos estiverem aceitando a continuidade da conversa. O diálogo termina de forma satisfatória se chegarem a um consenso quanto ao assunto abordado, se um dos agentes interromper a conversa o diálogo termina sem satisfação.

A parte em destaque no autômato (Figura 5.2) representa o momento em que ocorre diálogo entre os agentes na seqüência de transições (δ_3 , δ_4). O agente que inicia a argumentação pode dar seqüência ao processo comunicativo concordando com a contra argumentação do colega e encerrar o diálogo, ou discordando e oferecendo nova argumentação.



5.3.3 Confrontação Com Desacordo Argumentado entre Agente Aprendiz e Agente Mediador

Este protocolo de comunicação surge a partir de uma solicitação do aprendiz à interface de ação. O processo descreve uma situação semelhante à descrita anteriormente (Item 5.3.2), alterando-se somente os agentes envolvidos. A solicitação do diálogo pode ser uma iniciativa do aprendiz ou uma sugestão do agente pedagógico ao aprendiz quando perceber sua incapacidade em satisfazer as necessidades explicativas do aprendiz.

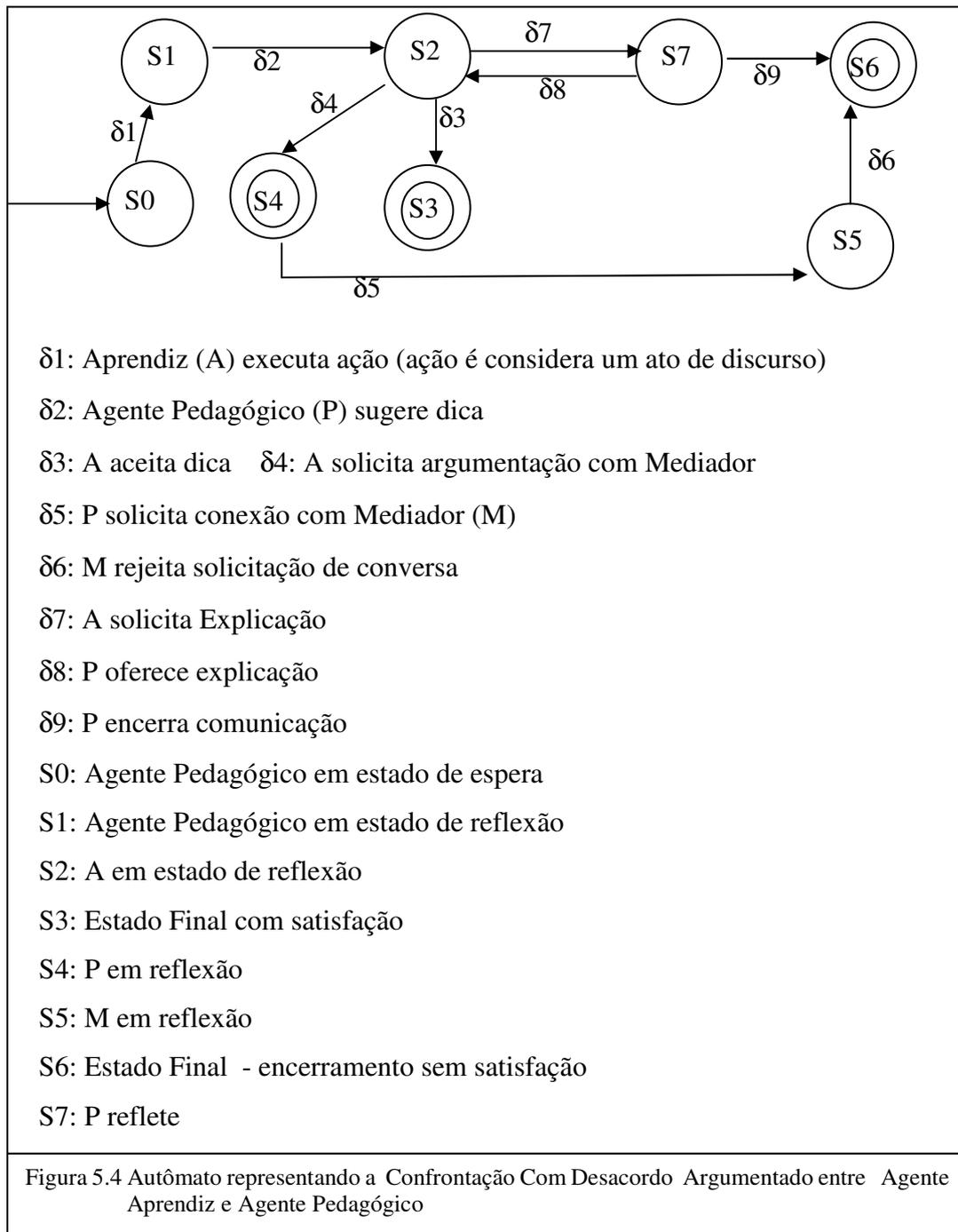


O mediador (M) pode encerrar a conversa assim que achar conveniente. O diálogo termina de forma satisfatória se chegarem a um consenso quanto ao assunto abordado. Se o aprendiz(A) abandonar o diálogo o mediador lhe enviará uma mensagem com algumas considerações sobre a discussão, ficando a critério do aprendiz retomar ou não a discussão.

5.3.4 Confrontação Com Desacordo Argumentado entre Agente Aprendiz e Agente

Pedagógico

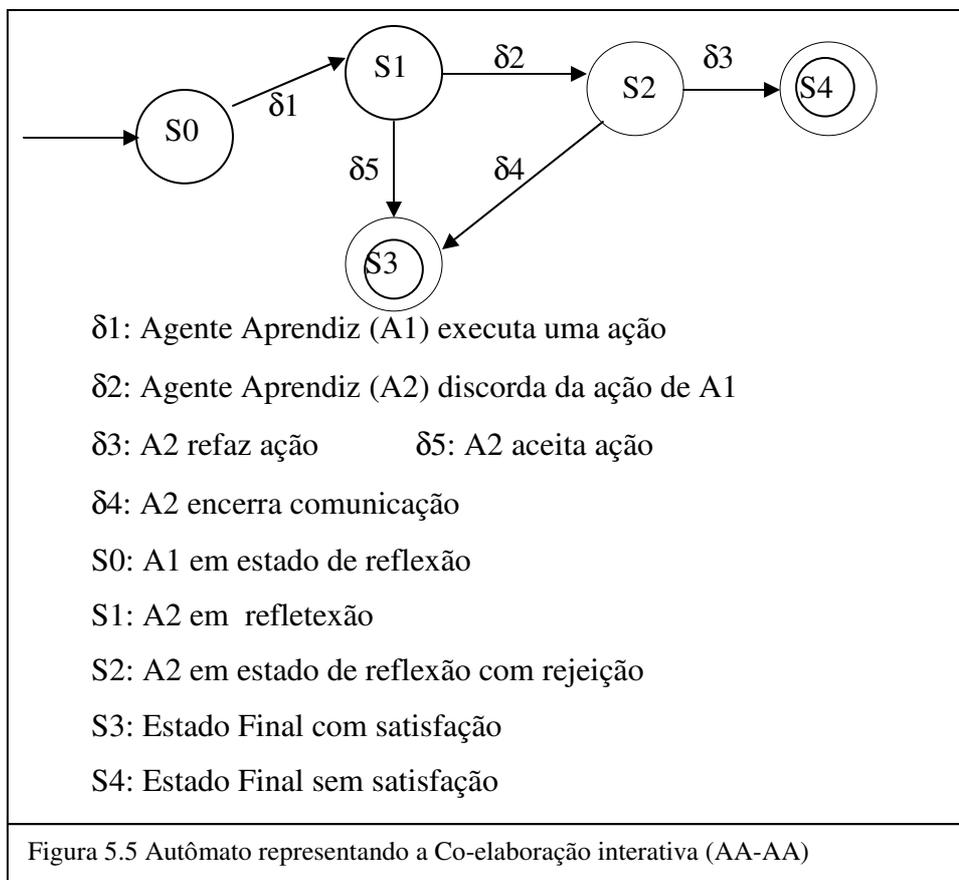
Este protocolo de comunicação ocorre quando o agente aprendiz executa uma ação que é percebida pelo agente pedagógico e identificada como uma contradição em relação a sua base de conhecimento. Neste caso, o agente pedagógico propõe uma dica, na tentativa de induzir o aprendiz a seguir seu raciocínio, considerado pelo agente pedagógico como correto.



A percepção do agente pedagógico pode detectar também a ausência de ação e outros comportamentos no aprendiz. A falta de persistência e dependência quanto à execução da tarefa onde o aprendiz está frequentemente solicitando uma dica sem tentar por iniciativa própria, pode demonstrar que o aprendiz está mais preocupado em corresponder às "expectativas" da máquina do que desenvolver seu próprio senso crítico sobre a tarefa e os conceitos envolvidos.

5.3.5 Co-elaboração Interativa

A co-elaboração interativa ocorre entre agentes aprendizes e pedagógicos e com agentes aprendizes entre si. Este protocolo de comunicação envolve ações e reações colaborativas, o objetivo é que os agentes estejam envolvidos na resolução do problema e que possam se ajudar mutuamente. Neste ambiente o papel do mediador não implica esse protocolo, sua função não está diretamente envolvida na solução de uma tarefa mas na compreensão de comportamentos e raciocínios imprevisíveis, inerentes aos seres humanos.



5.3.6 Colaboração sem Desacordo

Este protocolo se aplica apenas a um tipo de tarefa no sistema, onde, por solicitação do aprendiz, o agente pedagógico assume o controle da atividade interativa até que o aprendiz solicite o controle para si.

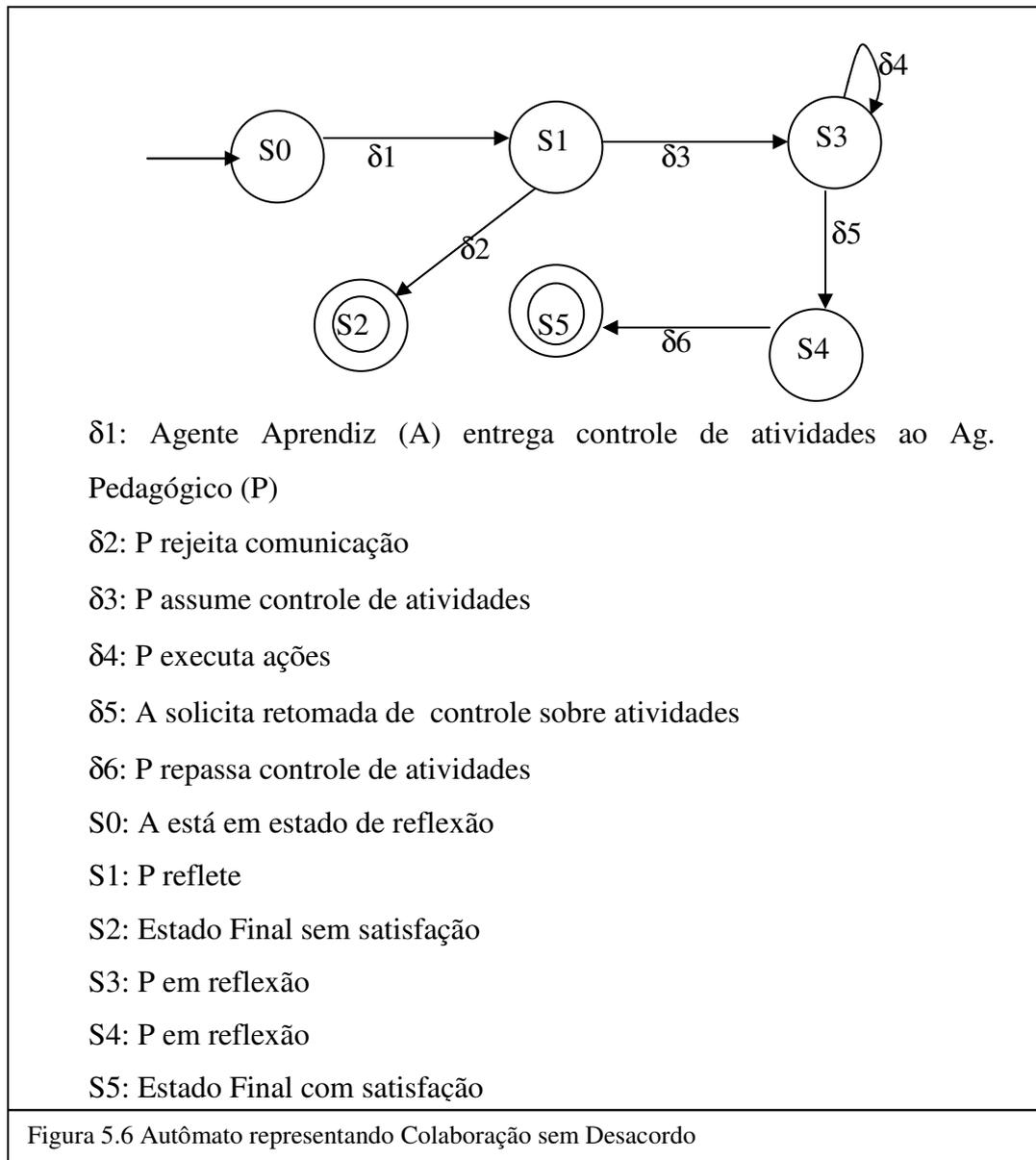


Figura 5.6 Autômato representando Colaboração sem Desacordo

5.4 Formalizando as Tarefas no Ambiente APACHE

Vamos descrever a formalização do discurso para as tarefas do sistema, para isto tomaremos como referência três exemplos que sintetizam o processo interativo possível nas atividades do ambiente:

- Harmonização de um Ambiente Ecológico Virtual,
- Redação Interativa, e
- Sequenciamento de Cenários Justificado.

Na formalização dos protocolos de comunicação descritos acima a aceitação e rejeição fazem referência a continuidade ou não do processo interativo (atos de discurso), neste caso porém, consideraremos os atos dos agentes. Descrevendo a trilha de ações e reações definidas para cada tarefa.

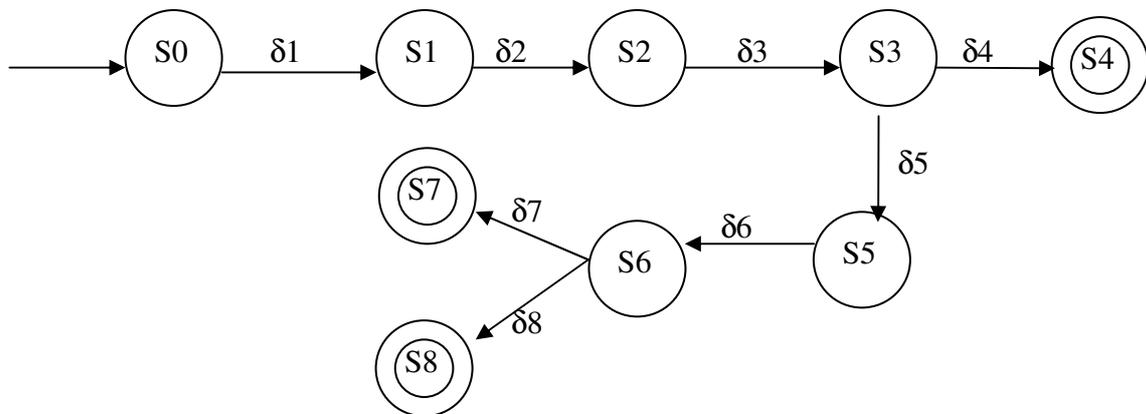
No início de cada atividade o agente pedagógico pode apresentar a tarefa explicando os objetivos e a operacionalização das ferramentas dispostas no sistema. Cada ferramenta que representa uma ação a ser realizada pelo aprendiz possui explicação quanto a sua operacionalização dentro do ambiente.

Para simplificar, vamos descrever separadamente os processos: explicativo e de negociação, que serão referenciados como um estado nas formalizações das atividades, tendo em vista que podem ocorrer em cada atividade, tendo sempre o mesmo padrão.

5.4.1 Processo Explicativo

O processo explicativo, descrito a seguir, apresenta uma interface que permite a comunicação entre agentes: Pedagógico e Aprendiz. Se a solicitação de explicação surge a partir de uma seleção direta do aprendiz, através da ferramenta disposta na interface, os tópicos de ajuda serão generalizados.

Quando o processo explicativo surge a partir de uma rejeição a uma dica, anteriormente oferecida ao aprendiz pelo agente pedagógico, os tópicos de ajuda serão especificados de acordo com os conceitos envolvidos no assunto da dica, segundo uma percepção do agente pedagógico.



δ1: Agente Pedagógico (P) oferece ajuda ao Aprendiz (A)

δ2: A aceita ajuda e especifica questionamento

δ3: P oferece explicação

δ4: A concorda com explicação

δ5: A rejeita explicação

δ6: P propõe Negociação com Mediador

δ7: A discorda de proposta e rejeita oferta

δ8: A solicita diálogo com Mediador

S0: P em reflexão

S1: A em reflexão

S2: P em reflexão

S3: A em reflexão

S4: Estado Final com satisfação

S5: Estado de rejeição por A

S6: A em reflexão.

S7: Estado Final sem satisfação.

S8: Estado Final com satisfação. A comunicação segue no processo de Negociação

Figura 5.7 Processo Explicativo no Ambiente APACHE

5.4.2 Processo de Negociação

O processo de negociação representa uma interface negociativa que ocorre entre agentes Mediador e Aprendiz e com Agentes Aprendizes entre si. A negociação entre aprendizes é resultado de uma solicitação direta de comunicação entre aprendizes. Entre mediador e aprendiz, a solicitação pode ser direta ou uma opção proposta pelo Agente pedagógico como continuação de um processo interativo explicativo.

Nas negociações entre agentes, o mediador segue monitorando a conversa e tem o poder de encerrar a interação quando achar conveniente.

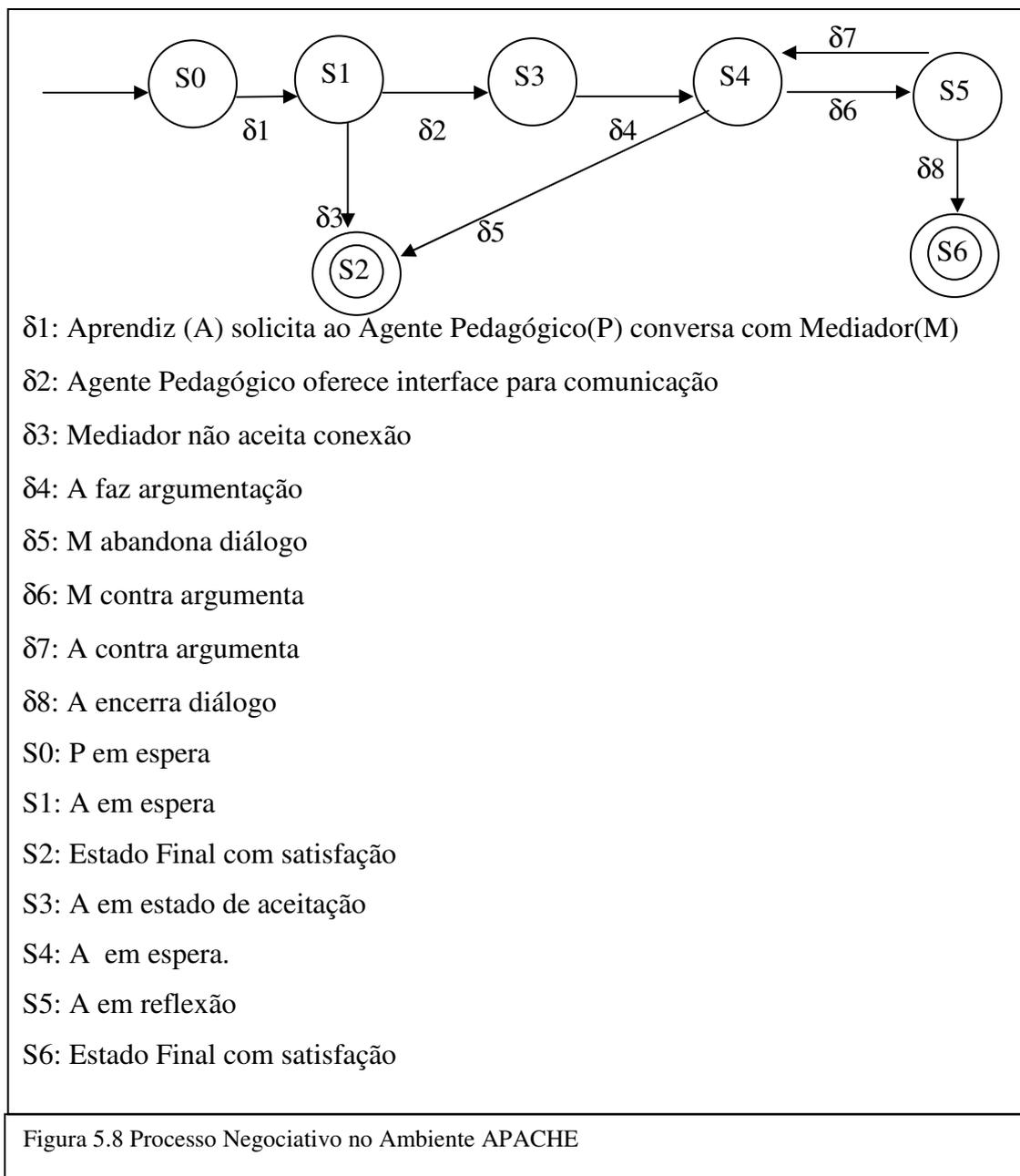


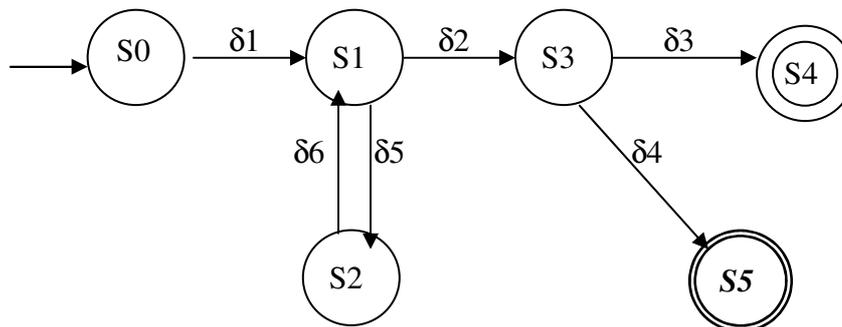
Figura 5.8 Processo Negociativo no Ambiente APACHE

5.4.3 Tarefa 1 - Harmonização do Ambiente Ecológico Virtual

Essa tarefa envolve agentes pedagógico e aprendiz. O objetivo é manter o ambiente em equilíbrio. Para isso o aprendiz se utiliza de ferramentas dispostas no ambiente, capazes de manipular o modelo do ambiente. O agente aprendiz é livre para executar qualquer ação no sistema, desde que observe as áreas de atuação da ferramenta no ambiente. O agente pedagógico oferece dicas quando percebe ações do aprendiz que sejam conflitantes com seu Modelo Cognitivo. A simulação das ações do aprendiz no ambiente permitem que ele compreenda as conseqüências de seus atos.



Figura 5.9 - Interface de Harmonização do Ambiente Ecológico Virtual



δ1: Agente Pedagógico(P) apresenta tarefa ao Aprendiz (A)

δ2: A executa ação

δ3: P concorda com ação de A

δ4: Início de Protocolo de comunicação

δ5: A não executa ação

δ6: P solicita ação de A

S0: A em espera

S1: A em reflexão

S2: P em reflexão.

S3: A em espera.

S4: Estado Final com satisfação

S5: Estado representando estado inicial para o Protocolo de confrontação com desacordo argumentado

Figura 5.10 Formalização da tarefa 1

5.4.4 Tarefa 2 - Redação Interativa

Essa tarefa envolve agentes: pedagógico e aprendiz. O objetivo é manter o ambiente em equilíbrio, para isso o aprendiz dispõe de ferramentas do ambiente, capazes de manipular o modelo do ambiente. O agente aprendiz é livre para executar qualquer ação no sistema, desde que observe as áreas de atuação da ferramenta no ambiente. O agente pedagógico oferece dicas quando percebe ações do aprendiz que sejam conflitantes com seu Modelo Cognitivo. Todas as ações do aprendiz são simuladas pelo ambiente, permitindo que ele compreenda as conseqüências de seus atos.

É uma tarefa disponível no modo "online" de execução, a qualquer momento durante a tarefa os agentes podem utilizar as ferramentas interativas disponíveis no ambiente. Caixas de diálogo serão abertas para disponibilizar a comunicação entre aprendizes e com o Mediador.

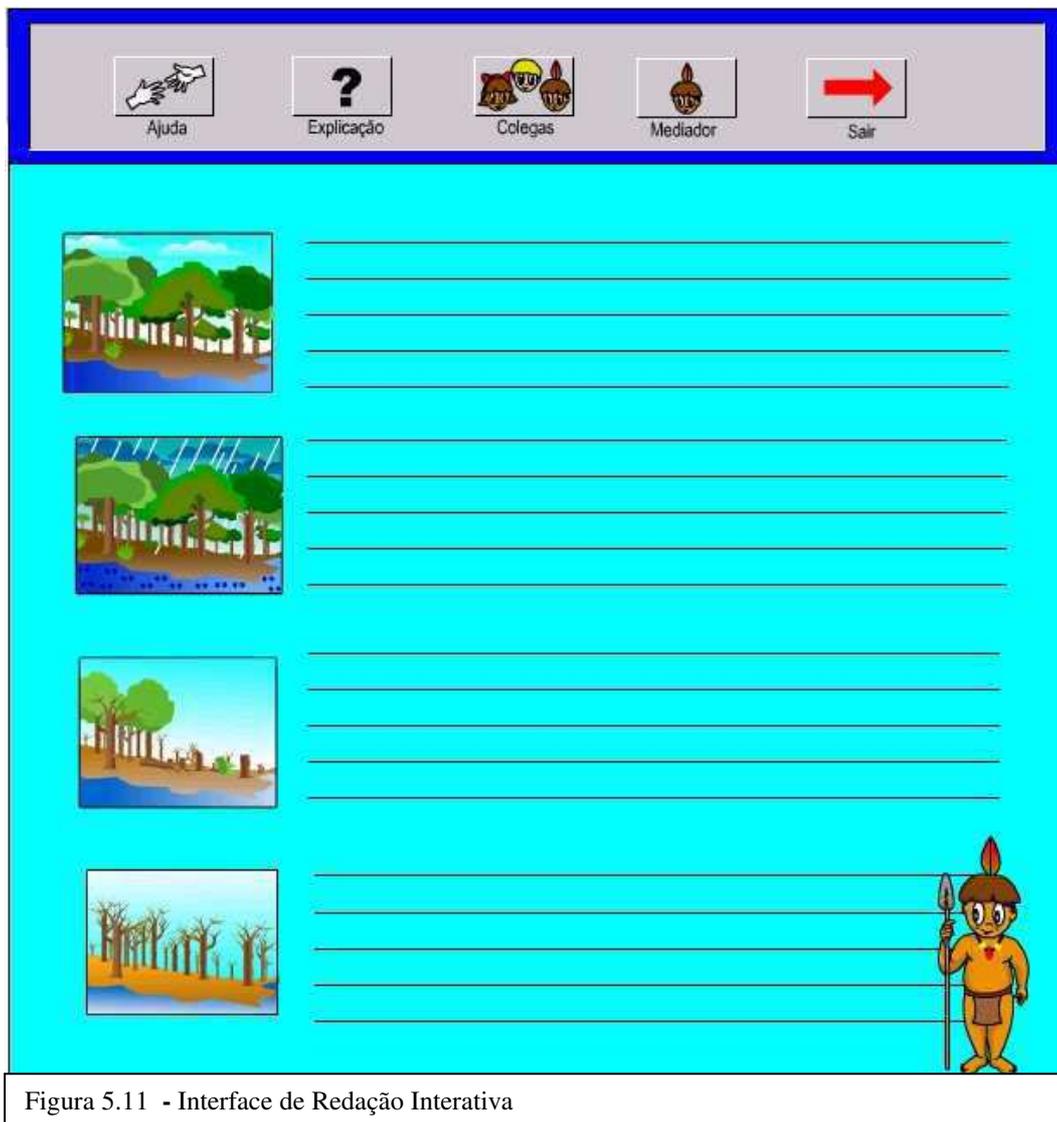
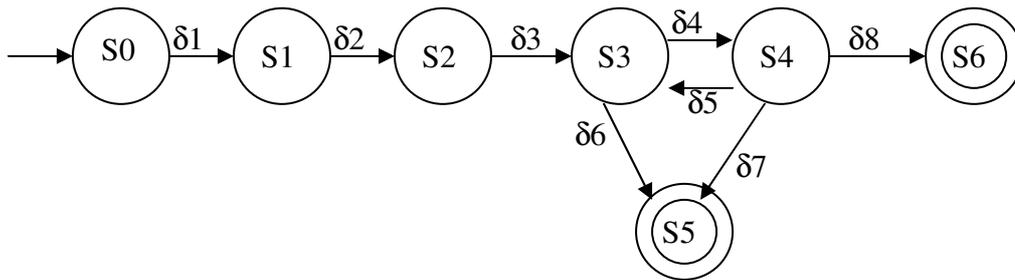


Figura 5.11 - Interface de Redação Interativa

Esta formalização descreve os procedimentos referentes ao agente que solicitou a tarefa. Para o ambiente dos agentes convidados, estabelecemos o estado inicial S1, ignorando as transições e estados anteriores e alterando sua descrição para S1: Agente recebe convite para ingressar na tarefa.



- $\delta 1$: Agente Pedagógico(P) apresenta tarefa ao Aprendiz (A)
 $\delta 2$: Agente Pedagógico (A1) solicita entrada na tarefa
 $\delta 3$: P oferece ambiente de interação com outro Aprendiz (A2)
 $\delta 4$: A1 executa ação
 $\delta 5$: A2 executa ação
 $\delta 6$: A1 encerra tarefa
 $\delta 7$: A2 encerra tarefa
 $\delta 8$: P encerra tarefa
 S0: A1 em espera
 S1: A1 reflete
 S2: P em reflexão.
 S3: A1 em reflexão
 S4: A2 em reflexão
 S5: Estado Final sem satisfação (abandono de tarefa)
 S6: Estado Final com satisfação

Figura 5.12 Formalização da tarefa 2

5.4.5 Tarefa 3 - Seqüência de Cenários Justificado

Esta tarefa envolve agentes: pedagógico e aprendiz. O objetivo é manter o ambiente em equilíbrio, para isso o aprendiz dispõe de ferramentas capazes de manipular o modelo do ambiente.

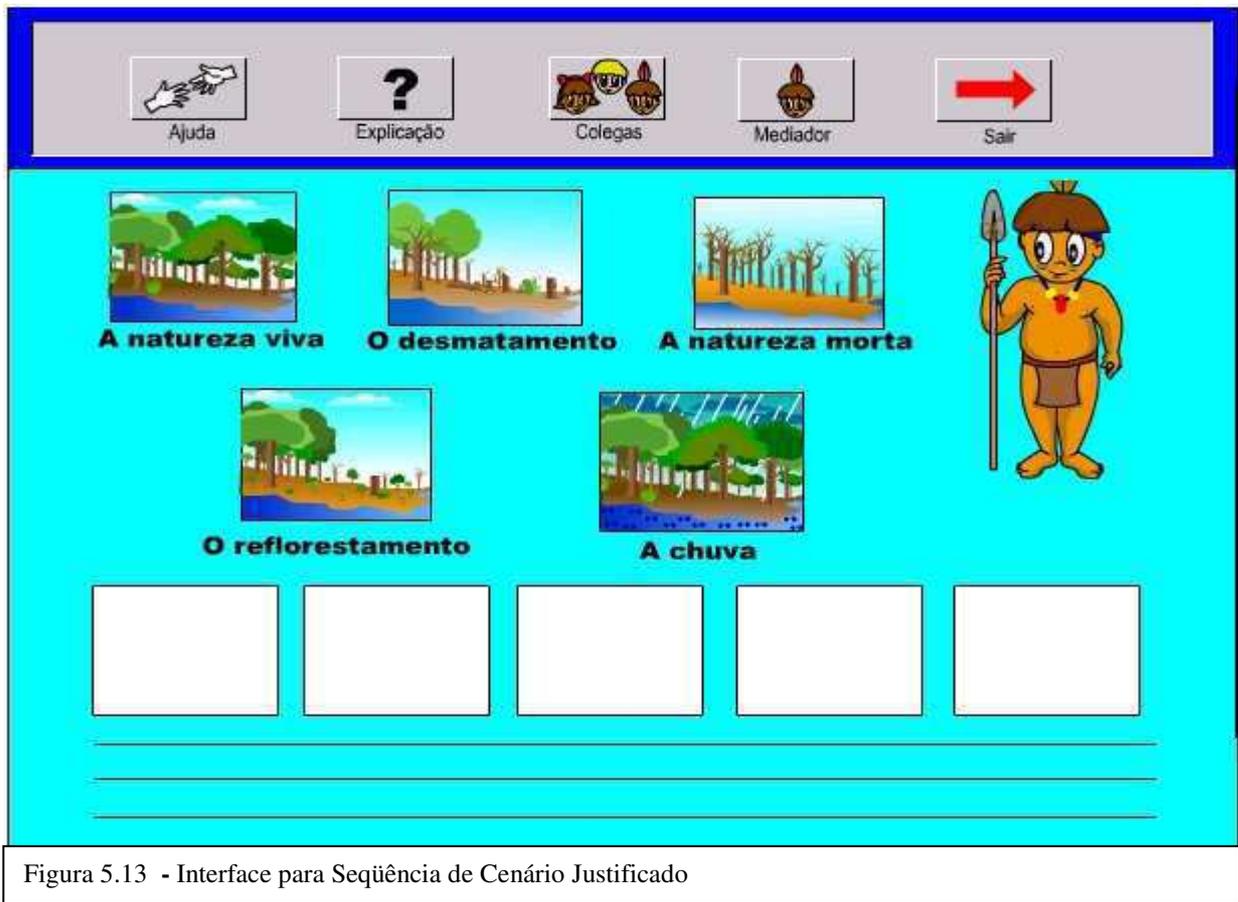


Figura 5.13 - Interface para Seqüência de Cenário Justificado

Outras tarefas que envolvem o agente pedagógico e aprendiz em atividades podem ser descritas pelo mesmo processo interativo, como tarefa de Limpeza do Rio (Fig 5.14), onde o aprendiz interage com cenário no intuito de retirar do fundo do rio o que pode ameaçar o equilíbrio ecológico.

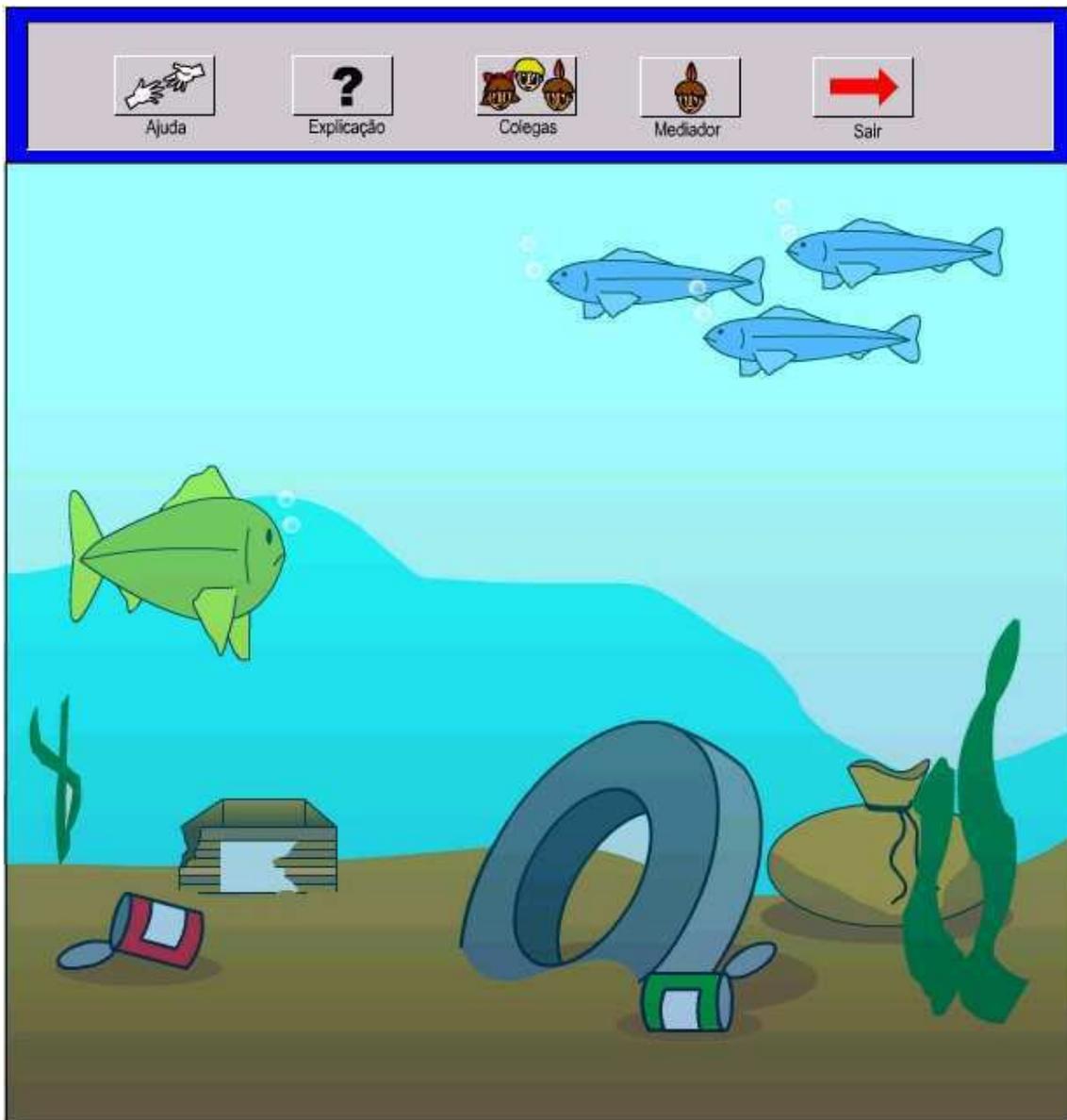


Figura 5.14 Tarefa de Limpeza do ambiente aquático

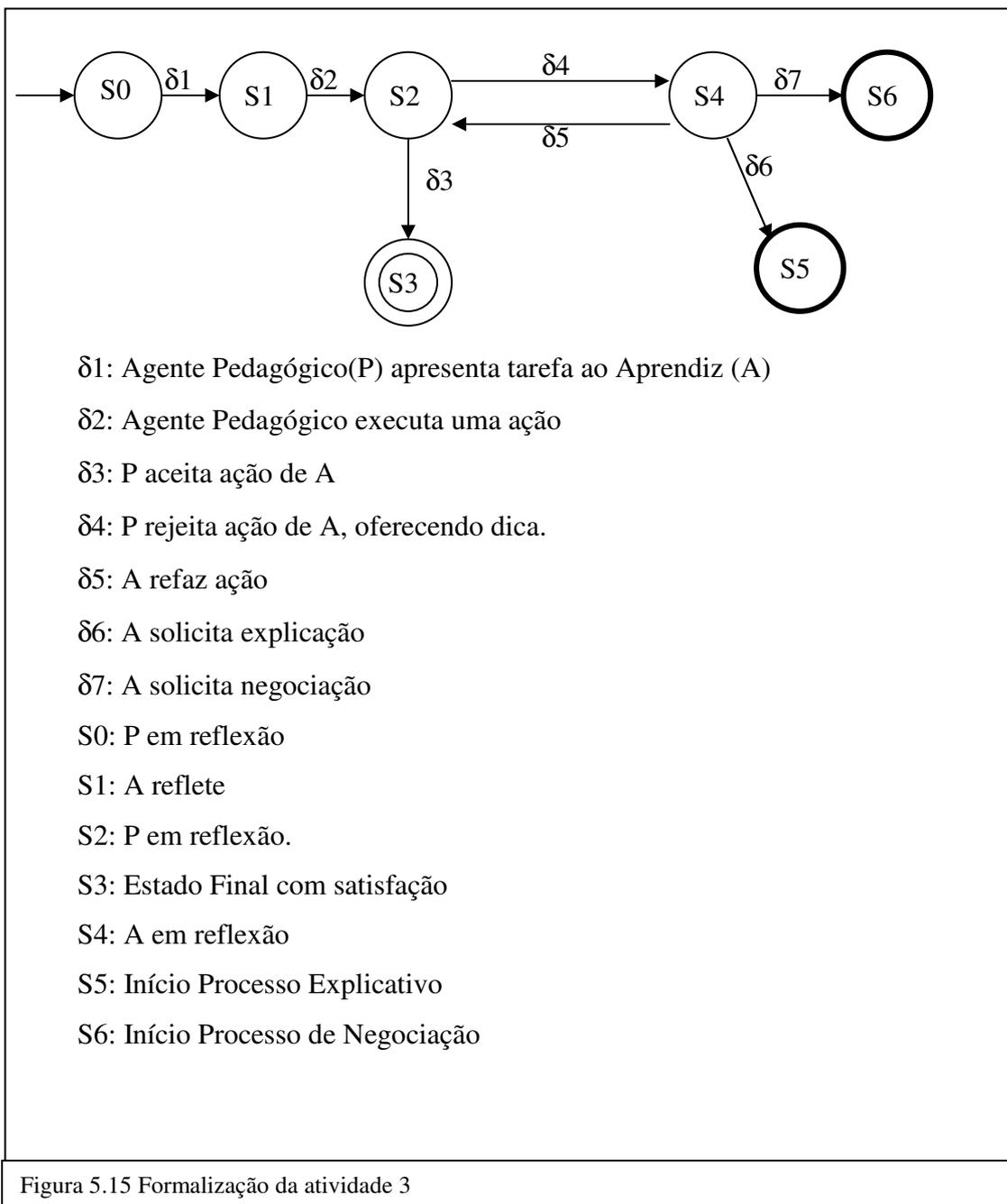


Figura 5.15 Formalização da atividade 3

5.4 Descrição dos Objetos da Arquitetura

Analisando a arquitetura proposta vamos descrever os objetos que a compõem, observando como eles se relacionam e como são compostas as bases de dados referentes a cada agente no ambiente.

Descrevemos quatro classes distintas, considerando que cada uma possui funções próprias no ambiente:

O Agente Pedagógico - esta classe é composta pela descrição de um agente cognitivo, que vai acompanhar e auxiliar o aprendiz na interação com o ambiente. Este agente possui:

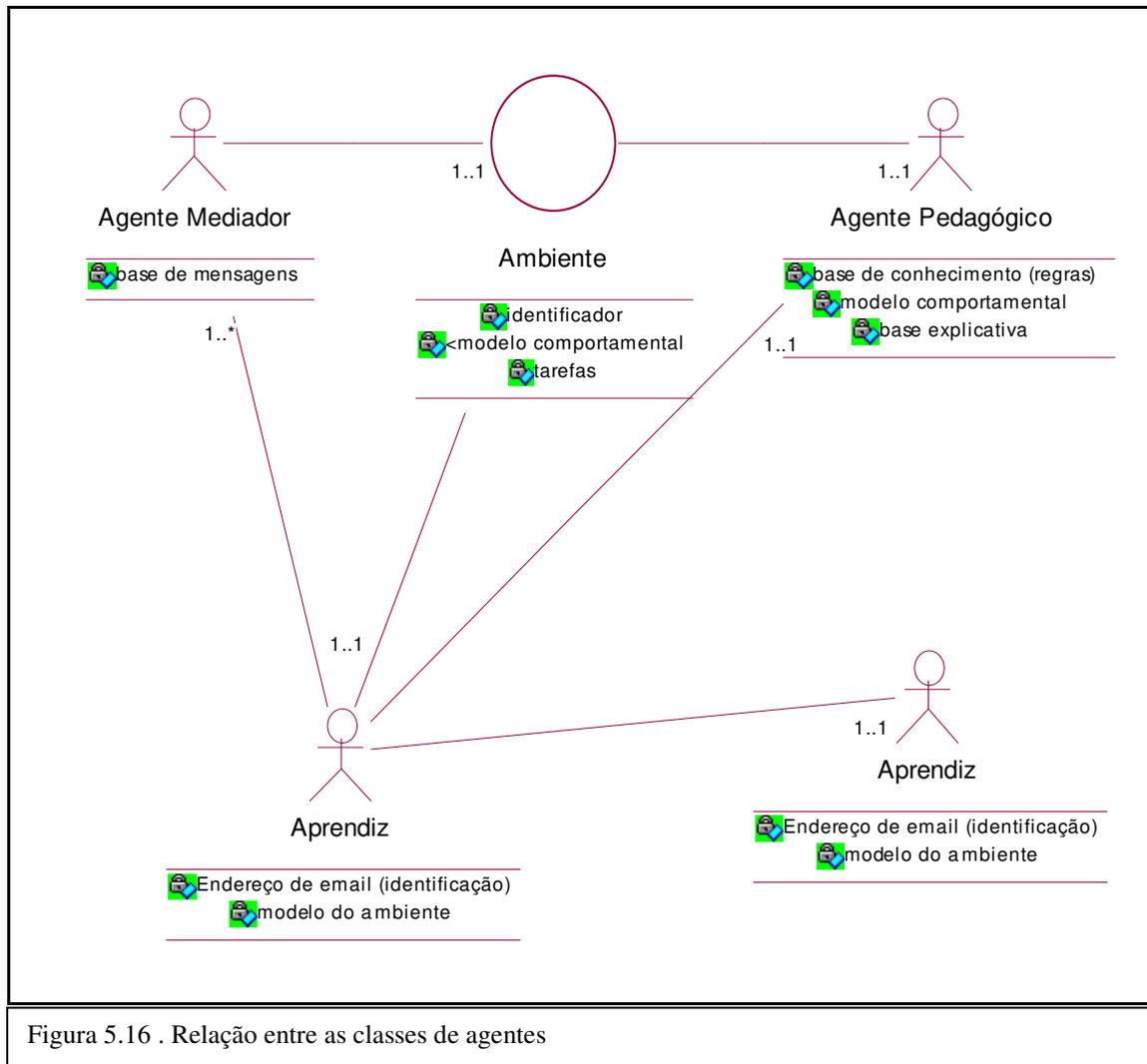
- uma base de Conhecimento, baseada em regras, que vai descrever seu modelo cognitivo,
- uma base de dados Comportamental que descreve as sequências comportamentais a serem assumidas pelo agente.
- Uma base de dados Explicativa que contém referencias para as sequências comportamentais e os recursos explicativos (texto, som e imagem) que serão utilizados no processo explicativo.

O Agente Mediador: Esta classe descreve o agente humano que vai intervir nas discussões quando for solicitada sua participação ou quando da avaliação das atividades interativas. Para isso vai utilizar um repositório de mensagens que descreverá os processos comunicativos ocorridos em cada tarefa interativa entre agentes aprendizes, bem como, o resultado destas atividades interativas.

O Agente Aprendiz: Vai descrever o agente humano aprendiz que interage com todas as demais classes. Utiliza-se de uma base de informação onde são armazenados dados referentes a sua identificação como usuário no ambiente, bem como, os registros do histórico de atividades passadas (modelo do ambiente).

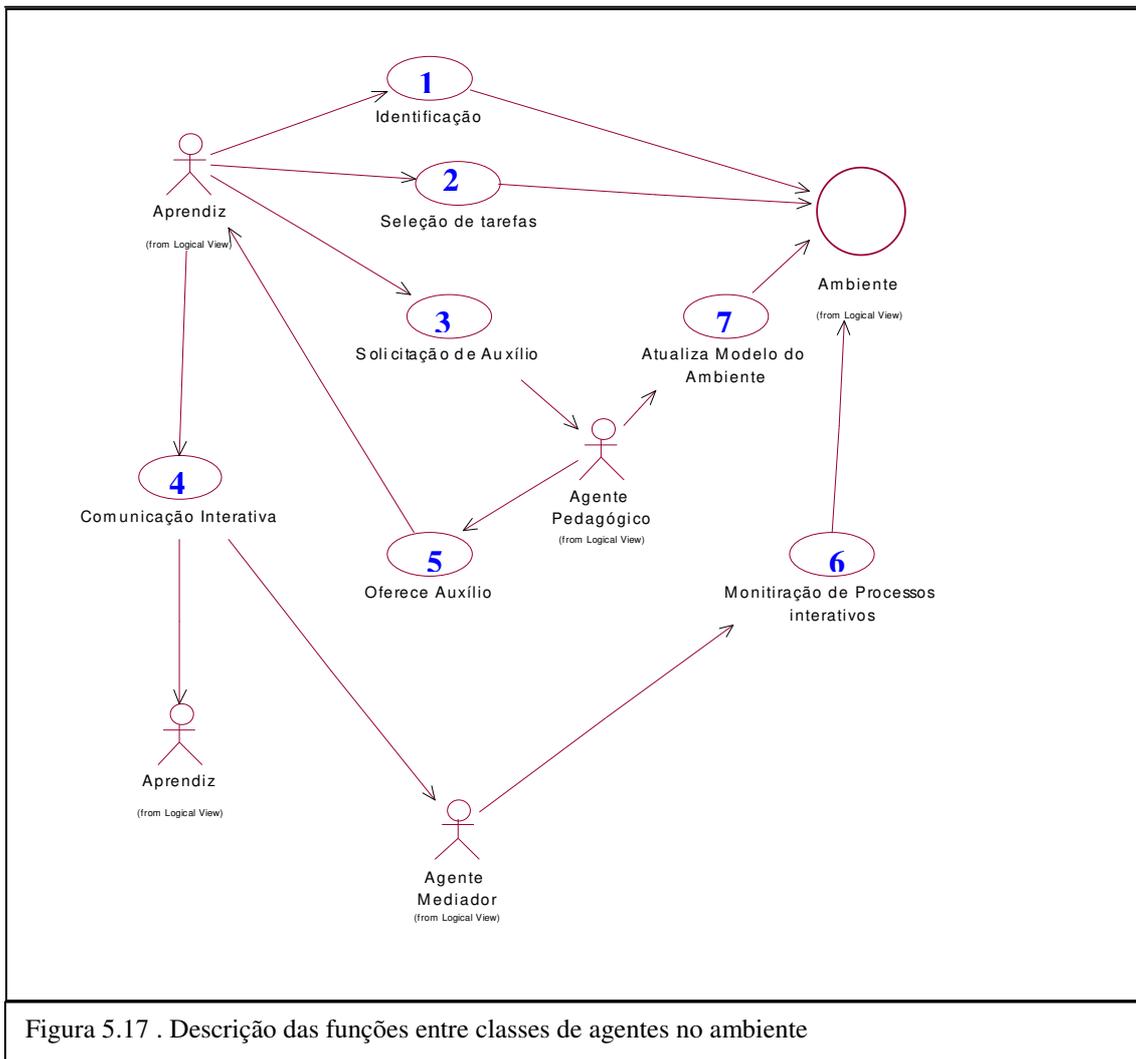
O Ambiente: Também descrito como uma classe do tipo interface, o ambiente envolve a participação de agentes reativos e seus modelos comportamentais. Possui

também a descrição das tarefas e cenários interativos, e os recursos utilizados nos processos de comunicação entre os agentes humanos.



Podemos relacionar estas classes e observar a cardinalidade (fig.5.16) que define estes relacionamentos. O Agente Aprendiz interage com todos os demais agentes no ambiente, inclusive com uma outra instância de sua classe. O agente Pedagógico interage com o ambiente e com Agente Aprendiz.

A seguir (fig. 5.17) vamos descrever como estas classes se relacionam ativamente, dentro do ambiente.



Acima (fig. 5.17) é mostrada a descrição das funções exercidas entre as classes de agentes do ambiente. Podemos descrevê-las mais claramente tomando as funções entre dois agentes, da seguinte forma:

Aprendiz-Ambiente

① IDENTIFICAÇÃO. É responsável pela identificação e disponibilização de acesso ao ambiente. Utiliza o endereço eletrônico do aprendiz, como identificação.

② SELEÇÃO DE TAREFAS. Permite que o aprendiz possa selecionar as atividades dispostas no ambiente, sejam elas, tarefas ou ações. Por exemplo, escolher uma opção, abrir uma interface para comunicação, ou executar ações que vão alterar o modelo do ambiente.

Aprendiz-Agente Pedagógico

③ SOLICITAÇÃO DE AUXÍLIO. Trata das solicitações de processos explicativos e negociativos durante a execução de tarefas.

Aprendiz-Mediador e Aprendiz-Aprendiz

④ COMUNICAÇÃO INTERATIVA. Envolve as trocas de mensagens entre os agentes humanos.

Agente Pedagógico-Aprendiz

⑤ OFERECE AUXÍLIO. Envolve recursos de percepção e base cognitiva para monitoramento das ações do Aprendiz durante a execução das tarefas. Considera o Modelo Comportamental do Agente Pedagógico (Item 4.4.1.4).

Mediador-Ambiente

⑥ MONITORAÇÃO DE PROCESSOS INTERATIVOS. É responsável por gerenciar os processos comunicativos entre agentes humanos durante execução de atividades, armazenar em repositórios para serem analisados pelo Mediador.

Agente Pedagógico-Ambiente

⑦ ATUALIZAÇÃO DO MODELO DO AMBIENTE. Tem o objetivo de manter atualizados os agentes reativos, tomando como referência o comportamento do aprendiz e do Agente Pedagógico, como e quais atos vão refletir mudanças no ambiente.

5.6 Conclusão

Este capítulo apresentou a formalização do discurso representando como os agentes se dispõem a completar os processos interativos, que compõem os protocolos de comunicação do ambiente APACHE. Em seguida foram apresentados os processos interativos referentes aos três tipos de tarefa do sistema, de forma a esclarecer como ocorrem as interações nas tarefas do ambiente.

Descrevemos também a estrutura dos agentes no ambiente, mostrando a descrição dos objetos de estudo da arquitetura, como eles se interagem funcionalmente no ambiente.

O objetivo deste capítulo é tornar evidente a ocorrência de processos colaborativos no Ambiente APACHE, mostrando como esta colaboração ocorre e quais os agentes envolvidos nas interações.

6. Conclusão

6.1 Revisão Geral

Durante a este trabalho, foi possível estudar e analisar várias propostas para o implementação de ambientes colaborativos de aprendizagem, muitas delas apresentaram considerações quanto aos resultados empíricos obtidos. De modo geral, podemos concluir que a colaboração pode ser aplicada de formas distintas, alguns ambientes apresentam um grau maior de interatividade, como o People Power [DIL.96b], que está mais voltado para manutenção de processos de negociação e C_Chene [DIL.96b] que utiliza várias ferramentas para viabilizar a comunicação. Outros analisam pequenos aspectos colaborativos que podem ocorrer até fora do ambiente computacional, mas sendo estimulados por ele, como o sistema StrathTutor[OMA.95] e o trabalho descrito por Riel [RIE.96].

De forma a seguir um raciocínio coerente, optamos por descrever a colaboração segundo os trabalhos de Dillenbourg [DIL.99] e O'Malley [OMA.95]. Em [DIL.99] foi possível encontrar uma descrição mais detalhada sobre a aprendizagem colaborativa e sua relação com a teoria cognitiva de Vygotsky [VYG.78], em [OMA.95] pudemos analisar várias propostas colaborativas aplicadas a ambientes computacionais. Estas foram duas referências fundamentais para a concepção do ambiente APACHE.

Para analisar ferramentas e cenários adequados na concepção destes ambientes, também nos baseamos nas considerações de Schank [SCH.97], sobre os ambientes virtuais de aprendizagem; [JON.00] e sua descrição sobre ferramentas de apoio intelectual. Os agentes pedagógicos desenvolvidos pela equipe da IntelliMedia, na Universidade da Carolina do Norte, serviram de orientação para descrever as funções destes agentes e seus benefícios nas aplicações em ambientes de aprendizagem.

As técnicas de IAD, foram analisadas para demonstrar sua viabilidade para aplicação em ambientes colaborativos, onde os agentes estão engajados na solução de uma tarefa em comum.

6.2 Considerações Finais

Foi nesta direção que propusemos um ambiente para o agente pedagógico APACHE, um agente artificial com as feições de um índio que em seu habitat ecológico, vai se envolvendo no processo de cognitivo juntamente com o aprendiz. O ambiente tem por objetivo introduzir conceitos fundamentais sobre os recursos da natureza, e posteriormente oferecer tarefas interativas, onde o aprendiz possa manipular ferramentas e construir uma solução para o problema.

Uma preocupação na a elaboração das tarefas era manter a criança envolvida no processo de leitura e escrita e não apenas na manipulação de objetos, de modo que ela pudesse expressar sua compreensão sobre o domínio explorado. Também consideramos fundamental disponibilizar ambientes simuladores, onde o aprendiz pudesse vivenciar as conseqüências de suas decisões, e aprender com seus erros.

Sendo assim, três tipos de atividades foram propostas inicialmente:

- um ambiente interativo de simulação, onde o aprendiz pode contar com a colaboração do agente pedagógico ou de um companheiro aprendiz.
- um ambiente interativo de criação textual, onde os aprendizes constroem um texto, com base nas gravuras oferecidas pelo ambiente, sob a supervisão de um agente mediador, e
- um ambiente "*off-line*", onde o aprendiz pode executar atividades com a colaboração somente do agente pedagógico.

A arquitetura propõe três agentes: o pedagógico artificial, o aprendiz humano e mediador humano. Seus papéis são descritos na arquitetura e tem por objetivo estimular o processo interativo no ambiente, permitindo que o aprendiz ao negociar uma ação, possa interferir na reestruturação de uma tarefa ou conceito.

A descrição formal dos processos interativos visa descrever como ocorre a comunicação entre os agentes do ambiente, tanto nos processos interativos de explicação e negociação quanto na execução das atividades.

6.3 Trabalhos Futuros

Dentre as atividades que podem dar continuidade a este trabalho estão:

- A implementação dos agentes cognitivos e reativos do ambiente;
- A avaliação dos resultados empíricos obtidos a partir de experimentações com grupo de crianças;
- Implementação de um modelo comportamental para o Agente Pedagógico, segundo os critérios descritos por Johnson [JOH.00a] e [JOH.00b],

Tendo atingido estes objetivos, que visam uma concepção bidimensional do ambiente, podemos investigar a aplicação de realidade virtual no ambiente, como descrito pelo agente STEVE, criando atividades onde o aprendiz possa vivenciar experiências através da imersão no ambiente virtual.

É importante ressaltar que este trabalho só pode ser completo se considerarmos a importância de profissionais de outras áreas envolvidas na concepção do software, tais como o designer, o especialista no domínio e profissionais de educação envolvidos na pesquisa de teorias de aprendizagem sociais.

Bibliografia

- [ALL.83] ALLEN, J. F. Recognizing intentions from natural utterances. In Computational models of discourse, MIT Press, Cambridge, MA. 1983.
- [ALL.86] ALLEN, J. F.. Natural language understanding, Benjamin/Cummings, Menlo Park, CA; 1986.
- [AND.99] ANDRE, E. and Rist, T. .Employing AI methods to control the behavior of animated interface agents. Artificial Intelligence 13. 1999.
- [ART.92] ARTZ, A.F. e ARMOUR-THOMAS, E. (1992). *Development of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving in small groups*. Cognition and instruction, 9, (2), 137-175.
- [BAL.94] BALACHEFF, Nicolas "Didactique et Intelligence Artificielle", *Recherches en Didactique des Mathématiques*.
- [BER.00] BERCHT, M. e Viccari, R. M. . Integrando fatores emocionais e motivacionais em agentes pedagógicos. SBIE'99 – Fortaleza, Dez/1999.
- [BER.97] BERCHT, M. Avaliação pedagógica como fator para construção de estratégias de ensino em ambientes de aprendizagem computadorizados: exame de qualificação. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1997.
- [BIR.93] BIRD, S. D. Toward a taxonomy of multiagents systems. International Journal of Man-Machine Studies, 39. 1993.
- [BLA.88] BLAYE, A. Confrontation sociocognitive et resolution de probleme. Unpublished doctoral dissertation, University of Provence. Aix-en-Provence. France.1988.
- [BON.88] BOND, A. e GASSER, L. Readings in distributed artificial intelligence. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1988.
- [BON.89] BOND, A. H. The cooperation of experts in engineering design. In Distributed Artificial Intelligence (Gasser e Huhns), Vol 2. Morgan Kaufmann, Los Altos, CA/ Piton, London.1989.
- [BON.92] BOND, A. and Gasser, L. A subject-indexed bibliography of distributed artificial intelligence. IEEE Trans. Syst. Man Cybernet. SMC-22(6). 1992.
- [BOU.91] BOURON, T. Feber, J. and Samuel, F. MAGES: a multi-agent testbed for heterogeneous agents. In Decentralized Artificial Intelligence 2 (Dmeazeau and Müller) Elsevier/North-Holland, Amsterdam. 1991.
-

-
- [BRI.91] BRISCOE, C. e LeMaster, S. Meaningful learning in college biology through concept mapping. *American Biology Teacher*, 1991.
- [BRI.98] BRIGHTMAN, H. GSU Master teacher program: on learning styles, 1998. Disp. em: <http://www.gsu.edu/~dschjb/wwwmbti.html>.
- [BRO.89] BROWN, A. L. & Palincsar, A.S. Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition. In Resnick, Knowing, learning and instructions: essays in honor of Robert Glaser. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1989.
- [BRO.92] BRODIE, M. and Ceri, S. On intelligent and cooperative information systems: a workshop summary. *Int. J. Intell. Coop. Inf. Syst.* 1 (2). 1992.
- [BRU.99] BRUSILOVSKY, P. Adaptive and intelligent technologies for web-based Education. In C. Rollinger and C. Peylo (eds). *Künstliche Intelligenz, Special Issues on Intelligent Systems and Teleteaching*, 1999, 4, 19-25.
- [BUR.98] BURTON, J. Computer modeling of dialogue roles in collaborative learning activities. Ph.D. Thesis. Computer Based Learning Unit - The University of Leeds. 1998.
- [CAM.83] CAMMARATA, S., McArthur, D. and Steeb, R. Strategies of cooperation in distributed problem solving. *Proc. J. Conf. Artif. Intell.*, 8th. Karlsruhe, Germany. 1983.
- [CAS.99] CASAS, L. A. Contribuições para modelagem de um ambiente de educação baseado em realidade virtual. Tese de doutorado. UFSC, Florianópolis, 1999.
- [CHA.87] CHAIB-DRAA, B. and Millot, P. architecture pour les systèmes d'intelligence artificielle distribuée. *Proc. IEEE Compint*, Montreal; 1987.
- [CHA.91] CHAN, T. 1991. Integration-kid: A learning companion system. In J. Mylopoulos, and R. Reiter., eds., *Proceedings of the Twelfth International Conference on Artificial Intelligence Volume 2, Sydney, Australia*, 1094 -- 1099. Morgan Kaufmann Inc.
- [CLA.81] CLARK, H.H. e MARSHALL, C.R.. Definite reference and mutual knowledge. Em A. Joshi et al., *elements of discourse understanding*. Cambridge: Cambridge University Press. 1981.
- [CLA.86] CLARK, H.H. e WILKES-GIBBS, D. Referring as a collaborative process. *Cognition*, 22. 1986.
- [CLA.89] CLARK, H.H. e SCHAEFER, E.F. Contributing to discourse. *Cognitive Science*, 13. 1989.
-

-
- [COH.79] COHEN, P. e PERRAULT, R. Elements of a plan-based theory of speech acts. *Cognitive Science*, 3, 1979.
- [COH.91] COHEN, D. I. Introduction to computer theory. John Wiley & Sons, Inc: New York. 1991.
- [COR.83] CORKILL, D. and Lesser, V. The use of meta-level control for coordination in distributed problem solving network. Proc. Int. Jt. Conf. Artif. Intell., 8th. Karlsruhe, Germany. 1983.
- [COR.86] CORKILL, D. , Galangher, K. and Murray, D. GBB: a generic blackboard system. Proc. Am. Assoc. Artificial Intelligence , Philadelphia; 1986.
- [COR.89] CORMEN, T. et al. Introduction to algorithms. New York: McGraw Hill, 1989.
- [DEC.87] DECKER, K. distributed problem-solving techniques: a survey. *IEEE Trans. Sys. Man Cybernet.* 17(5), 1987.
- [DIE.97] DIEBERGER, A. Supporting social navigation on the world-wide-web. *International journal of Human-Computer Studies*, 1997.
- [DIL.92] DILLENBOURG, P., and SELF, J. 1992b. People Power: A human-computer collaborative learning system. In Frasson, C.; Gauthier, G.; and McCalla, G., eds., *The 2nd International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Lecture Notes in Computer Science, 651--660. Springer-Verlag.
- [DIL.94a] DILLENBOURG, P. (1994) *The role of artificial intelligence techniques in training software*. CBT Forum 1/95, pp. 6-10. Disponível em <http://tecfa.unige.ch/tecfa-people/dillenbourg.html>.
- [DIL.94b] DILLENBOURG, P.; Mendelsohn, P.; and Schneider, D. 1994. The distribution of pedagogical roles in a multi-agent learning environment. In R.Lewis, and P.Mendelsohn., eds., *Lessons from Learning*. North-Holland. 199--21
- [DIL.96a] DILLENBOURG, et al. *The evolution of research on collaborative learning*. In Spada and Reimann (Eds) *Learning in Humans and Machines*. Disponível em <http://tecfa.unige.ch/tecfa-people/dillenbourg.html>.
- [DIL.96b] DILLENBOURG, P. & BAKER, M. (1996) Negotiation Spaces in Human-Computer Collaborative Learning. Proceedings of COOP'96. (Juan-Les-Pins, France, June)
- [DIL.99] DILLENBOURG, P. *Collaborative learning, cognitive and computational approaches*. Elsevier, 1999.
-

-
- [DOI.75] DOISE, W. et al. Social interactions and the development of cognitive operations. *European Journal of Social Psychology*, 5. 1975.
- [DOI.84] DOISE, W. & MUGNY, G. *The social development of the intellect*. Oxford: Pergamon. 1984.
- [DUB.88] DUBITSKY, B. Making division meaningful with the spreadsheet. *Arithmetic Teacher*, 1988.
- [DUR.85] DURFEE, E., Lesser, V. R., and Corkill, D.. Increasing coherence in a distributed problem solving network. *Proc. Int. Jt. Conf. Artificial Intelligence* , 9th, Los Angeles, 1985.
- [DUR.89] DURFEE, E. et al. Trends in cooperative distributed problem solving. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* KOE-11(1). 1989.
- [EDE.96] EDELSON, D. Pea, R e Gomez, L. *Constructivism in the collaboratory. Em Constructivism Learning Environments: case studies in instructional design*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Tecnology Publications, 1996.
- [EDW.89] EDWARDS .Changing variables using spreadsheets templates. *Arithmetic Teacher*, 1989.
- [ELL.97] ELLIOT, J. Coordinating speech and animated pedagogical agent. 1997. Disp. em: <http://www.csc.ncsu.edu/degrees/undergrad/Reports/jlelliot/thesis97.html>.
- [FER.92] FERGUSON, I. A. Toward an architecture for adaptative, rational, mobile agents. In *Decentralized Artificial Intelligence 3* (Dmeazeau and Müller) Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 1992.
- [FER.95] FERBER, J. *Les systèmes multi-agents: vers une intelligence collective*. InterEditions, 1995.
- [FER.96] FERBER, J. *Reactive distributed artificial intelligence: principles and applications*. In O'Hare, G.& Jennings,N.R. *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. John Wiley & Sons Inc. New York, 1996.
- [GAL.91] GALLIERS, J. R. Modeling autonomous belief revision in dialogue. In *Decentralized Artificial Intelligence 2* (Dmeazeau and Müller). Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 1991.
- [GAS.86] GASSER. L. The integration of computing and routine work. *ACM Trans. Off. Information Systems*. 4(3), 1986.
- [GAS.91] ASSER, L. Social conceptions of knowledge and action: DAI foundations and open systems semantics. *Artificial Intelligence*, 47; 1991.
-

-
- [GEN.86] GENESERETH, M et al. Cooperetaion without communication. Proc. Am. Assoc. Artif. Intell. Philadelphia, 1986.
- [GIB.79] GIBSON, J.. The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin. 1979.
- [GIB.82] GIBSON, J. Reasons for realism: selected essays of James J. Gibson. Hillsdalem, NJ: Lawrence Erlbaum Press. 1982.
- [GIR.97] GIRAFFA, L. Seleção e adoção de estratégias de ensino em sistemas tutores inteligentes. Exame de qualificação. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1997.
- [GIR.98a] GIRAFFA, L. e Viccari, R. The use of agents techniques on intelligent tutoring systems. 1998.Disponível em: <http://www.inf.pucrs.br/~giraffa/lucia.html>
- [GIR.98b] GIRAFFA, L.M. Selecting teaching strategies using pedagogical agents: thesis proposal. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1998.
- [GMY.92] GMYTRASIEWICZ, P. and durfee, E. Truth, lies, belief and disbelief in communication between autonomous agents. Proc. Int. Workshop Distributed Artificial Intelligence, 11th; 1992.
- [HAD.96] HADDADI, A. & Sundermeyer, K. Belief-desire-intention agent architectures. In O'Hare, G.& Jennings,N.R. Foundations of Distributed Artificial Intelligence. John Wiley & Sons Inc. New York,1996.
- [HAN.92] HANDCOCK, C. et ali. Authentic inquiry with data: critical barriers to classroom implementation. Educational Psychologist, 1992.
- [HAY.93] HAYS, K. et ali. Students as multimedia authors. ED media Conference, Orlando, FL, 1993.
- [HEW.91] HEWITT, C. Open information systems semantics for distributed artificial intelligence. Artificial Intelligence, 47; 1991.
- [HOA.78] HOARE C. A. . Communicating sequential process. Communication ACM 21; 1978.
- [HUH.87] HUHNS, M. et al. DAI for document retrivial: the MINDS Project. In Distributed artificial intelligence. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA/ Pitman, London; 1987.
- [HUH.91] HUHNS, M. and Bridgeland, D. Multiagent truth maintenance. IEEE Transs. Syst. Man Cybernet. SMC-21(6); 1991.
-

- [JEN.92] JENNINGS, N. R. and Mandani, E. . Using joint responsibility to coordinate collaborative problem solving in dynamic environments. AM. Assoc. Artificial Intelligence; 1992.
- [JOH.00a] JOHNSON. W. L. . Pedagogical agents. (acessado em Set/2000). Disponível em : www.isi.edu/isd/carte/ped_agents/pedagogical_agents.html.
- [JOH.00b] JOHNSON. W. L. and Rickel, J.. Animated pedagogical agents: face-to-face interaction in interactive learning environments. International Journal of Artificial Intelligence in education, 2000. (acessado em Set/2000). Disponível em : www.isi.edu/isd/carte.
- [JON.00] JONASSEN, D. Computers as mindtools for schools - engaging critical thinking. Prentice Hall, 2000.
- [KAN.94] KANSELAAR, G &. Erkens, G. Learning: from interactivity to Cooperation. In VOSNIADOU, et alli. Tecnology-based learning environments – psychological and educational foundations. Springer, Nato ASI Series, 1994.
- [KAT.93] KATZ, S., and LESGOLD, A. 1993. The role of the tutor in computer-based collaborative learning situations. In Lajoie, S., and Derry, S., eds., *Computers as Cognitive Tools*. Lawrence Erlbaum Associates.
- [KNI.86] KNIGHT, P. e TIMMONS, G. Using databases in history teaching. Journal of Computer-assisted learning, 1986.
- [KNO.92] KNOX-QUINN, C. Students construction of expert systems in classroom. American Educational Research Association, San Francisco, CA, 1992.
- [KOS.96] KOSCHMANN, T. CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1996.
- [LAI.89] LAI, K. Acquiring expertise and cognitive skills in the process of constructing an expert system: a preliminary study. American Educational Research Association San Francisco, CA, 1989.
- [LAN.97] LANDIM, Cláudia Maria das Mercês Paes Ferreira. Educação a distância: algumas considerações. Rio de Janeiro: Cláudia Maria das Mercês Paes Ferreira Landim, 1997.
- [LAV.91] LAVE, J. & WENGER, E. Situated learning: legitimate peripheral participation. Educational Psychology. 1991.
- [LAY.94] LAY, J. Contest-Kid: a distributed competitive learning environment. Master These, Institute of Computer Science and Electronic Eng. National Central University, Taiwan. 1994.
-

-
- [LES.00] LESTER, J. et. ali. Dietic and emotive communication in animated pedagogical agents. In assell, J. Embodied Conversational Agents. Boston: MIT Press.
- [LES.81] LESSER, V. and Cockill, D. Functionally-accurate, cooperative distributed systemas. IEEE Trasn. Sys. Man Cybernet. SMC-11(10), 1981.
- [LES.83] LESSER, V. and Cockill, D. the distributed vehicule monitoring testbed: a tool form investigating distributed problem solving networks. AI Magazine, Fall; 1983.
- [LES.97] LESTER, J. et. ali. The persona effect: affective impact of animated pedagogical agents. CHI'97 Eletronic Publication, Atlanta. Mach,1997.
- [LIG.85] LIGHT, P. & GLACHAN, M. Facilitation of problem solving through peer interaction. Educational Psychology, 5. 1985.
- [LIT.90] LITMAN, D. and Allen, J.. Discourse processing and commensense plans. In Intentions in Communications (Cohen, Morgan, Pollack) MIT Press, Cambridge, MA; 1990.
- [LIT.99] LITTLETON, K. Häkkinen, P. Learning together: understanding the process of computer-based collaborative learning. Em DILLENBOURG, P. *Collaborative learning, cognitive and computational approaches*. Elvesier, 1999.
- [LIZ.90] LIZZOTE, M. and Moulin, B. A temporal planner for modelling autonomous agents. In Decentralized Artificial Intelligence (Dmeazeau and Müller). Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 1990.
- [MAE.94] MAES, Pattie., *Agents that reduce work and information Overload*. Communications of the ACM, vol.37 no.07 July, 1994.
- [MAL.90] MALONE, T. Organizing information processing systems: parallels between human organizations and computer systems. In Cognition, Computation and Cooperation (Zachary and Robertson) Ablex, Norwood, NJ; 1990.
- [MAR.92] von MARTIAL, F. Coordinating plans of autonomous agents, Lecture Notes Artificial Intelligence. Springer-Verlang, Berlin; 1992.
- [MER.92] MERCER, N., and Fisher, E. How do teachers help children to learn? An analysis of teachers' interventions in computer based activities. Learning and Instruction, 2 1992.
- [MER.95] MERCER, N. The guided construction of knowledge: talk amongst teachers and learners. Clevedon: Multilingual Matters. 1995.
-

-
- [MIL.97] MILLS, J. e JACKSON, R. Analysis of microbial growth data using a spreadsheet. *Journal of Biological Education*, 1997.
- [MIN.79] MINTZBERG, H. the structuring of organizations. Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, NJ; 1979.
- [MIS.90] MISOVICH, M e BIASCA, K. The power of spreadsheets in mass and energy balances course. *Chemical Engineering Education*, 1997.
- [MOL.96] MOLL, Luis C. Vygotsky e a educação- implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica. Porto Alegre: Artes Médicas,1996.
- [MOU.96] MOULIN, B. e CHAIB-DRAA, B. An overview of distributed artificial intelligence. Em O'Hare, G. *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. John Wiley & Sons Inc. New York,1996.
- [NIL.86a] NII, H. P .Blackboard systems: the blackboard applications systems, blackboard systems from a knowledge engineering perspective. Part II. *AI Magazine*; 1986.
- [NIL.86b] NII, H. P. Blackboard systems: the blackboard model of problem solving and the evolution of blackboard architectures. Part I, *AI Magazine*; 1986.
- [NIT.99] NITZKE, Julio A. criação de ambientes de aprendizagem colaborativa. Curitiba/PR: X SBIE, novembro 1999.
- [OHA.96] O'HARE, G.& Jennings,N.R. *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*. John Wiley & Sons Inc. New York,1996.
- [OKE.92] OKEBUKOLA, P. Can good concept maps be good problem solvers in science? *Education Psychology*, 1992.
- [OMA.95] O'MALLEY, c. *Computer supported collaborative learning*. NATO Series, Springer-Verlag, 1995.
- [OTT.98] OTTENHEIJM, S. What's the problem- How groups can develop a shared conception of problem using an Electronic Meeting System. *IEEE*,1998.
- [PAN.96] PANITZ, T. A definition of collaborative vs cooperative learning, 1996. Disponível em: <http://www.lgu.ac.uk/deliberations/collab.learning/panitz2.html>.
- [PAR.97] PARAGUAÇU, F. Vygotsky: un environnement d'apprentissage social pour la programmation fondé sur la collaboration entre agents d'aide à la conception par cas. 1997, tese de doutorado.
- [PEA.92] PEA, R. practices of distributed intelligence and designs for education. Technical report #21, March,1992.Northwestern University.
-

-
- [PER.99] PEREIRA, A. e Geyer, C. Um agente pedagógico para ambientes educacionais à distância. WISE'99, Fortaleza-CE.
- [PHI.98] PHILLIPS, R. . Models of learning appropriate to educational applications of information technology. In Black, B. and Stanley, N. (Eds), *Teaching and Learning in Changing Times*, 264-268. Proceedings of the 7th Annual Teaching Learning Forum, The University of Western Australia, February 1998. Perth: UWA. <http://cleo.murdoch.edu.au/asu/pubs/tlf/tlf98/phillips.html>.
- [PIA.32] PIAGET, J. The moral development of child. London, Routledge, 1932.
- [PIN.99] PINTO, R. e CUNHA, P. Educação e mídia digital: o diálogo em ambientes virtuais de estudo. Workshop Internacional Sobre Educação Virtual, Fortaleza, Anais:dez/1999.
- [POL.87] POLLACK, M. E. A model of plan inference that distinguishes between the beliefs of actors and observes. In reasoning about actions and plans (Georgeff and Lansky), Morgan Kaufmann, Los Altos, CA; 1987.
- [POL.90] POLLACK, M. E. Plans as complex mental attitudes. In Intentions in Communication(Cohen, Morgan and Pollack). MIT Press, Cambridge, Mass; 1990.
- [PON.84] PON, K. Databasing in the elementary (and second) classroom. Computing Teacher, 1984.
- [RAU.97] RAUCH, T.. Animated pedagogical agents. Report of February 1997. Meeting. IntelliMedia, of North Carolina State University. 1997.
- [RIE.96] RIEL, M. Cross-Classroom collaboration: communication and education. Em Theory and practice of an emerging paradigm. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1996.
- [ROS.86] ROSENSCHEIN, J.. Rational interactions: cooperating among intelligent agents. Ph. D. Disertation, Computer Science department, Stanford university, stanford, CA; 1986.
- [SCH.91] SCHREIBER, D. e ABEGG, G. Scoring students-generated concept mapps in introductory college chemistry. National Association for Research in Science Teaching Conference, Lake Geneva, 1991.
- [SCH.97] SCHANK, R. Virtual learning- a revolutionary approach to building a highly skilled workforce. McGraw-Hill, 1997.
- [SEL.88] SELF, J. Artificial intelligence and human learning: intelligent computer-aided instruction. Chapman and Hall computing series. 1988.
-

-
- [SER.69] SERLE, J. R. *Speech Acts*. Cambridge University Press, Cambridge, UK; 1969.
- [SHO.93] SHOHAM, Y. . Agent oriented programming. *Artificial Intelligence*, 60; 1993.
- [SIM.81] SIMON, H. *The sciences of the artificial* (2nd ed). Cambridge, MA: Mit Press. 1981.
- [SKI.58] SKINNER, B. *Teaching machines*. *Science* 129. 1958.
- [SLE.82] SLEEMAN, D. e Brown, J.S. *Intelligent tutoring systems*. Academic Press, London, 1982.
- [SNI.95] SNIR, J. Making waves: a simulation and modeling computer tool for studying wave phenomena. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 1995.
- [SPO.95] SPOEHR, K. Enhancing the acquisition of conceptual structures though hipermedia. In *Classroom lessons: integrating cognitive theory and classroom practice*. Cambridge, MA: Bradford Books, 1995.
- [STA.89] STAR, S. L.. The structure of ill-structured solutions: boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. In *Distributed Artificial Intelligence* (Gasser and Huhns). Morgan Kaufmann, Los Altos, CA/Pitman, London; 1989.
- [SUC.87] SUCHMAN, L. *Plans and situated actions*. Cambridge: Cambridge University Press. 1987.
- [TEA.93] TEASLEY, S. & ROSCHELLE, J. Constructing a joint problem space: the computer as a tool for sharing knowledge. In S. P. Lajoie, *Computers as cognitive tools*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [TOW.98] TOWS, S. et ali. Coherent gestures, locomotion, and speech in life-like pedagogical agents. 1998. Disponível em <http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/uist/268389/p13-towns/p13-towns.pdf> .
- [TUD.89] TUDGE, J. When collaboration leads to regression: some negative consequences of socio-cognitive conflict. *European Journal of Social Psychology*, 1989.
- [UHR.69] UHR, L. Teaching machine programs that generate problems as a function of interaction with students. *Proceedings of National ACM Conference*. Association for Computing Machinery, New York, 1969.
- [VOS.94] VOSNIADOU, et alli. *Tecnology-based learning environments – psychological and educational foundations*. Springer, Nato ASI Series, 1994.
-

-
- [VYG.78] VYGOSTKY, L. Minds in society. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1978.
- [VYG.98] VYGOTSKY, L.S. *A formação social da mente - o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*, São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- [WAR.83] WARTOFSKY, M. The child's construction of the world and the world's construction of the child; from historical epistemology to historical psychology. Em F.S. Kessel e A. W. Siegel, *the child and other cultural inventions*. New York: Preager. 1983.
- [WEI.93] WEISS, G. Learning to coordinate actions in multi-agent systems. Proc Int. Jt. Conf. Artif. Intell. , 13th, Chambérym France; 1993.
- [WEN.87] WENGER, E. Artificial intelligence and tutoring systems. Morgan Kaufmann Publishers. Inc. California,1987.
- [WER.89] WERNER, E. Cooperating agents: a unified theory of communication and social structure. In *Distributed artificial intelligence*. Morgan Kaufmann, Los Altos, CA/ Pitman, London; 1989
- [WIN.86] WINOGRAD, T. & Flores, F. Understanding computer and cognition: a new foundations for design. Ablex Publishing Corporation, 1986.
- [ZLO.90] ZLOTKIN, G. and Rosenschein, J. Blocks, lies, and postal freight: the nature of deception in negotiation. Proc. Int. Workshop Distributed Artificial Intelligence, 10th, Bandera, TX; 1990.
-