

Gloria Millaray J. Curilem Saldías

**Metodologia para a Construção de Interfaces
Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes**

**FLORIANÓPOLIS
2002**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Metodologia para a Construção de Interfaces
Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes**

Tese submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Doutor em Engenharia Elétrica.

Gloria Millaray J. Curilem Saldías

Florianópolis, Agosto de 2002

Metodologia para a Construção de Interfaces Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes

Gloria Millaray J. Curilem Saldías

‘Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Engenharia Biomédica, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina’

Fernando Mendes de Azevedo, Dr.
Orientador

Edson Roberto de Pieri, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

Fernando Mendes de Azevedo, Dr.
Presidente

José Palazzo Moreira de Oliveira, Dr.

Aurora Trinidad Ramirez Pozo, Dr.

Martha Refugio Ortiz Posadas, Dr.

Renato García Ojeda, Dr.

Jefferson Luiz Brum Marques, PhD.

A meu pai, por partilhar comigo seus ideais.

A minha mãe e as minhas irmãs, pelo carinho, cumplicidade e apoio.

A meu filho Camilo Ignacio, pelo seu amor e compreensão e por despertar o desejo de conhecer melhor o maravilhoso âmbito dos processos de ensino-aprendizagem.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Prof. Fernando Mendes de Azevedo por ter aceitado a orientação deste trabalho. Seu constante apoio, assim como suas intervenções nos momentos de impasse foram vitais para o desenvolvimento da tese.

Agradeço ao Prof. Jefferson Luiz Brum Marques, pelo seu interesse no projeto e pela sua constante preocupação de oferecer informações relevantes para a pesquisa.

Agradeço ao Instituto de Engenharia Biomédica da UFSC que me acolheu, em especial aos professores e aos colegas pela solidariedade, compartilhando trabalho e amizade, assim como à secretária da coordenação, Vânia Matozzo, pelo seu apoio.

Agradeço ao Depto. de Engenharia Elétrica da UFSC e a seus funcionários, Wilson, Marcos e Marcelo pela ajuda nos inúmeros trâmites do Doutorado.

Um especial agradecimento aos profissionais do Grupo Multidisciplinar de Atendimento ao Diabético (GRUMAD) do Hospital Universitário da UFSC, em particular à endocrinóloga Marisa Coral, à nutricionista Sonia Batista e à enfermeira Rita Sandoval quem forneceu a maior parte dos conteúdos do Módulo Especialista do sistema. Obrigado à enfermeira Rita por acreditar no projeto da tese e por nos transmitir seu entusiasmo e o amor pelo seu trabalho.

Desejo agradecer também aos usuários do GRUMAD, portadores de diabetes e suas famílias os quais aceitaram, de forma desinteressada, compartilhar suas experiências de vida, procurando apoiar outras pessoas com diabetes.

Agradeço aos professores Francisco Fialho, Stephen Alessi, Jean François Rouet e especialmente ao professor Richard Felder, pelo interesse por esta pesquisa e pelas informações que gentilmente ofereceram a distância, as quais enriqueceram muito o trabalho.

Agradeço à CAPES, pela ajuda econômica que me permitiu realizar esta pós-graduação. Agradeço também o apoio da Universidade de La Frontera, que incentivou a realização da pós-graduação e aceitou a minha passagem de mestrado para doutorado.

Agradeço o apoio de meus colegas do Depto. de Engenharia Elétrica da Universidade de La Frontera, em particular a Ivonne Gutierrez, Benedicto Beltran, Manuel Villarroel, Norma Donoso e Sergio Carter.

Agradeço o carinho e amizade dos colegas de Cuba, Colômbia, Perú, Argentina, México, Chile e Brasil os que enriqueceram esta estadia e com os quais compartilhei as penas e alegrias do doutorado.

Agradeço o carinho e o apoio de toda minha família.

Artigos Científicos

O trabalho desenvolvido originou as seguintes publicações em eventos científicos com corpo de revisores :

01. Curilem, S. G. M., Brasil, L. M., Sandoval, R. C. B., Coral, M. H. C., de Azevedo, F. M., Marques, J. L. B. "Development of An Intelligent Tutorial System for Application in Diabetes Education Programs". MIF'99 - International Symposium on Medical Informatics and Fuzzy Technology, Hanoi, Vietnam, August 26-29, 1999, Proceedings: 336-342.
02. Curilem, S. G. M., de Azevedo, F. M., Pinto da Luz, R.. "Virtual Reality in Intelligent Tutoring Systems". International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM'99, Dundee, Scotland, 1-3 September, 1999, Proceedings pp: 445-454.
03. Curilem, S. G. M., de Azevedo, F. "Sistemas Tutores Inteligentes y Educación". XIII Congreso Chileno de Ingeniería Eléctrica, Santiago, Chile, 8-12 Noviembre 1999, Anales pp: 639-643.
04. Curilem, S. G. M., Brasil, L., Sandoval, R., Coral, M., de Azevedo, F.M., Marques, J. "Sistema Tutor Inteligente para Auxiliar a Diabéticos a Convivir con Este Distúrbio Metabólico". XIII Congreso Chileno de Ingeniería Eléctrica, Santiago, Chile, 8-12 Noviembre 1999, Anales pp: 358-363.
05. Curilem, S. G. M., Brasil, L., Sandoval, R., Coral, M., de Azevedo, F. M., Marques, J. "*Considerations for the Design of a Tutoring System Applied to Diabetes*". Chicago'2000 – World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Chicago, USA, July 23-28, 2.000. ISBN: 0-7803-6468-6/00, IEEE.
06. Curilem, S. G. M., Brasil, L. M., Sandoval, R.C. B., Coral, M. H. C., Benedett, G.V., de Azevedo, F.M., Marques, J. L. B. "*Combinação de Estratégias Pedagógicas e Técnicas Multimídia para o desenvolvimento de um Sistema Tutor*". XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 11-13 Setembro, Florianópolis, 2.000, Anais Vol. I, pp: 373-378, ISBN: 85-7502-005-6.
07. Curilem, S. G. M., de Azevedo, F. M. "*Inteligencia Artificial para La Educación en Salud*". II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, 23-25 mayo 2.001, Habana, Cuba, Anales ISBN 959-7132-57-5.
08. Curilem, S. G. M., Espinosa, A., Sandoval, R. Saupe, R., de Azevedo, F.M. "*Aportes de la Ingeniería Biomédica a la Educación en Salud*". II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, 23-25 mayo 2.001, Habana, Cuba, Anales ISBN 959-7132-57-5.

09. Curilem, S. G. M., de Azevedo, F.M. “*Implementação Dinâmica de Atividades num Sistema Tutor Inteligente*”. XII Simpósio Brasileiro Informática na Educação, 21-23 Novembro 2001, Vitória, ES, Anais pp.453-460.
10. Curilem, S. G. M., de Azevedo, F.M. “*Estratégias Pedagógicas e Gerenciamento da Interface de um Sistema Tutor Inteligente*”. XII Simpósio Brasileiro Informática na Educação, 21-23 Novembro 2001, Vitória, ES, Anais: pp.565-568.
11. Curilem S. G.M., de Azevedo F.M. “Interface Inteligente para Tutor de Diabetes Mellitus Tipo I”. Artigo aceito no XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. CBEB'2002. São José dos Campos (SP), de 09 a 12 de setembro de 2002.
12. Curilem S. G.M., de Azevedo F.M. “Intelligent Tutoring System for Diabetes Education”. Artigo aceito na II Conferência Européia de Engenharia Médica e Biológica, EMBEC'02. Viena, Áustria, de 04 a 08 de dezembro de 2002.
13. Curilem S. G.M., de Azevedo F.M. “Estratégias Pedagógicas e Interfaces Inteligentes em Sistemas Tutores”. Artigo aceito no II Congresso Brasileiro de Computação, CBComp2002, Itajaí, (SC), de 27 a 29 de agosto de 2002.
14. Curilem S. G.M., de Azevedo F.M. “Ergonomia Didática na Interface de Sistemas Tutores Inteligentes”. Artigo aceito no VI Congresso Ibero-americano de Informática Educativa, IE2002. Vigo, Espanha, novembro de 2002.

Resumo da Tese apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Elétrica.

Metodologia para a Construção de Interfaces Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes

Gloria Millaray J. Curilem Saldías

Agosto / 2002

Orientador: Fernando Mendes de Azevedo, Dr

Área de Concentração: Engenharia Biomédica

Palavras Chave: Sistemas Tutores Inteligentes, Interfaces Adaptativas, Redes Neurais IAC, Educação e Saúde.

Número de Páginas: 246

RESUMO: O trabalho apresenta uma pesquisa que foi realizada com o objetivo de desenvolver Interfaces Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes. A pesquisa foi especialmente orientada a satisfazer necessidades educativas da área da saúde. A adaptação do ambiente onde ocorre o processo de ensino-aprendizagem permite entregar informações com conteúdos e formas significativas para o aprendiz e permite que este interaja com os objetos de estudo, de acordo com suas preferências e capacidades pessoais. Para isto, foi estudada uma forma de combinar várias teorias cognitivas, como as Inteligências Múltiplas, os Estilos de Aprendizagem, o Construtivismo e o Comportamentalismo. Isto permitiu obter estratégias e táticas que permitem selecionar os ambientes mais adequados para cada aprendiz. Com efeito, as teorias consideradas fornecem características que permitem identificar um aprendiz, fornecem métodos para poder diagnosticá-las e sugerem ambientes altamente afins com cada característica identificada. Desta forma o problema de adaptação foi definido por um conjunto de variáveis cujas relações definem o tipo de interface que deve ser construída para cada tipo de aprendiz. Uma Rede Neural Artificial de tipo IAC foi projetada para implementar o mecanismo de adaptação da interface do Sistema Tutor Inteligente. Um estudo de caso foi desenvolvido, projetando um Sistema Tutor Inteligente para apoiar os processos educativos de pessoas com Diabetes Mellitus Tipo1 e suas famílias. Este estudo permitiu realizar testes para comprovar o funcionamento do sistema de adaptação. A rede apresentou um desempenho adequado no tratamento do problema abordado. Como resultado da pesquisa, uma metodologia para projetar Interfaces Adaptativas em Sistemas Tutores Inteligentes foi elaborada.

Abstract of Thesis presented to the UFSC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Electrical Engineering.

Methodology for the Design of Adaptive Interfaces in Intelligent Tutoring Systems

Gloria Millaray J. Curilem Saldías

August / 2002

Advisor: Fernando Mendes de Azevedo, Dr

Area of Concentration: Biomedical Engineering

Keywords: Intelligent Tutoring Systems, Adaptive Interfaces, IAC neural networks, Health Education.

Number of Pages: 246

ABSTRACT: The present work exposes a research that was realized to develop Adaptive Interfaces in Intelligent Tutoring Systems. The research was especially oriented to satisfy educational needs in health area. The adaptation of the environment where the teaching-learning process happens, allows to supply information in significant contexts, adapting the contents and the forms to the apprentice preferences and personal capacities. This also allows a personalized interaction between the study objects and the apprentice. A combination of several cognitive theories was established, including theories like Multiple Intelligences, Learning Styles, Constructivism and Behaviorism. From this combination, strategies and tactics were obtained that allow to select the more adapted environments to each apprentice. The considered theories supply characteristics that allow to identify apprentices, they supply tools to diagnose them and suggest environments highly compatible with each characteristic. So, the adaptation problem was defined as a set of variables whose relationships define the interface type that should be configured for each apprentice. An Artificial Neural Network with an IAC architecture was designed to implement the adaptation mechanism of the Intelligent Tutoring System's Interface. A case study was developed, designing an Intelligent Tutoring Systems to support the educational needs of people with Diabetes Mellitus Type 1 and their families. This study allowed to realize tests to check the adaptation system performance. The neural network presented an adequate behavior as a computational model of the presented problem. As a result of the research, a methodology to design Adaptive Interfaces in Intelligent Tutoring Systems was elaborated.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XIV
LISTA DE TABELAS	XVI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O CONTEXTO DO PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA	1
1.1.1 MASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM	1
1.1.2 NOVOS REQUISITOS SOCIAIS	2
1.1.3 FERRAMENTAS DE APOIO AOS PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM	3
1.2 O APORTE DOS COMPUTADORES NO ENSINO	4
1.2.1 INSERÇÃO DOS COMPUTADORES À EDUCAÇÃO.....	4
1.2.2 REQUISITOS DA INSERÇÃO	6
1.3 PROBLEMÁTICA DA EDUCAÇÃO EM SAÚDE	8
1.3.1 NOVOS DESAFIOS PARA A EDUCAÇÃO EM SAÚDE.....	8
1.3.2 NOVOS MODELOS EDUCATIVOS PARA DOENÇAS CRÔNICAS	9
1.4 DEFINIÇÃO DA PROPOSTA DE PESQUISA	12
1.4.1 OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	12
1.4.2 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO.....	14
1.4.3 ORGANIZAÇÃO DA TESE	15
2. CONSIDERAÇÕES PEDAGÓGICAS	17
2.1 O APORTE DAS CIÊNCIAS COGNITIVAS	17
2.2 PARADIGMA INSTRUCIONAL	19
2.2.1 TEORIA COMPORTAMENTALISTA	20
2.2.2 TEORIA COGNITIVISTA	22
2.3 PARADIGMA INTERACIONISTA	24
2.3.1 TEORIA CONSTRUTIVISTA	26
2.3.2 TEORIA SÓCIO-INTERACIONISTA	30
2.4 TEORIA DOS ESTILOS DE APRENDIZAGEM.....	34

2.4.1 APRESENTAÇÃO DOS ESTILOS DE APRENDIZAGEM	35
2.4.2 MODELOS DE ENSINO PARA OS ESTILOS	37
2.5 TEORIA DAS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS	39
2.5.1 APRESENTAÇÃO DAS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS.....	39
2.5.2 MODELOS DE ENSINO PARA AS INTELIGÊNCIAS.....	41
2.6 COMBINAÇÃO DAS TEORIAS.....	42
2.6.1 COMBINANDO ESTRATÉGIAS	42
2.6.2 COMBINANDO ESTRATÉGIAS E TÁTICAS.....	45
3. SOFTWARES PEDAGÓGICOS	48
3.1 HISTÓRIA DOS SOFTWARES PEDAGÓGICOS	48
3.1.1 INSTRUÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR.....	49
3.1.2 INSTRUÇÃO INTELIGENTE ASSISTIDA POR COMPUTADOR	51
3.1.3 INSTRUÇÃO INTELIGENTE PSICOPEDAGÓGICA ASSISTIDA POR COMPUTADOR.....	52
3.1.4 LOGO E OS MICROMUNDOS.....	53
3.1.5 AMBIENTES INTELIGENTES DE APRENDIZAGEM.....	55
3.2 TIPOS DE ATIVIDADES PEDAGÓGICAS	56
3.2.1 ATIVIDADES SEQÜENCIAIS	56
3.2.2 ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO.....	57
3.2.3 SIMULAÇÃO E MODELAGEM	57
3.2.4 EXERCÍCIO E PRÁTICA.....	58
3.2.5 PERGUNTAS RESPOSTAS.....	59
3.2.6 JOGOS	60
3.2.7 ENCICLOPÉDIAS.....	61
3.2.8 EXEMPLOS.....	62
3.3 SISTEMAS Tutores INTELIGENTES.....	63
3.3.1 DEFINIÇÃO.....	63
3.3.2 COMPONENTES DE UM STI	64
3.4 A INFLUÊNCIA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS STI.....	67
3.4.1 MODELAGEM DO DOMÍNIO	68
3.4.2 MODELAGEM DO TUTOR.....	69
3.4.3 MODELAGEM DO ALUNO	71

3.4.4 OUTRAS FERRAMENTAS UTILIZADAS E NOVAS PERSPECTIVAS	73
3.5 INTERFACES INTELIGENTES	76
3.5.1 FERRAMENTAS DE CONSTRUÇÃO DE INTERFACES.....	77
3.5.2 TIPOS DE INTERFACES INTELIGENTES.....	85
3.5.3 INTERFACES ADAPTATIVAS	88
3.5.4 PROCESSO DE ADAPTATIVIDADE.....	90
3.5.5 EXEMPLOS DE ADAPTAÇÃO	91
3.6 FORMALIZAÇÃO DOS STI.....	94
3.6.1 DEFINIÇÃO DE AUTÔMATAS	95
3.6.2 TEOREMA.....	96
3.6.3 EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO DO AUTÔMATA	97
4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	100
4.1 DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO PROBLEMA.....	100
4.1.1 PROCESSO DE DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	100
4.1.2 AMBIENTES PEDAGÓGICOS.....	102
4.2 CARACTERÍSTICAS DO APRENDIZ.....	110
4.2.1 DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO APRENDIZ.....	110
4.2.2 OBTENÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS.....	111
4.2.3 CONSIDERAÇÃO ESPECIAL	115
4.3 ATRIBUTOS DA INTERFACE.....	116
4.3.1 DEFINIÇÃO DOS ATRIBUTOS DA INTERFACE.....	116
4.3.2 CONFIGURAÇÃO DAS TELAS	118
4.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	119
4.4.1 RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS	120
4.4.2 PROJETO DE PESQUISA.....	121
4.5 BREVE DESCRIÇÃO DOS PARADIGMAS DE IA CONSIDERADOS	124
4.5.1 SISTEMAS ESPECIALISTAS	124
4.5.2 REDES NEURAI ARTIFICIAIS	125
4.5.3 DESCRIÇÃO DAS REDES NEURAI DE TIPO IAC	127
5. MECANISMO DE ADAPTAÇÃO.....	135
5.1 ESTUDO DE CASO	135

5.1.1	DIABETES MELLITUS	135
5.1.2	STI PARA APOIAR O TRATAMENTO DO DM	137
5.1.3	ESTRUTURA DOS CONTEÚDOS.....	139
5.1.4	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS	142
5.2	IMPLEMENTAÇÃO DO MECANISMO DE ADAPTAÇÃO	144
5.2.1	JUSTIFICATIVA DO USO DE UMA REDE IAC	144
5.2.2	ESTRUTURA DOS TESTES.....	147
5.3	TESTE 1: MODELO RUMELHART	151
5.3.1	ARQUITETURA DA REDE	151
5.3.2	TESTES E RESULTADOS.....	156
5.3.3	PROBLEMAS DETECTADOS.....	157
5.3.4	SOLUÇÕES PROPOSTAS	158
5.4	TESTE 2: MODELO DE AZEVEDO – MATRIZ 1	160
5.4.1	ARQUITETURA DA REDE	160
5.4.2	TESTES E RESULTADOS.....	164
5.4.3	PROBLEMAS DETECTADOS.....	164
5.4.4	SOLUÇÕES PROPOSTAS	165
5.5	TESTE3: MODELO DE AZEVEDO – MATRIZ 2.....	167
5.5.1	MODIFICAÇÃO DOS PESOS	167
5.5.2	TESTES E RESULTADOS.....	167
5.5.3	TESTE DAS MUDANÇAS DE MODELO	173
5.6	CONCLUSÕES SOBRE O MECANISMO DE ADAPTAÇÃO	174
6.	RESULTADOS.....	177
6.1	OBJETIVO GERAL DA METODOLOGIA.....	177
6.2	MÓDULO ESPECIALISTA.....	178
6.2.1	OBJETIVO DO MÓDULO ESPECIALISTA.....	178
6.2.2	ESTRUTURA DOS TÓPICOS	179
6.2.3	CONSTRUÇÃO DOS CONTEÚDOS.....	181
6.2.4	CONCLUSÕES SOBRE O MÓDULO ESPECIALISTA	185
6.3	MÓDULO ALUNO	186
6.3.1	OBJETIVO DO MÓDULO ALUNO	186

6.3.2 ATIVIDADE DE DIAGNÓSTICO	186
6.3.3 ESTUDO ESTATÍSTICO	187
6.3.4 SISTEMA ESPECIALISTA	194
6.3.5 CONCLUSÕES SOBRE O MÓDULO ALUNO	199
6.4 MÓDULO TUTOR	200
6.4.1 OBJETIVO DO MÓDULO TUTOR	200
6.4.2 ESTRUTURA DO MÓDULO	202
6.4.3 CONCLUSÕES SOBRE O MÓDULO TUTOR	204
6.5 MÓDULO INTERFACE	205
6.5.1 OBJETIVO DO MÓDULO INTERFACE	205
6.5.2 SISTEMAS DE AUTORIA DA INTERFACE.....	208
6.5.3 CONCLUSÕES SOBRE O MÓDULO INTERFACE.....	209
7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	211
7.1 SUMÁRIO DA TESE	211
7.2 CONTRIBUIÇÕES	214
7.2.1 ÁREA DE EDUCAÇÃO	214
7.2.2 ÁREA DA COMPUTAÇÃO	215
7.2.3 ÁREA DA SAÚDE.....	217
7.3 TRABALHOS FUTUROS	219
7.3.1 MÓDULO TUTOR.....	219
7.3.2 ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS	220
7.3.3 AVALIAÇÃO DO APRENDIZ	221
7.3.4 INTEGRAÇÃO DO SISTEMA.....	222
7.3.5 ENSINO A DISTANCIA (INTERNET)	222
7.4 CONCLUSÕES	223
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	225

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Relação entre áreas que convergem nos softwares pedagógicos.....	18
Figura 2.2	Processo de aprendizagem segundo a teoria comportamentalista...	21
Figura 2.3	Divisão da matéria em módulos elementares	22
Figura 2.4	Processo de aprendizagem segundo a teoria construtivista	26
Figura 2.5	Predomínio da percepção sobre a conservação em crianças pré-operacionais.	28
Figura 3.1	Principais concepções de Softwares Pedagógicos (modificado de BRUILLARD, 1997)	49
Figura 3.2	Estrutura básica de um sistema de CAI	50
Figura 3.3	Estrutura básica dos sistemas de ICAI	52
Figura 3.4	Estrutura básica dos sistemas de ICAI psicopedagógicos	53
Figura 3.5	Componentes de um Sistema Tutor Inteligente.....	65
Figura 3.6	Mudança na visão de como o computador intervêm num processo de ensino-aprendizagem. a) Visão tradicional: automatizar o papel do tutor e substituí-lo. b) Nova Visão: o computador provê um meio de comunicação. c) Comunidades de Aprendizagem.....	76
Figura 3.7	Tipologia de Interfaces Inteligentes (modificado de KOLSKI, 1998).....	86
Figura 3.8	Estágios do Processo de Adaptatividade da Interface	91
Figura 3.9	Diagrama de Transição de Estados do Autômata deste exemplo....	98
Figura 4.1	Passos para a definição do problema.....	102
Figura 4.2	Estágios de Desenvolvimento e Idade do aluno	112
Figura 4.3	Exemplo dos resultados do processamento de um questionário ...	113
Figura 4.4	a) Grade para a visualização dos resultados do Questionário das Inteligências Múltiplas. b) Exemplo para um caso específico. Modificado de ANTUNES (2001).	114
Figura 4.5	Atributos de uma Atividade Pedagógica	119
Figura 4.6	Estágios do Processo de Adaptatividade da Interface	122
Figura 4.7	Topologia de uma rede IAC modelo Rumelhart	129
Figura 4.8	Entradas e Saída de uma Unidade de Processamento da Rede IAC.....	129
Figura 4.9	Topologia de uma rede IAC modelo de Azevedo	133
Figura 5.1	Tela Principal do sistema para processamento da Rede IAC.....	149

Figura 5.2	Tela de configuração das entradas e visualização das respostas da Rede IAC.....	149
Figura 5.3	Esquema da estrutura da rede IAC modelo Rumelhart.	153
Figura 5.4	Estrutura geral da Matriz dos Pesos, modelo Rumelhart.....	153
Figura 5.5	Esquema da estrutura da rede IAC modelo Rumelhart.	160
Figura 5.6	Estrutura geral da Matriz dos Pesos, modelo de Azevedo.	161
Figura 6.1	Organização dos conteúdos, mídias e ambientes.	181
Figura 6.2	Bidirecionalidade do funcionamento do SE do Módulo Tutor.	203
Figura 6.3	Estrutura do Módulo Tutor.	203
Figura 6.4	Exemplo de uma saída do Sistema Tutor Inteligente.....	206
Figura 6.5	Telas de Navegação pelos Conteúdos habilitados.	207

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Eventos Internos e externos das Fases da Instrução.....	23
Tabela 2.2	Estágios de desenvolvimento e sua influência na aprendizagem.....	27
Tabela 2.3	Elementos relevantes na aprendizagem segundo a teoria sócio-interacionista	33
Tabela 2.4	Dimensões dos Estilos de Ensino e Aprendizagem.....	37
Tabela 2.5	Estilos de Aprendizagem e sua influência na aprendizagem	38
Tabela 2.6	Inteligências Múltiplas e sua influência em processos de aprendizagem	41
Tabela 3.1	Utilização dos Modelos do Aluno segundo SELF (1988).....	72
Tabela 3.2	Ações do usuário (alfabeto de entrada)	97
Tabela 3.3	Estados possíveis do sistema (espaço de estados).....	98
Tabela 3.4	Transições de estados e saídas para o autômata deste exemplo.	98
Tabela 4.1	Características dos Aprendizes.....	110
Tabela 4.2	Atributos da Atividade	117
Tabela 4.3	Resumo da Atividade do Tutor	120
Tabela 5.1	Estrutura do Conteúdo do Sistema	139
Tabela 5.2	Descrição dos Interesses disponíveis no sistema.....	142
Tabela 5.3	Características incorporadas aos testes.....	142
Tabela 5.4	Atributos incorporados aos testes	144
Tabela 5.5	Combinações das Características para cada Estágio.....	150
Tabela 5.6	Geração dos Índices das Entradas de Validação	151
Tabela 5.7	Pools da rede IAC formados pelas variáveis do problema	152
Tabela 5.8	Relações entre Características e Atributos na Rede IAC de tipo Rumelhart.....	155
Tabela 5.9	Valores fuzzy dos pesos e seus significados	161
Tabela 5.10	Relações entre Características e Atributos na Rede IAC modelo de Azevedo 1.....	163
Tabela 5.11	Relações entre Características e Atributos na Rede IAC modelo de Azevedo 2.....	169
Tabela 5.12	Número de vezes que a característica é confundida nos testes $C \rightarrow A$ e $A \rightarrow C$	171
Tabela 5.13	Pesos entre Conteúdos e Interesses.....	172

Tabela 5.14	Pesos modificados entre Conteúdos e Interesse	172
Tabela 6.1	Arquivos que compõem um tópico.....	183
Tabela 6.2	Construção de Exemplos e Cenários	184
Tabela 6.3	Resumo da análise dos casos do questionário dos Estilos de Aprendizagem.....	192
Tabela 6.4	Considerações do processamento.....	192
Tabela 6.5	Variáveis na Análise.....	192
Tabela 6.6	Resultados da classificação utilizando o modelo reduzido.....	193
Tabela 6.7	Resumo da análise dos casos do questionário das Inteligências Múltiplas	193
Tabela 6.8	Considerações do processamento.....	193
Tabela 6.9	Variáveis na Análise.....	193
Tabela 6.10	Resultados da classificação utilizando o modelo reduzido.....	194
Tabela 6.11	Geração dos casos de validação	196
Tabela 6.12	Resultados para os 7 casos de validação (Estilos de Aprendizagem).....	196
Tabela 6.13	Resultados obtidos para os 6 casos de validação (Inteligências Múltiplas)	197

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar a pesquisa. Para isto o capítulo procura situar o trabalho no seu contexto histórico e social, tentando resgatar sua relevância, os diversos elementos que intervêm na problemática tratada, assim como as motivações que levaram para seu desenvolvimento.

1.1 O Contexto do Problema e sua Relevância

O trabalho de pesquisa que será apresentado aqui, está inserido dentro da problemática da utilização de novas tecnologias para apoiar processos de ensino-aprendizagem. A pesquisa foi realizada num contexto histórico especial, que se caracteriza, entre outros aspectos, por uma análise aprofundada dos processos educativos, em todas as áreas do conhecimento e níveis educacionais (MORIN, 2001; COSTA, 1996). Esta análise tem por objetivo saber quais são as limitações da educação atual e como orientar as mudanças que devem acontecer. Trata-se de fomentar uma educação mais eficiente e personalizada, que atinja a um maior número de pessoas, respondendo a seus interesses, capacidades e objetivos. A importância deste desafio para a educação reside no fato que uma política educacional de longo prazo pode se constituir num motor de desenvolvimento para os países ou regiões beneficiados (CIPE). Para isto é vital se questionar sobre os objetivos e os alcances do processo educativo, numa sociedade em contínua mudança. Três das principais causas que levaram a esta situação de análise e mudanças na educação estão brevemente expostas a seguir. Estas causas orientam o processo de mudança assinalando os objetivos e alcances que estas mudanças devem provocar.

1.1.1 Massificação dos Processos de Ensino-Aprendizagem

O esquema atual de ensino, utilizado em todas as áreas, está baseado na antiga relação entre o mestre e seus discípulos. Esta relação estava baseada em dois aspectos considerados importantes para o processo educativo: uma relação afetiva entre o mestre e o discípulo e um trabalho direto com os conceitos ou fenômenos que se desejavam transmitir. O discípulo era orientado pelo mestre, em uma permanente e longa interação, altamente personalizada, que permitia

incluir uma grande quantidade de variáveis ao processo de ensino-aprendizagem, possibilitando uma avaliação de capacidades, não somente intelectuais, mas também emocionais, físicas, artísticas etc. Além disto, os aprendizes estavam em contato direto com os elementos de estudo, podendo dedicar grandes quantidades de tempo à observação dos fenômenos e à compreensão dos mesmos.

Esse esquema viu-se afetado pela massificação da educação. Nesta nova situação, o mestre se tornou professor ou, utilizando um termo mais geral, educador e os discípulos se tornaram alunos ou aprendizes. Desta forma e devido ao vertiginoso aumento no número de alunos, a essência da relação inicial é perdida, propiciando um processo educativo impessoal e muitas vezes pouco significativo, ou seja, pouco relevante para o aprendiz (NASSEH, 1996).

Neste contexto, o educador não pode chegar a conhecer as características que permitiriam adaptar sua forma de ensino a cada aprendiz. Aspectos como emoções e interesses pessoais são deixados de lado para propiciar um desenvolvimento intelectual, onde o domínio da lógica matemática e da lingüística, sobre outras formas de expressão, é o principal objetivo (GARDNER, 1993). Além disto, o processo perde significado porque os conhecimentos são selecionados e organizados pelo educador ou pelo estabelecimento educacional. O processo perde significado também porque os conteúdos são formalizados ou modelados e os aprendizes têm poucas possibilidades de interagir com os fenômenos reais. Isto último cria outra limitação para o processo de aprendizagem: o domínio da formalização. Como o aluno não está em contato direto com a matéria ele deve trabalhar com representações abstratas dos conteúdos, colocando um obstáculo adicional no processo de aprendizagem. Alunos com dificuldades para compreender as ferramentas de modelagem terão maiores dificuldades na aprendizagem.

Surge desta análise, a necessidade de criar processos de ensino-aprendizagem mais personalizados e significativos para os aprendizes.

1.1.2 Novos Requisitos Sociais

No contexto atual, o mercado de trabalho está continuamente em mudança, provocando excesso de pessoal em algumas áreas e falta de pessoal qualificado para outras tarefas. Isto gera desemprego ao mesmo tempo que o

desenvolvimento das atividades mais novas é mais lento pela falta de pessoal adequadamente treinado. Esta situação impõe novos requisitos aos profissionais e trabalhadores na chamada “sociedade da informação”, o que leva, inevitavelmente a um questionamento sobre os modelos educativos.

Com efeito, está-se em presença hoje de problemas que têm maior complexidade e que não encontram solução em livros, bases de informação ou pessoas especializadas. A inter, pluri e intradisciplinaridade são formas necessárias de procurar soluções a estes problemas (NICOLESCU, 1999). Por outra parte, as atividades cada vez mais dinâmicas das empresas requerem de empreendedores e “resolvedores” de problemas, que se adaptem rapidamente a diferentes estados do ambiente, sendo muito eficientes na manipulação de grandes quantidades de informação e na utilização das novas tecnologias. Aprender rapidamente e em forma contínua tem-se constituído numa capacidade vital para o desenvolvimento profissional. Os profissionais e trabalhadores devem se adaptar rapidamente às novas situações sócio-econômicas e às novas tecnologias.

Estas habilidades são difíceis de transmitir com as ferramentas tradicionais de ensino (LEVY, 1993). Surge desta análise, a necessidade de criar processos de ensino-aprendizagem que permitam aos alunos adquirir as capacidades que estão sendo requeridas, tornando mais eficiente sua adaptação às situações reais.

1.1.3 Ferramentas de Apoio aos Processos de Ensino-Aprendizagem

Um dos maiores impactos sobre as mudanças atuais é causado pelo rápido desenvolvimento tecnológico. Este desenvolvimento revolucionou as comunicações e, portanto, o intercâmbio de informação. O mundo inteiro se encontra atualmente preocupado com as novas Tecnologias da Informação e das Comunicações (TIC). As TIC podem ser definidas como qualquer recurso computadorizado, em rede ou isolado, que inclui software e hardware, e que é utilizado para intercâmbio de dados, informações ou conhecimento.

As TIC permitem eliminar fronteiras, propiciando uma “mundialização” quase instantânea da informação. As TIC possibilitam um intercâmbio de conhecimentos eficiente e de baixo custo, atingindo um enorme número de pessoas, pelo que podem jogar um papel fundamental na democratização de saberes. A amplitude da penetração dessas tecnologias, tanto na vida doméstica

como na profissional obriga as instituições de ensino, em geral, mas também a qualquer entidade que deseje promover um processo de ensino-aprendizagem, a reconsiderar sua missão e sua forma de fazer docência.

Surge desta análise, a necessidade de criar processos de ensino-aprendizagem que incorporem as TIC. Por uma parte os aprendizes devem se familiarizar com o uso desta ferramenta, por outra parte, a potencialidade da ferramenta permite a criação de ambientes que facilitem e respondam às novas necessidades educativas, em particular aos aspectos de personalização e desenvolvimento de capacidades novas.

Dentro de toda a discussão sobre a influência das TIC, analisa-se a seguir, como a inserção dos computadores pode apoiar processos de ensino-aprendizagem.

1.2 O aporte dos Computadores no Ensino

Depois de séculos de ensino tradicional, baseado na exposição de um professor e na aquisição passiva de conhecimentos, espera-se que a inserção da tecnologia nas Instituições Educativas propicie processos de aprendizagem mais ativos e centrados no aluno (NASSEH, 1996). Os computadores, como poderosas ferramentas de processamento, podem ser usados para construir ambientes educativos. A grande vantagem apresentada pelos computadores é que podem controlar, registrar e processar dados, informações e conhecimento. Além disto, eles oferecem uma grande capacidade de armazenamento, velocidade e confiabilidade na execução das instruções. Tudo isto faz com que eles possam processar experiências com objetivos pedagógicos (CURILEM, 1999a).

1.2.1 Inserção dos Computadores à Educação

Nos anos 70, a inserção dos computadores nas escolas prometia mudanças profundas para os processos de ensino-aprendizagem. A inserção do computador significou que, pela primeira vez na história dos processos de ensino modernos, os alunos dispunham de uma ferramenta que lhes permitiria interagir, de forma mais personalizada e direta com a matéria que era ensinada. Esta ferramenta propicia que os aprendizes sejam mais ativos dentro do processo de aprendizagem, adquirindo conhecimentos mediante interação com ambientes computacionais que se adaptem melhor ao ritmo e características de cada um

deles. Pelas perspectivas que isto representava, o desenvolvimento de softwares para apoiar processos de ensino-aprendizagem, ou softwares pedagógicos, se multiplicou.

Se são analisados os requisitos mencionadas no epígrafe 1.1.2, podem ser projetados ambientes e atividades computacionais que propiciem a aquisição das capacidades que os aprendizes devem desenvolver. Para isto, o computador deve oferecer diversos tipos de ambiente:

- Para apoiar um aprendiz a adquirir a habilidade de resolver problemas, podem ser implementados ambientes realísticos de exploração, simulações, resolução de problemas, etc. Estes ambientes propiciam uma participação ativa do processo de aprendizagem, experimentando, de forma crítica e autônoma, com os elementos que lhe são disponibilizados pelo sistema.
- Para a aquisição da habilidade de pesquisa de informações e recursos, assim como de trabalho colaborativo, os computadores favorecem a comunicação entre indivíduos e grupos, em particular com o desenvolvimento da Internet. (HEPP, 1996).
- Para que a aprendizagem seja significativa, os sistemas devem oferecer atividades que considerem as motivações dos alunos, adaptando as apresentações, os exemplos e problemas propostos às inquietudes pessoais dos estudantes. Segundo GARDNER (1993), num contexto onde é impossível que os alunos adquiram conhecimentos aprofundados em todas as áreas, é importante apoiar os interesses pessoais.
- Para aumentar as chances de interagir de forma adequada com o aprendiz, os conteúdos a serem transmitidos devem ser apresentados mediante uma grande variedade de meios e utilizando numerosas estratégias pedagógicas. Isto implica projetar um sistema que possa oferecer variados ambientes de aprendizagem (FELDER, 1996).
- Para atingir um maior número de aprendizes, os computadores e as tecnologias das comunicações podem dar solução a dois dos mais importantes problemas da educação atual: onde (o lugar) e quando (o momento). O desenvolvimento do Ensino a Distância sugere que dentro de alguns anos uma grande quantidade de aprendizes possam ser incorporados a esta modalidade de ensino, podendo escolher disciplinas independentemente dos lugares e dos horários, onde elas eram tradicionalmente ministradas

(NASSEH, 1996). Desta forma, a tecnologia amplia o campo de atuação da educação, oferecendo a possibilidade de incorporar mais alunos.

Os computadores revelam-se como verdadeiras ferramentas de apoio tanto aos processo de ensino, apoiando a tarefa dos professores, como aos processos de aprendizagem, apoiando as atividades dos alunos. As habilidades que podem ser fortalecidas pela inserção do computador no ensino são numerosas. No entanto a implementação de sistemas eficientes na transmissão destas habilidades é ainda um problema complexo e que está sendo pesquisado.

1.2.2 Requisitos da Inserção

A pesar do entusiasmo inicial, pouco a pouco tomou-se consciência de que a simples inserção dos computadores na sala de aula não produziu as mudanças desejadas (LEVY, 1993). A análise desta situação permitiu detectar alguns fatores que influem no sucesso ou fracasso do uso dos computadores na área educativa. Alguns destes fatores são apresentados a seguir pela importância que eles têm nas pesquisas sobre os softwares pedagógicos em geral, e no presente trabalho em particular.

- Em primeiro lugar, constatou-se que o processo de ensino requer de um mediador humano preparado para a inserção do computador. É fundamental que os educadores tenham consciência das mudanças que a inserção de um computador causa no processo de ensino – aprendizagem (VALENTE, 1995). Eles devem criar atividades inovadoras incorporando o computador de forma que este se constitua efetivamente numa ferramenta pedagógica. Isto leva necessariamente para uma etapa de repensar o ato de ensinar (FLEMMING, 1998). Portanto, não basta introduzir computadores nos ambientes educativos, mas é necessário também preparar o professor, ou mediador, para criar situações que facilitem o logro do objetivo da aprendizagem.
- Em segundo lugar, constatou-se que a concepção de um ambiente de aprendizagem assistido por computador envolve, direta ou indiretamente, uma visão sobre o processo de ensino-aprendizagem. É preciso que a pedagogia faça parte da estrutura mesma da aplicação. Por tanto, os recursos disponibilizados pelos softwares pedagógicos, como som, animações, cores devem ser utilizados segundo critérios iminentemente pedagógicos (ROUET, 2001).

- Em terceiro lugar, os softwares pedagógicos devem ter a capacidade de modelar os diversos componentes do processo de ensino-aprendizagem, o aprendiz, o tutor e o conteúdo. A obtenção de um modelo cognitivo do aluno permite identificar suas preferências, as diferentes etapas do seu processo, e assim identificar seu andamento e compreensão (FIALHO, 1994). A obtenção de um modelo pedagógico do tutor permite a seleção de ações pedagógicas específicas, orientadas a satisfazer as necessidades de um aprendiz específico. A modelagem do conteúdo permite uma interação rica e flexível entre aprendiz e conteúdo.

As pesquisas atuais procuram resolver estes problemas. Pode-se observar que cada problema pertence a um área diferente, salientando o caráter multidisciplinar da construção de softwares pedagógicos.

A área de domínio é a área onde será aplicado o sistema. Aqui, procura-se facilitar a incorporação dos sistemas à rotina educativa. Para isto, procura-se criar ferramentas de autoria que permitam que os educadores tenham a possibilidade de adaptar os softwares pedagógicos a suas concepções pessoais dos processos de ensino-aprendizagem.

A área pedagógica é a área que deve proporcionar informações sobre como propiciar a aprendizagem. Existe uma intensa pesquisa sobre como acontecem os processos cognitivos e como as teorias pedagógicas podem influenciar o projeto de softwares pedagógicos. Estas pesquisas definem os ambientes computacionais que devem ser oferecidos aos aprendizes.

Por último, a área da computação tenta achar ferramentas que modelem, o mais exatamente possível os diversos atores do processo de ensino-aprendizagem. Para isto, um grande esforço de pesquisa está sendo desenvolvido para avaliar diversos modelos construídos utilizando Inteligência Artificial. Esta ferramenta incorpora a flexibilidade e adaptabilidade indispensáveis aos modelos.

A presente pesquisa considera todos estes aspectos. Desta forma, ela se insere, na problemática da utilização dos computadores para apoiar processos de ensino-aprendizagem. Assim, está-se colaborando com a construção de ferramentas de apoio à educação que podem favorecer as mudanças desejadas nesta área. Embora estas ferramentas possam ser utilizadas em uma grande variedade de processos educativos, analisa-se neste trabalho, sua utilização em

processos educativos na área da saúde. Por esta razão, a seguir serão colocados alguns dos fatores que fazem que a área da saúde requeira, de forma imperativa, apoio nas suas tarefas educativas.

1.3 Problemática da Educação em Saúde

No contexto histórico atual, cada área de aplicação de processos educativos possui suas características e requisitos específicos. O presente trabalho está focalizado na necessidade de processos educativos eficientes na área da saúde. Por esta razão, alguns elementos sobre a problemática educativa da saúde são expostos a seguir.

1.3.1 Novos desafios para a Educação em Saúde

O mundo moderno enfrenta um forte incremento das doenças crônicas degenerativas. Estas doenças são muito dependentes dos hábitos da vida cotidiana, principalmente de fatores como alimentação pouco equilibrada, falta de exercício físico, estresse, consumo de álcool, cigarro ou drogas (WHO, 2000). Esta situação está tendo um impacto negativo nos índices da saúde mundial. Segundo a Organização Mundial da Saúde, em 1998 estas doenças representaram 60% (31,7 milhões) das mortes no mundo (OMS – UNESCO, 1996). Uma vez alcançados os estágios sintomáticos destas doenças, a medicina tem pouco a fazer e a qualidade de vida do indivíduo se vê fortemente afetada. Daqui surge a importância do enfoque preventivo para estas doenças. A intervenção preventiva deve ser a nível familiar e da comunidade devido a que os fatores de risco estão fortemente ligados a aspectos culturais e sociais. Trata-se de que cada indivíduo comece desde cedo a ter uma atitude que lhe permita evitar ou postergar o aparecimento deste tipo de doença. Segundo WHO (2000), mudanças modestas nos fatores de risco podem ter benefícios substanciais na saúde pública.

A manutenção da qualidade de vida depende em grande parte do adequado manejo das atividades cotidianas. No entanto, a pesar de que os temas de saúde e qualidade de vida têm-se popularizado, existem muitos mitos e informações contraditórias no que é geralmente difundido. Em meio a este cenário é preciso iniciar uma atuação sistemática para poder difundir conhecimentos e envolver

ativamente as pessoas com os hábitos que lhes permitam manter ou melhorar sua qualidade de vida. A educação em Saúde está se estabelecendo como uma atividade indispensável. A transferência de informação e conhecimentos deve ser ativa e eficiente. Fala-se de educação e não de ensino, para salientar o alcance que esta atividade deve conseguir: disponibilizar informações relevantes para gerar mudanças no comportamento das pessoas.

A educação em saúde deve estar orientada a satisfazer as necessidades de dois grupos de indivíduos que incorporam problemáticas diferentes. Em primeiro lugar, trata-se de atingir o público em geral. Neste caso, deve-se disponibilizar informações sobre as vantagens de adotar hábitos saudáveis, para resguardar a saúde e influir na preservação da qualidade de vida das pessoas, a mediano ou longo prazo. Alguns países estão incentivando a incorporação deste tipo de informações, nas escolas (OMS – UNESCO,1996). Em segundo lugar, devem-se desenvolver sistemas orientados a um público formado por portadores de algum tipo de distúrbio, seja físico, mental ou metabólico. Neste caso, o conteúdo da intervenção educativa, assim como os meios a utilizar, são diretamente dependentes do tipo de distúrbio ao que se está referindo. Os dois grupos de pessoas são extremamente heterogêneos, respeito da idade, níveis sócio-econômicos e culturais, o que requer de um alto nível de personalização na tarefa educativa. A intervenção educativa é particularmente importante para portadores de distúrbios e pode significar desde uma melhoria da qualidade de vida, até, em muitos casos, uma questão de sobrevivência.

A necessidade de uma educação em saúde aumenta ao mesmo tempo que se constata uma sobrecarga da demanda nas instituições de saúde. Em muitos centros médicos existe falta de recursos e profissionais para o atendimento de pacientes. Esta falta dificulta a tarefa de educar, principalmente utilizando métodos tradicionais, pelo que deve ser considerada a utilização de novos métodos e ferramentas para incorporar de forma efetiva a educação ao dia a dia às Instituições de Saúde.

1.3.2 Novos Modelos Educativos para doenças crônicas

O modelo tradicional de educação em saúde está baseado no atendimento das doenças agudas (FUNNELL, 2001). Numa situação aguda, o médico deve tomar decisões e ele é responsável pelos resultados destas decisões. Os pacientes

devem cumprir o mais exatamente possível as indicações médicas. Desta forma se cria um vínculo onde o paciente tem um papel bastante passivo respeito da toma de decisões. Por sua vez, o profissional da saúde tem a iniciativa das ações e adota uma atitude paternal com o paciente.

A análise da experiência adquirida no tratamento das doenças crônico-degenerativas mostrou que o modelo tradicional não é o mais adequado para este tipo de doenças. Isto está provocando uma mudanças no papel que devem desempenhar tanto as pessoas afetadas (pacientes e familiares) quanto os profissionais da saúde. Observou-se, em particular que, como são as pessoas portadoras dos distúrbios as que convivem com ele diariamente, elas devem ter o conhecimento que lhes permita saber como agir em qualquer situação. Mais do que isto, a diferença da educação tradicional, onde o profissional da saúde planeja o tratamento, nesta nova visão considera-se que as pessoas portadoras de algum distúrbio crônico da saúde têm o fundamental direito de tomar decisões sobre o tratamento (FUNNELL, 2001).

Contribui para esta compreensão BRICEÑO-LEÓN (1996), quando chama a atenção sobre o fato de que as práticas de educação em saúde, centradas nas doenças, estão esgotadas pela própria constatação de sua ineficácia. Ele propõe que a ênfase seja transferida para o ser humano. Em suas palavras: “Esta mudança de óptica implica dois princípios que têm que guiar qualquer ação sanitária: a) é preciso conhecer o ser humano; b) é preciso contar com o ser humano (...). Ninguém pode cuidar da saúde de outro, se este não quer fazê-lo por si mesmo” (BRICEÑO-LEÓN, 1996). Isto implica que a pessoa afetada por algum distúrbio da saúde deve ter disposição para o autocuidado. Se não se pode contar com a participação dos seres humanos, aos quais o programa de educação em saúde está dirigido, pouca ou nenhuma possibilidade de êxito pode ser prevista.

Estes pressupostos remitem à necessidade de personalizar o processo educativo e à necessidade de mobilizar e motivar seus usuários. Desta forma, se faz imprescindível conhecer as pessoas destinatárias das ações de saúde. Este conhecimento inclui suas crenças, seus hábitos e rotinas, assim como as reais condições materiais de sua vida (BRICEÑO-LEÓN, 1996). Também devem ser pesquisadas informações sobre histórico médico, conhecimentos atuais, estado emocional, cultura, filosofia pessoal sobre a saúde, assim como, capacidades

gerais de aprendizagem (visual, verbal, capacidade de compreensão, etc.) (DAVIDSON, 1998).

Os pacientes e suas famílias junto aos profissionais da saúde formam, neste novo modelo, grupos colaborativos. Assim, os profissionais devem apoiar os pacientes proporcionando cuidados especializados e a vantagem da experiência, como tradicionalmente, no entanto o objetivo é fazer com que as pessoas portadoras de doenças crônicas - degenerativas se tornem especialistas nestas doenças. Por esta razão a educação, como aquisição de conhecimentos, se torna essencial.

Aqui, como num grande número de processos de ensino e aprendizagem, os computadores podem dar apoio às necessidades específicas que foram apresentadas. A tecnologia educacional oferece as características necessárias para se tornar um instrumento que propicie mudanças no estilo de vida das pessoas, incorpore comportamentos saudáveis, melhorando qualidade de vida e a prática de habilidades específicas de cuidado. No entanto, nenhuma tecnologia, considerando o estado atual da arte na área, elimina o importante papel do educador ou diminui o valor dos intercâmbios entre pessoas que estão vivendo uma situação existencial semelhante. Desta forma, o uso da tecnologia deve estar acompanhado pelo apoio profissional, que reforce os conhecimentos científicos, a convivência com grupos de apoio e que valorize o saber e as práticas populares (LACROIX, 2000). Neste sentido, os pressupostos para a adesão das pessoas aos programas de educação em saúde, mantêm sua pertinência e podem fazer com que a tecnologia seja melhor aproveitada, compreendida e incorporada.

Desta forma, pode-se observar que a Educação em Saúde adquire uma importância enorme, ao mesmo tempo que está-se popularizando o uso de novas tecnologias aplicadas à ensino. A Engenharia Biomédica e, em particular, a Informática médica têm a capacidade de unir tecnologia e saúde e desenvolver sistemas que aumentem a eficácia das intervenções educativas nessa área (CURILEM et al., 2001). Esta união propicia o desenvolvimento de sistemas de apoio à difusão de informações e conhecimentos médicos, e desta forma, espera-se influenciar positivamente os índices da saúde.

1.4 Definição da Proposta de Pesquisa

A seguir será apresentado, especificamente, o conteúdo da pesquisa.

1.4.1 Objetivos e Metodologia

A partir da análise do contexto do problema e com o intuito de oferecer uma ferramenta de apoio a processos educativos, em particular na área da saúde, a presente pesquisa teve como centro de estudo a utilização dos softwares pedagógicos para criar atividades pedagógicas significativas para os aprendizes, salientando a necessidade de personalização dos processos.

Dentro do contexto da problemática educativa, a pesquisa se focalizou na construção de sistemas que ofereçam ambientes pedagógicos compatíveis com os aprendizes. Como os ambientes pedagógicos são o lugar onde acontecem as interações entre o aprendiz e o objeto de estudo, isto implica que o trabalho se centrou na interface.

A escolha da interface como objeto central desta tese se deve, em primeiro lugar, a que nos últimos anos tem ocorrido a criação de uma grande variedade de técnicas e meios para facilitar e flexibilizar a construção de telas. Isto resultou na possibilidade de construir ambientes ricos em alternativas de comunicação, nos dois sentidos da interação Homem - Máquina. Em segundo lugar, vários estudos no âmbito das ciências cognitivas (GARDNER, 1993; FELDER, 1997), estão sendo utilizados para o desenvolvimento de ambientes computacionais facilitadores de processos de ensino-aprendizagem (BRUSILOVSKY, 1995; MONTGOMERY, 1995; HONOREZ et al., 2000). Estes estudos permitem identificar tipos de aluno e ambientes compatíveis com eles. Em terceiro lugar, o tipo de aplicação que está sendo prevista para este sistema responde a uma grande gama de problemáticas da saúde, portanto os processos educativos devem permitir a adaptação do sistema à realidade do aprendiz. Por esta razão, a forma de apresentação deve ser flexível e adaptável aos diferentes interesses, culturas, níveis sócio-econômicos, idades, etc., dos grupos considerados.

Dentro da grande variedade de softwares pedagógicos existentes na atualidade, o trabalho utilizou os Sistemas Tutores Inteligentes. A arquitetura destes sistemas se adequou às necessidades do projeto, como será detalhado no Capítulo 3.

Desta forma, o objetivo geral da presente pesquisa é desenvolver uma metodologia que permita projetar Interfaces Inteligentes em Sistemas Tutores Inteligentes, com vista a aplicar eles na área da saúde. A adaptação do processo de ensino-aprendizagem ou personalização, permite entregar informações mais significativas para o aprendiz e permite que este desempenhe um papel mais ativo no processo. Parte-se da base que estes elementos aumentam a eficiência da aprendizagem, propiciando uma aprendizagem efetiva, com um mínimo de recursos.

Para alcançar o objetivo geral da pesquisa, foram estabelecido dois objetivos específicos. O primeiro é extrair de diversas teorias cognitivas elementos que permitam identificar e classificar usuários e suas necessidades do ponto de vista da interface de um software pedagógico. O segundo objetivo específico é desenvolver uma ferramenta computacional que permita implementar esta identificação do usuário e de suas necessidades, e refletir as decisões correspondentes na interface do sistema.

A metodologia utilizada neste trabalho constou de três etapas:

- Em primeiro lugar uma ampla pesquisa bibliográfica foi realizada para adquirir conhecimentos sobre as teorias cognitivas e os paradigmas pedagógicos existentes, assim como sobre os diversos tipos de sistemas de Instrução Inteligente Assistida por Computador.
- Em segundo lugar, a partir do estudo anterior, foram estabelecidas as variáveis do problema e suas relações. Isto permitiu selecionar que teorias cognitivas seriam utilizadas e que tipo de software pedagógico poderia sustentar estas teorias. Nesta etapa foram delineados os objetivos específicos que um sistema deve cumprir para projetar os ambientes pedagógicos requeridos. Desta forma, esta segunda etapa permitiu delimitar o problema e estabelecer os requisitos da metodologia procurada.
- Em terceiro lugar foram procuradas as ferramentas computacionais que permitiriam alcançar os objetivos colocados na etapa anterior. Foi necessária a seleção de técnicas de Inteligência Artificial para flexibilizar e dar um carácter dinâmico e adaptativo à interface projetada.

1.4.2 Justificativa e Motivação

Em muitas áreas do conhecimento deve ser pesquisado como fazer que a educação seja mais eficiente, num contexto de transição como o que existe hoje, onde a velocidade do desenvolvimento tecnológico comporta-se como um motor para as mudanças sociais. Nas “sociedades da informação” ou “do saber”, onde a formação inicial torna-se rapidamente insuficiente, a educação deve ser orientada para uma perspectiva de longo prazo. O desenvolvimento de ferramentas de apoio ao ensino-aprendizagem favorece a educação contínua.

Como visto anteriormente, o computador, devido a sua capacidade de processamento, memória, representação gráfica, etc., pode apoiar grandemente o desenvolvimento de uma educação mais eficiente. Uma ação oportuna de educação, em qualquer área e destinada a qualquer indivíduo, pode se transformar em um elemento que permita dinamizar a ascensão social, oferecendo um maior espectro de capacidades e, portanto, de oportunidades para os indivíduos. Para que isto aconteça, é preciso estudar como tornar um computador eficiente num contexto de ensino-aprendizagem real, ou seja num contexto definido por seu aspecto social, cultural e econômico específico.

A ação educativa é particularmente importante na área da saúde. Ainda fazendo referência ao Informe da OMS sobre doenças crônico- degenerativas, os países em via de desenvolvimento sofrem o impacto mais forte deste tipo de doenças onde o avanço é desproporcional à infra-estrutura disponível, o que aumenta o desequilíbrio da saúde tanto internamente como em relação a outros países (OMS-UNESCO, 1996). Segundo analisado nos epígrafes anteriores, os softwares pedagógicos podem ser usados como ferramentas de apoio às novas formas de atendimento aos pacientes, fomentando a participação ativa do paciente no auto controle que corresponde a seu tratamento.

Um ponto fundamental é como tornar o computador acessível a todos os indivíduos, com a menor quantidade de restrições possíveis. Embora estejamos ainda longe da popularização massiva dos computadores, todo indica que este processo está em andamentos, inclusive em países em desenvolvimento. A criação de aplicações que, de forma eficiente, facilitem seu uso e cumpram com os objetivos estabelecidos, sem dúvida fortalece este processo.

1.4.3 Organização da Tese

A organização da tese é conseqüente com a metodologia que foi seguida para desenvolver a pesquisa. Desta forma, a tese está organizada em três grandes unidades que descrevem as etapas da pesquisa.

1.- Pesquisa Bibliográfica:

O Capítulo 2 apresenta as estratégias pedagógicas que foram consideradas como base pedagógica da metodologia proposta. Para criar uma interface adaptável é preciso conhecer por um lado como identificar as preferências de um aprendiz respeito da interface e, por outro lado, como configurar uma interface que responda a essas preferências. As estratégias pedagógicas estabelecem estes elementos.

O Capítulo 3 apresenta a evolução dos softwares pedagógicos, salientando como as teorias pedagógicas anteriores afetaram seu desenvolvimento. Foram enfatizados os Sistemas Tutores Inteligentes, dentro da grande variedade de sistemas existentes. Os STI, em particular com sua evolução para os Ambientes Inteligentes de Aprendizagem, oferecem um marco favorável ao desenvolvimento dos objetivos da presente pesquisa.

2.- Definição da pesquisa

O Capítulo 4 apresenta a delimitação do problema, colocando as variáveis que intervêm na definição do mesmo e suas relações. Este capítulo apresenta também conceitos básicos sobre as ferramentas tecnológicas utilizadas para projetar softwares pedagógicos que respondam ao objetivo geral da pesquisa.

3.- Modelagem Computacional

O Capítulo 5 descreve como foi modelado o problema do ponto de vista computacional e as soluções que foram encontradas para implementar as variáveis e suas relações. Neste capítulo descreve-se um estudo de caso que foi desenvolvido para a realização de testes e simulações.

O Capítulo 6 apresenta a metodologia que foi obtida como resultado da presente pesquisa. Esta metodologia propõe uma forma de implementar Sistemas Tutores Inteligentes cujas Interfaces se adaptem aos usuário, observando critérios pedagógicos.

O Capítulo 7 apresenta uma discussão sobre a pesquisa e os resultados obtidos, as conclusões e os trabalhos futuros.

2. CONSIDERAÇÕES PEDAGÓGICAS

A pesquisa sobre aprendizagem tem um longo passado. Há muito tempo tenta-se descobrir como a aprendizagem ocorre, o que a facilita e o que a dificulta. Por mais significativas que tenham sido as contribuições nesta área, não é possível destacar uma teoria sobre as outras. Nos últimos trinta anos a proliferação da literatura científica neste domínio cresceu muito, envolvendo milhares de pesquisadores, no mundo inteiro (PFROMM, 2000). Nas últimas décadas têm surgido concepções, investigações e aplicações que têm em comum o enfoque do Processamento Humano de Informação, principalmente baseados nas descobertas sobre o funcionamento cerebral. Este enfoque dá ênfase aos processos cognitivos que ocorrem dentro do indivíduo que aprende, enquanto no passado predominaram concepções orientadas ao estudo do comportamento. Na etapa de pesquisa bibliográfica do presente projeto foram estudadas inúmeras teorias pedagógicas. Deste estudo geral foram selecionadas algumas delas para compor a base pedagógica da metodologia proposta. As teorias que forneceram elementos para o presente estudo são apresentadas neste capítulo, com um grau de detalhe que pareceu adequado para as implicações que elas têm sobre o projeto. Cabe salientar que as Teorias Pedagógicas escolhidas têm historicamente sido as mais usadas no desenvolvimento de softwares pedagógicos.

2.1 O aporte das Ciências Cognitivas

O desenvolvimento de softwares pedagógicos depende dos paradigmas pedagógicos considerados para gerenciar o processo de ensino-aprendizagem e das tecnologias disponíveis para implementar estes paradigmas nos computadores. Esta problemática está em plena efervescência hoje, devido a que os paradigmas pedagógicos deixam em aberto muitos aspectos envolvidos no processo educativo: não ha consenso em determinar como utilizar as diversas tecnologias para apoiar efetivamente a aprendizagem dos alunos.

A figura 2.1 representa a relação que existe entre as áreas envolvidas no desenvolvimento de software pedagógicos. Esta figura é uma representação simplificada da complexa inter-relação que existe entre as diferentes áreas nela

apresentadas e salienta a importância do desenvolvimento da psicologia cognitiva no uso da tecnologia e da pedagogia (TARDIF, 1992).

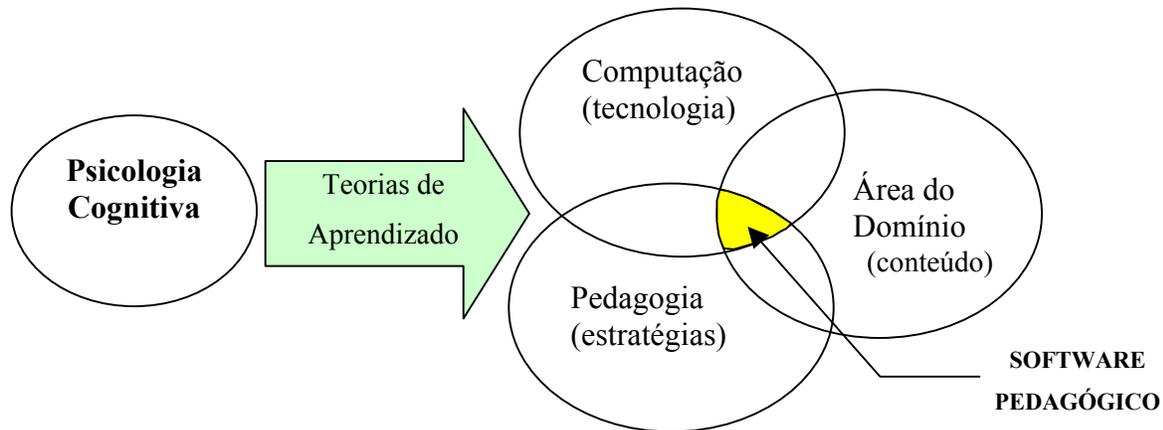


Figura 2.1 Relação entre áreas que convergem nos softwares pedagógicos

Um dos objetivos da psicologia cognitiva é compreender a natureza da inteligência humana e como ela opera. Além das motivações óbvias que estimulam este tipo de pesquisa, as implicações práticas que este conhecimento acarreta são muito importantes, em particular para a instrução assistida por computador. A compreensão de como são adquiridos os conhecimentos, as habilidades intelectuais e como é utilizada a inteligência, pode permitir melhorar o treinamento intelectual e, desta forma, podem ser aumentados os rendimentos. O interesse pelo conhecimento humano é muito antigo: Platão e Aristóteles, em suas discussões sobre a natureza e a origem dos conhecimentos, interrogavam-se sobre o papel da memória e do pensamento. Somente no século XX a psicologia cognitiva trata do conhecimento humano de uma forma científica, dando lugar às Ciências Cognitivas (DUPUY, 1996).

Apesar do grande número de teorias cognitivas, não existe na atualidade nenhuma teoria que explique, de forma consensual e completa, estes complexos processos. Os autores, geralmente, focalizam algum aspecto específico do processo, criando paradigmas antagônicos e difíceis de articular. Hoje, uma discussão confronta dois tipos de filosofias pedagógicas: os empiristas que acham que o conhecimento provém do meio externo (ambiente → indivíduo), e os interacionistas que acham que o conhecimento é construído internamente pelo indivíduo, a partir de sua interação com o meio externo (ambiente ↔ indivíduo).

Baseados nestas correntes de pensamento surgiram dois paradigmas pedagógicos, ambos considerados neste trabalho.

Os paradigmas pedagógicos são a forma de conceber o que acontece durante o processo de ensino-aprendizagem. Eles definem termos como compreensão, conhecimento, ensino e aprendizagem. Segundo a forma de entender a aprendizagem, os diferentes paradigmas tentam estabelecer condições e etapas necessárias para que esse processo se realize adequadamente. Estas condições e etapas determinam as estratégias pedagógicas. Cada paradigma está, portanto, associado a uma estratégia pedagógica que indica como organizar os ambientes de aprendizagem. Por sua vez, as táticas pedagógicas são as ações específicas que, dentro de uma estratégia determinada, permitem materializar o processo de ensino-aprendizagem. Hoje, os paradigmas pedagógicos seguem em plena evolução, já que nenhum satisfaz plenamente todas as facetas deste complexo processo. Mais informações sobre os paradigmas pedagógicos podem ser procuradas em CATANIA (1999), KLEIN (1996), EYSENCK et al. (1994) e PFROMM (1987), entre outros autores.

A seguir são apresentadas as teorias mais representativas destas duas visões do processo de aprendizagem. Também são apresentadas as estratégias pedagógicas extraídas destes paradigmas e que permitem a aplicação dos paradigmas na área educativa. Por último, são apresentadas as teorias dos Estilos de Aprendizagem e a teoria das Inteligências Múltiplas. Estas teorias podem ser utilizadas para implementar as táticas pedagógicas, como será mostrado na seção 2.6.

2.2 Paradigma Instrucional

A filosofia empirista permitiu o desenvolvimento desta visão da aprendizagem. A teoria instrucional está baseada nas seguintes premissas (CONSTRUÇÃO, 1998):

- O mundo é estruturado em termos de entidades, propriedades e relações.
- O significado é algo que existe fora de nossa própria experiência.
- Para chegar a aprender é necessário conhecer as relações existentes entre as entidades e seus atributos.
- A meta da instrução é ajudar os sujeitos a adquirir o conhecimento, tal como este se encontra estruturado e organizado no mundo, pelo que ela é um processo válido.

- As diferenças existentes entre os conhecimentos que diferentes pessoas possuem, devem-se às diferentes experiências e conhecimentos prévios que elas têm.
- Pode-se projetar um sistema de instrução universal, ou seja, que pode ser aplicado a qualquer disciplina e para qualquer aluno.

Existem duas tendências fundamentais para o instrucionismo: o Comportamentalismo e o cognitivismo, conforme apresentadas a seguir.

2.2.1 Teoria Com portamentalista

Uma das primeiras teorias psicológicas que fundamenta o instrucionismo é o Comportamentalismo, também denominado behaviorismo. Sua influência foi muito forte nos anos 1950-1960 e ela se mantém atualmente, apesar de que outras teorias ganharam também muita importância e um papel significativo na educação. Os primeiros experimentos comportamentalistas foram realizados em animais, focalizando o comportamento reflexo de um organismo exposto a um certo estímulo. Comportamentalistas tentaram descrever a aprendizagem sem considerar os processos mentais. O foco era dado a comportamentos observáveis e a como os organismos se adaptam ao seu entorno. O famoso experimento de Ivan Petrovich Pavlov, onde ele faz que um cão salive ao ouvir o som de um alarme é um exemplo de aprendizagem comportamentalista.

Os comportamentalistas, principalmente com os aportes de B.F. Skinner (1904-1990), consideram que, manipulando elementos ambientais, é possível controlar o comportamento: pode-se aumentar ou diminuir sua frequência, fazer que desapareça, fazer que ele se refine ou aprimore, etc. (DAVIS, 1990). Estes autores foram capazes de desenvolver teorias consistentes e testáveis. A aprendizagem por condicionamento consiste, portanto, em associar condutas a outras condutas, sejam inatas (reflexos) ou adquiridas com anterioridade. Esta associação se faz pelo reforço sistemático das condutas consideradas desejáveis (SKINNER, 1968). Se alguma ação (estímulo) gera uma operação (resposta) que implique uma recompensa (estímulo positivo), a teoria comportamentalista afirma que o indivíduo associa a ação à operação. A aprendizagem, neste paradigma, pode ser entendida como o processo pelo qual o comportamento é modificado como resultado da experiência. A figura 2.2 apresenta a relação entre estímulo e resposta que se encontra na base da aprendizagem

comportamentalista. Segundo estes autores o estímulo positivo é mais eficiente que o estímulo negativo e este último pode ser descartado do processo.



Figura 2.1 Processo de aprendizagem segundo a teoria comportamentalista

A estratégia pedagógica que pode ser extraída do paradigma comportamentalista é a implementação de ambientes ricos em estímulos e realimentações que permitam criar os reforços ou as inibições que se desejem fomentar no aprendiz. Estes elementos devem ser muito bem analisados, na situação que será colocada ao aprendiz, e seu estado físico e psicológico também deve ser considerado nesta análise. Neste aspecto, é muito importante motivar o aluno para que o reforço positivo seja uma consequência direta de sua aprendizagem e não dependa de outros tipos de estímulos como recompensas ou castigos. Expressões como “Como foi visto anteriormente”, “Repetindo”, etc. são muito importantes nesta teoria devido a que permitem enfatizar conceitos importantes e preparam o ouvinte para receber as informações.

Outro elemento importante é a decomposição do conhecimento em unidades mínimas, de forma a facilitar as mudanças de comportamento e propiciar um reforço imediato.

A observação do comportamento de outros seres humanos e os resultados que eles obtêm também pode ser compreendido, nesta teoria, como um reforço ou inibição do comportamento, já que o aprendiz tenderá a imitar os comportamentos bem sucedidos e a esquecer os outros (SKINNER, 1991), o que pode ser facilitado pela tecnologia.

Skinner se interessa desde muito cedo (1927), pelas máquinas para aprender. Mais recentemente ele afirmou: “O computador é a máquina de ensino ideal. (...) Ele pode trazer a vida real para a sala de aula, (...) Os computadores podem ensinar melhor se conduzirem o estudante através de programas instrucionais

cuidadosamente preparados. Eles podem fornecer estímulos de apoio e pistas para o comportamento e reforça-lo imediatamente. Além disto, os computadores podem conduzir o estudante para o próximo passo mais apropriado para ele. Essas coisas são essenciais para o bom ensino. São o que um tutor pode fazer, com um ou dois estudantes, e que professores de classes grandes simplesmente não podem.” (SKINNER 1991).

A principal carência da aproximação Comportamentalista é que ela não lida com a aprendizagem que não apresente uma resposta observável. A evidência convenceu outros pesquisadores que a aprendizagem de tipo estímulo - resposta não era o único tipo e que devia existir um tipo mais sofisticado capaz de representar a aprendizagem de conhecimentos abstratos. Os neo-comportamentalistas, ou neo-behavioristas, introduzem a análise de processos internos no debate e desenvolveram a teoria cognitivista.

2.2.2 Teoria Cognitivista

A teoria cognitivista está baseada no Comportamentalismo, mas lida com os processos internos da aprendizagem. Estes trabalhos conduzem a princípios pedagógicos claros, muito bem definidos que têm influenciado a escola através dos Projetos Instrucionais. Congruente com uma linha neo-behaviorista, GAGNÉ et al. (1988) desenvolve uma proposta de ensino e aprendizagem onde são considerados tanto os processos internos, a nível do sistema nervoso central, como os processos externos, provocados pelo ambiente, e que num contexto de ensino, devem apoiar os processos internos e sustentar a aprendizagem.

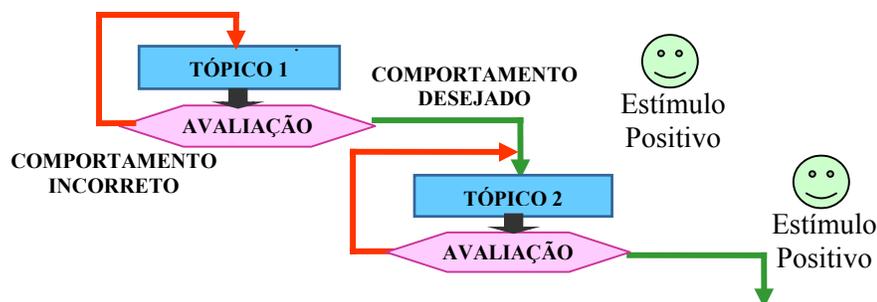


Figura 2.1 Divisão da matéria em módulos elementares

Esta teoria proporciona uma estratégia pedagógica muito bem definida. O cognitivista permitiu desenvolver os chamados sistemas de ensino programado. Ensino programado é um método onde o aluno deve seguir uma seqüência

predefinida de tópicos e atividades. A matéria a ensinar é dividida em unidades elementares, cada uma das quais está associada a uma atividade do aluno. Se ele acerta as avaliações ao final das atividades, ele é conduzido à unidades seguinte, se não, ele deve voltar para a unidade anterior. O controle sobre a seqüência de atividades do aluno é totalmente preestabelecido. Este tipo de aprendizagem é denominado “aprendizagem de 3ª pessoa”. Aqui o aluno é um indivíduo passivo, no que se refere à seleção das atividades, e recebe conhecimentos organizado e processados pelo professor ou tutor. Ele é conduzido pelas atividades e é o tutor quem decide o que, como e quando ensinar. A figura 2.3 apresenta como a “atomização” da matéria facilita este processo.

Os programas realizados segundo estas teorias são muito bem estruturados seguindo a seqüência definida por GAGNÉ que decompõe em fases o processo de aprendizagem. As fases definem os processos internos que ocorrem no momento da aprendizagem e os elementos externos e ambientais que devem apoiar ditos processos internos. Estas fases seriam necessárias e suficientes, segundo este autor, para se obter a aprendizagem. Na tabela 2.1 são apresentados alguns aspectos relevantes que servem de base para a construção de *software* pedagógico projetados segundo esta visão.

Tabela 2.1 Eventos Internos e externos das Fases da Instrução

FASE	EVENTO INTERNO	EVENTO EXTERNO (AMBIENTE PROPÍCIO)
Motivação	Expectativa	Apelar ao interesse: salientar a importância do tema que vai ser apresentado e as possibilidades que ele abre para o aluno. Fornece materiais de apoio como depoimentos, vídeos, história e contexto do problema que se deseja ensinar.
Apreensão	Atenção e percepção seletiva	Dirigir a atenção: utilizar diversos recursos multimídia para salientar as idéias, informações ou conhecimentos que são fundamentais para a compreensão do tema. Os recursos devem ser adequados ao aluno.
Aquisição	Codificação	Estimular a rememoração e orientar a aprendizagem: oferecer exemplos, exercícios e outras atividades que permitam manipular o tema e relacioná-lo com os conhecimentos que lhe são requisito.
Retenção	Armazenamento	Propiciar a reflexão: mediante perguntas, exercícios, exemplos, oferecer ao aluno a possibilidade de refletir sobre o tema específico, oferecer links com temas relacionados, ambientes de simulação de tipo exploratórios, etc.
Rememoração	Recuperação	Intensificar a rememoração: utilizar diversos meios (visual, auditivo, exemplos, etc.) para facilitar a rememoração do tema. Repetir algumas idéias importantes em diversas atividades

FASE	EVENTO INTERNO	EVENTO EXTERNO (AMBIENTE PROPÍCIO)
Generalização	Generalização	Aplicação a novos contextos: propiciar a recuperação do aprendido e sua aplicação a novos contextos, tentando integrar o tema com outros já adquiridos. Resolução de problemas, Navegação entre os conteúdos.
Desempenho	Aplicação	Modificação do Comportamento: Oferecer experiências em ambientes próximos à realidade, onde o aluno possa aplicar o que ele aprendeu.
Realimentação	Reforço	Estímulo: Implementar o estímulo positivo quando for detectada uma aprendizagem efetiva do tema. O estímulo deve ser significativo para o aprendiz, ou seja deve estar implementado de acordo com sua motivação pessoal

Torna-se relevante destacar que, dependendo da idade, nível de maturidade e outras características do aluno, pode ocorrer que algumas das fases anteriormente definidas possam ser dispensáveis, sendo o indivíduo capaz de desenvolver um processo de auto-instrução, o que poderia ser considerado como o objetivo de todo sistema de ensino: tornar um indivíduo capaz de promover, autonomamente, as ações necessárias a sua aprendizagem.

Em resumo, segundo a teoria comportamentalista, a aprendizagem ocorre por condicionamento (ação \Rightarrow estímulo positivo) o que modifica o comportamento do indivíduo de forma permanente estabelecendo estados que tornam esse indivíduo “capaz” de determinados desempenhos. A estratégia pedagógica está muito bem definida e estrutura os ambientes e as etapas que permitem organizar o processo de ensino-aprendizagem. Se seguidos os requisitos da estratégia, esta teoria considera que a possibilidade de aprendizagem é quase certa.

2.3 Paradigma a Interacionista

Uma das críticas mais importantes ao paradigma Instrucional, é que ele reserva a uma das partes do processo de aprendizagem, o aluno, um papel passivo. Com o desenvolvimento de outras teorias pedagógicas, esse entendimento passou para um modelo com ênfase na *interação*. Se o primeiro paradigma se fundamenta na transmissão linear e consecutiva de informações e na superioridade do emissor sobre o receptor, o segundo valoriza a dinamicidade do processo, onde todos os participantes são atuantes na relação. O interacionismo é uma teoria cognitivista, no sentido em que ela se interessa fortemente pelos processos internos do indivíduo que se encontra num processo de aprendizagem.

Entre as premissas mais importantes do interacionismo, encontram-se as apresentadas a seguir:

- O sujeito é um construtor ativo do seu próprio conhecimento
- A construção se realiza mediante a interação entre as partes que compõem o processo de aprendizagem: o conteúdo, o aluno e o mediador.
- Como o conhecimento é construído por cada indivíduo, a comunicação adquire uma importância fundamental no processo para gerar campos comuns de diálogo.
- Neste sentido aparece a necessidade de uma negociação social do significado.
- A aprendizagem é dependente do contexto e do domínio do conhecimento.
- O educador não especifica o conhecimento previamente, mas organiza os ambientes nos quais a aprendizagem terá lugar. Estes devem ser ricos do ponto de vista das tarefas que devem ser realizadas.
- a aprendizagem colaborativa é um meio adequado para avaliar as idéias e perspectivas individuais adquiridas durante o processo de aprendizagem
- a transferência de aprendizagem é um aspecto muito relevante. Ela é a capacidade de aplicar conhecimentos prévios a novas situações. Só pode realizar-se eficazmente se a aprendizagem estiver adaptada ao contexto (“Situating Learning”).

Basicamente dentro das teorias construtivistas podem ser encontradas a tendência piagetiana e a tendência sócio-interacionista. O Construtivismo piagetiano enfatiza a importância do processo de aprendizagem individual. Ou seja, as experiências individuais sobre a matéria a ser aprendida estão na base da aprendizagem. É através da manipulação, exploração e descoberta que o aluno pode aprender e compreender. Deste ponto de vista a aprendizagem depende da maturidade do indivíduo, ou seja de seu estágio de desenvolvimento. O sócio-interacionismo, que está na base dos paradigmas de trabalho cooperativo, resgata os esforços colaborativos de grupos de aprendizes como fontes de aprendizagem. A aprendizagem e o desenvolvimento estão ligados e dependem das interações sociais.

2.3.1 Teoria Construtivista

Jean Piaget (1896-1980) nascido em Neuchâtel (Suíça) descobriu que as crianças pensam e raciocinam de forma diferente em diferentes momentos de suas vidas. A partir destas observações ele desenvolveu sua teoria chamada Epistemologia Genética, mais conhecida como Construtivismo.

A teoria construtivista segundo PIAGET (1967) estabelece que o aprendiz é um participante ativo do sua aprendizagem. A aprendizagem é vista aqui como a construção de estruturas mentais, chamadas esquemas. Estas são desenvolvidas a partir das experiências que o indivíduo tem, utilizando duas funções: a assimilação e a acomodação. A assimilação é um processo cognitivo mediante o qual uma pessoa incorpora novos elementos a esquemas já existentes. A acomodação é uma função cognitiva utilizada para modificar ou adaptar um esquema existente a um novo elemento. Também se produz acomodação quando é preciso criar um novo esquema (WADSWORTH, 1996).



Figura 2.1 Processo de aprendizagem segundo a teoria construtivista

Para compreender as experiências e poder aprender a partir delas, deve existir um equilíbrio entre essas experiências e os esquemas mentais do indivíduo, como mostrado na figura 2.4. Uma nova experiência (desconhecida) cria um desequilíbrio cognitivo. A partir da ação do aprendiz e das funções de assimilação e acomodação, esse equilíbrio se restabelece pela modificação dos esquemas existentes ou a criação de novos esquemas. Esta teoria recomenda provocar o desequilíbrio para gerar oportunidades mais ricas de aprendizagem. Aqui, as ações do aprendiz sobre o conteúdo a ser aprendido são fundamentais. Isto é chamado, muitas vezes, de “aprendizagem de 1ª pessoa” devido a que o conhecimento adquirido é direto, pessoal e subjetivo (WINN, 1993). O educador é um “facilitador” ou treinador. Ele guia o estudante, estimulando e provocando o

desequilíbrio. Ele deve incentivar seu pensamento crítico, sua capacidade de análise e sínteses durante todo o processo. O educador é também um co-aprendiz. Os estudantes têm maiores possibilidades de decidir como organizar seus próprios processos de aprendizagem, e deve existir uma negociação entre o aluno e seu facilitador para decidir que, como e quando se produzirá a aprendizagem. Isto propicia um ensino mais motivador e personalizado.

O conceito de estrutura cognitiva é fundamental nesta teoria. Ela é a manifestação de ações físicas ou mentais que se encontram por trás de atos inteligentes. Piaget afirma que existe um processo de desenvolvimento das estruturas cognitivas que ele decompõe nos denominados “Estágios de Desenvolvimento” descritos na tabela 2.2. Estes estágios dependem da idade, do ambiente e de outros fatores pessoais de cada aluno. O desenvolvimento é concebido como um fluxo contínuo e cumulativo de estágios, em que cada novo estágio é construído sobre os estágios anteriores, integrando-se a eles. As idades mencionadas na tabela 2.2 são as idades nas quais espera-se que as crianças comecem a desenvolver comportamentos representativos do estágio correspondente, mas os limites não são fixos.

Tabela 2.1 Estágios de desenvolvimento e sua influência na aprendizagem

ESTÁGIO	CAPACIDADES ASSOCIADAS	AMBIENTE PROPÍCIO
Sensório-Motor (aprox. de 0 a 2 anos)	Desenvolvimento da percepção. A criança começa a representar mentalmente objetos e eventos. Resolução de problemas sensório- motores	Ambiente que propicie a ação sobre os objetos. Todos os sentidos devem ser estimulados.
Pré-operacional (aprox. de 2 a 7 anos)	Início das representações mentais apesar da preponderância da percepção; Imitação; Jogo simbólico; Desenho e Imagens Mentais (estáticas); Egocentrismo; Desenvolvimento da linguagem; Início da socialização; Centrado (observação focalizada) A percepção ganha o raciocínio	Ênfase em atividades perceptivas. Ambientes simples, com poucos estímulos simultâneos, situações explícitas. Socialização baixa.
Operacional Concreto (aprox. de 7 a 11 anos)	Início das operações lógicas Socialização Percebe as transformações Compreende a reversibilidade Compreende as leis de Conservação Adquire conceitos de causalidade Compreende e aceita Regras	Ênfase em atividades de manipulação de elementos concretos. Ambientes mais complexos e multi-estímulos. Jogos, resolução de problemas concretos. Socialização média.
Estágio Operacional Formal (aprox de 11 a 15 anos)	Raciocínio Hipotético-Dedutivo Raciocínio Científico-Indutivo Abstração reflexiva	Ambientes complexos e multi-estímulo. Apresentação de regras gerais. Jogos, desafios, exercícios de dedução ou indução. Estimular a pesquisa e aprofundamento do tema.

No estágio pré-operacional, a criança passa de um ser cujo pensamento se dá através da ação a um ser que funciona de modo cada vez mais conceitual e representacional. Nesse estágio não pode ser assumido o papel de outra pessoa, a criança é egocêntrica e assume que seu pensamento é correto. Confrontado a uma transformação, a criança focaliza exclusivamente os elementos da seqüência, ou os estados sucessivos, e não o processo como um todo, pelo que seu raciocínio “transformacional” não está desenvolvido. Diante de um estímulo visual, a criança pré-operacional tende a fixar sua atenção sobre um número limitado de aspectos e parece incapaz de explorar todos os aspectos do estímulo, ampliando o enfoque visual. Neste estágio, uma criança não é capaz de reverter mentalmente uma situação, mesmo se ela observa sua evolução. Ela não consegue entender a não variação de uma dimensão frente a mudanças da percepção. Por exemplo, na figura 2.5 a criança considera sempre superior a quantidade de elementos da esquerda. Por último, neste estágio, a criança começa a ter uma compreensão das regras.

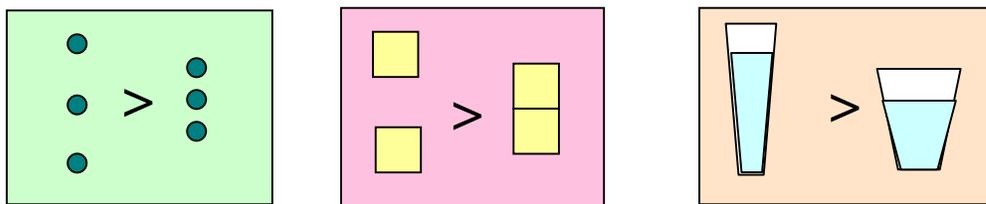


Figura 2.2 Predomínio da percepção sobre a conservação em crianças pré-operacionais.

Durante o desenvolvimento operacional concreto, a criança desenvolve processos de pensamento lógico (operações) que podem ser aplicados a problemas reais (concretos). Quando diante de uma discrepância entre a razão e a percepção, a criança nesta fase toma decisões cognitivas e lógicas em oposição às decisões baseadas na percepção. A criança operacional concreta resolve problemas de conservação, acompanha as transformações e alcança a reversibilidade como operação mental, mas na resolução de problemas concretos (reais e observáveis) e de poucas variáveis. Existe ainda incapacidade de resolver problemas verbais ou abstratos. O egocentrismo dá lugar à socialização, podendo compreender outros pontos de vista e começa a perceber a importância de validar seus pensamentos. Há uma sólida compreensão das regras e entendem a sua importância. Desenvolve-se a causalidade, relacionada a observações externas (e não lógicas). Surgem a vontade e a autonomia que dá origem à intencionalidade.

Neste estágio as crianças são ainda incapazes de integrar soluções mediante teorias gerais (raciocínio indutivo).

Na fase operacional formal, uma criança constrói o tipo de raciocínio e a lógica que possibilitam a solução de todas as classes de problemas, o pensamento libera-se da experiência direta. Um adolescente com raciocínio formal desenvolvido tem a mesma estrutura cognitiva que um adulto. Atingida esta fase, não haverá mais mudanças qualitativas no processo de desenvolvimento cognitivo. A criança pode raciocinar sobre o presente o futuro e o passado, assim como sobre problemas hipotéticos. Elas podem integrar teorias e hipóteses na solução de problemas, podendo ser aplicadas várias operações simultânea e sistematicamente, na busca de soluções. As estruturas desenvolvidas permitem um raciocínio Hipotético – Dedutivo e um raciocínio Científico – Indutivo (formulam hipóteses, experimentam, controlam variáveis, registram, etc.).

As estratégias derivadas desta teoria são muito diferentes das estratégias instrucionistas. Com efeito, como os construtivistas vêem o conhecimento como uma entidade construída por cada aprendiz, ele não pode ser transmitido de uma pessoa (ou sistema) para outra da forma proposta pelo instrucionismo. O conhecimento deve ser reconstruído por cada pessoa considerando o estágio de desenvolvimento em que se encontra e suas motivações pessoais. O conhecimento aqui é diferente do conhecimento dado e absoluto visto pelos comportamentalistas. No Construtivismo o conhecimento é relativo (depende do momento e do lugar).

A estratégia pedagógica que pode ser extraída do Construtivismo sugere um ambiente onde o aprendiz possa manipular ou explorar livremente os objetos de estudo, encorajando sua curiosidade, mas considerando seu estágio de desenvolvimento. A teoria está mais preocupada em organizar o ambiente para a aprendizagem (ambiente reativo) que em organizar o ensino. O aprendiz tem o controle do processo, guiado pelos seus interesses, portanto, o professor (ou sistema) perde o papel protagônico. Desta forma, é incorporada à aprendizagem a experiência e conhecimentos prévios do aprendiz. O tutor se torna um moderador que deve provocar desequilíbrios no aprendiz ou orienta-lo em caso de erros. Como a aprendizagem deve ser significativa para o aluno, o diagnóstico de seu estágio de desenvolvimento é fundamental, bem como o diagnóstico de seus interesses. Neste sentido, alguns autores sugerem que para que a aprendizagem

ocorra o indivíduo deve trabalhar com problemas em contextos realísticos, os mais próximos a sua realidade. Como os problemas possuem geralmente vários aspectos, vários pontos de vista devem ser propostos aos estudantes, de forma de que eles possam construir redes de idéias relacionadas. Os diagnósticos iniciais e avaliações devem ser freqüentes e devem permitir reconhecer os estágios de desenvolvimento do aprendiz, se a aprendizagem aconteceu, além de reconhecer suas motivações e propósitos.

A principal limitação para a implementação da teoria construtivista no âmbito acadêmico, é que, diferentemente da teoria instrucional, ela não oferece mecanismos claros e ações que garantam a aprendizagem. Os ambientes construtivistas são difíceis de implementar na prática escolar, onde centrar o processo no aluno colocou em muitos casos uma contradição: ter que moldar os interesses do aprendiz para assegurar seu desenvolvimento cognitivo, o que é contrário ao princípio de autodeterminação do aprendiz, ou resignar-se a um menor desenvolvimento, o que é contrário à função da escola (NOT, 1983).

O papel do mediador construtivista é prover um ambiente rico, cheio de elementos interessantes para explorar e encorajar os estudantes a se tornarem construtores ativos do próprio conhecimento (esquemas) mediante experiências que propiciam a assimilação e a acomodação. A ferramenta computacional é um dos meios que permite implementar este tipo de ambientes e atividades (PAPERT, 1985). Os estudantes trabalham em situações autênticas que podem aumentar sua compreensão de como usar idéias e informações. Alguns autores propõem que técnicas como hipertexto, bases de dados e Sistemas Especialistas, possam ser utilizados como verdadeiras "ferramentas mentais", pelos indivíduos, para construir seu conhecimento em forma pessoal (WINN, 1997).

2.3.2 Teoria Sócio-Interacionista

A teoria sócio-interacionista é utilizada neste trabalho, principalmente no que se refere à Aprendizagem Contextualizada, pelo que será descrita brevemente. Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934) formulou uma teoria sobre o desenvolvimento da psicologia cultural histórica. Vygotsky era um psicólogo soviético interessado na base cultural do intelecto humano. Sua aproximação ao processo de aprendizagem focaliza-se grandemente no papel da linguagem no desenvolvimento intelectual (VYGOTSKY, 1962). A teoria de Vygotsky estabelece

que a interação social tem uma importância fundamental no desenvolvimento cognitivo. VYGOTSKY (1978) estabelece que: “Cada função no desenvolvimento cultural de uma criança aparece duas vezes: primeiro no nível social, logo no nível individual; primeiro, entre as pessoas (nível inter-psicológico) e logo internamente (nível intra-psicológico)”. Isto se aplica tanto ao pensamento, à atenção voluntária, à memória lógica, ao raciocínio, à formação de conceitos, à resolução de problemas e à consciência humana. Todas as funções mais complexas originam-se como interações entre indivíduos. Segundo esta teoria o sujeito não só se revela e manifesta nas suas ações e seu atos criativos, mas ele é criado e definido por deles.

As capacidades desenvolvidas durante a interação social são maiores que as que desenvolveria um indivíduo isolado. As interações se caracterizam por mediações verbais, que transmitem ensinamentos ao jovem aprendiz. Este tem, assim, a possibilidade de aprender, se apropriando das ferramentas, conteúdos e formas de ação próprios a seu entorno. Em síntese, ele interioriza as funções mentais a partir de sua interação social. Esta interiorização modela a estrutura e o funcionamento cognitivo individual. Assim, o funcionamento cognitivo que existe como característica de um grupo social, se torna uma característica individual e o funcionamento cognitivo individual reflete o do grupo social. A teoria sócio-interacionista de Vygotsky sobre a aprendizagem social está na base de vários paradigmas para o desenvolvimento de softwares pedagógicos, em particular no que se refere ao desenvolvimento de ambientes colaborativos de aprendizagem e à Aprendizagem Contextualizada (“Situating Learning”).

A principal idéia que sustenta a teoria da Aprendizagem Contextualizada é que o conhecimento não é armazenado nas redes neurais do cérebro, mas é gerado e re-interpretado de forma dinâmica nas interações físicas e sociais do indivíduo com o entorno. O conhecimento é, portanto, contextualizado. A aprendizagem não é um elemento, mas a capacidade de se comportar de forma adaptativa (CLANCEY, 1992). Por isto, os autores que trabalham sobre a Aprendizagem Contextualizada consideram que o processo de aprendizagem é uma função da atividade, do contexto e da cultura no qual ele ocorre, por isto está fortemente ligado ao contexto (“situated”) onde está imerso o aprendiz (BROWN et al., 1989; LAVE, 1988).

Isto contrasta com o ensino tradicional porque este ensino oferece conhecimentos abstratos e fora do contexto, geralmente atomizados e formalizados, pelo que a aprendizagem perde significado para o aluno. A interação social é uma condição necessária da Aprendizagem Contextualizada. Os aprendizes são envolvidos por uma “comunidade” na qual existem certas crenças e comportamentos. O aluno que começa o processo de aprendizagem se movimenta desde a periferia até o centro desta comunidade. Nesse movimento ele se torna mais ativo e comprometido com a cultura da comunidade, portanto assume, aos poucos, o papel de especialista. Mais do que isso, a aprendizagem, segundo estes autores, é geralmente não intencional em vez de deliberada. Estas idéias são chamadas de processo de “participação periférica legítima” (LAVE et al., 1990).

Os aspectos mais relevantes que devem ser oferecidos nos ambientes da Aprendizagem Contextualizada podem ser resumidos nos pontos a seguir (HERRINGTON, 1997), os quais guiam o desenvolvimento de sistemas multimídia.

- Criar contextos autênticos que reflitam como o conhecimento será usado na vida real. Isto pode ser implementado utilizando vídeos, animações ou realidade virtual.
- Oferecer atividades autênticas. O uso da multimídia não deve simplificar a natureza da resolução de problemas da vida real. Devem ser eliminadas as dicas e orientações que o sistema possa dar e, em vez disso, deve-se permitir que o aprendiz explore o ambiente em toda sua complexidade e incerteza.
- Oferecer acesso a demonstrações de um especialista. Um vídeo pode apresentar como um especialista resolveria o problema, mas também depoimentos, histórias, etc. As animações, por ser geralmente representações simplificadas da realidade, não são muito adequadas para oferecer demonstrações, já que as demonstrações devem tentar mostrar o máximo de aspectos envolvidos.
- Oferecer vários papéis e perspectivas. Isto implica que o ambiente multimídia que será oferecido ao aprendiz deve prever diferentes caminhos de exploração por parte do aprendiz. Assim, a modelagem da realidade deve suportar diversos níveis de aproximação e de exploração.
- Criar um suporte para a aprendizagem colaborativa. Vários estudos mostram a importância para o processo de aprendizagem que representa a colaboração

entre aprendizes. Desta forma, o ambiente deve suportar aprendizagem colaborativa.

- Oferecer apoio e tutoria nos momentos adequados. O princípio é que um aluno iniciante ou com dificuldade deve ser apoiado pelo sistema, mas este apoio vai desaparecendo a medida que o aprendiz aumenta seu conhecimento sobre o problema. As avaliações devem estar inseridas dentro das atividades, de forma a avaliar o processo, além dos resultados.
- Promover a reflexão e articular os conhecimentos práticos para que se tornem explícitos. A maior parte dos sistemas coloca dentro de um mesmo tema, várias informações, fazendo que os alunos achem que por estar ali existe uma relação entre as informações, mas sem propiciar uma reflexão sobre essa relação. Um ambiente contextualizado deve permitir que os alunos reflitam sobre que informações podem ser relevantes para a resolução de problemas. Para resolver um problema ou completar uma tarefa o aprendiz deve refletir sobre todo o recurso, predizendo, fazendo hipóteses e experimentando.

Em resumo, segundo a teoria sócio-interacionista, a aprendizagem ocorre pela interação do aprendiz com seu entorno social, apropriando-se ativamente do conhecimento disponível nesse entorno. Este paradigma salienta a importância da presença de um professor ou colega mais experiente, que ajude o aprendiz a realizar as tarefas que ele não pode realizar sozinho, facilitando assim sua aprendizagem (ver conceitos de Zona de Desenvolvimento Proximal VYGOTSKY (2000)). Desta forma, o processo de aprendizagem deve se adaptar ao contexto cotidiano do aprendiz, portanto, os elementos culturais, sócio-econômicos e de gênero, entre outros, adquirem grande importância neste paradigma e devem ser inseridos ao processo de ensino-aprendizagem. Na tabela 2.3, estão resumidas as variáveis que foram extraídas deste paradigma, o tipo de ambiente que favorece cada variável e algumas tecnologias para a construção destes ambientes.

Tabela 2.1 Elementos relevantes na aprendizagem segundo a teoria sócio-interacionista

Característica	Efeito no ambiente	Tecnologia de apoio
Cultura	Permite que o entorno de aprendizagem e que os exemplos sejam contextualizados. Os ambientes gráficos e as metáforas devem ser compatíveis com as regiões consideradas.	Cenários, personagens animadas e exemplos podem ser projetados para representar elementos cotidianos dos aprendizes, extraídos de seu entorno.
Nível Sócio-Econômico	Permite que os ambientes reflitam contextos afim com os recursos econômicos do aluno.	Cenários, personagens animadas e exemplos devem ser projetados de forma compatível a estes níveis para propiciar

		uma atividade significativa para o aprendiz.
Sexo	Permite uma melhor projeção ou identificação do aluno com a atividade, em particular em crianças.	Personagens animadas e exemplos podem ser adaptados ao sexo. Alguns conteúdos podem ser salientados.
Interesses	Permite que os alunos possam se deslocar nas atividades de maior interesse.	Os conteúdos a ser oferecidos ao aluno devem ser escolhidos segundo os interesses.

2.4 Teoria dos Estilos de Aprendizagem

A teoria cognitiva dos Estilos de Aprendizagem está baseada na idéia que os indivíduos processam as informações em formas diferentes, com base em características adquiridas ou inatas. Existem várias classificações dos Estilos de Aprendizagem, algumas das quais podem ser achadas em FELDER (1999, 1996). A visão seguida neste trabalho corresponde ao Modelo de Estilos de Aprendizagem Felder-Silverman (FELDER, 1988). Aqui, considera-se que os dois hemisférios do cérebro possuem diferentes funções: o esquerdo está especializado na capacidade verbal - seqüencial e o direito no processamento espacial, das emoções e holístico.

O modelo incorpora algumas premissas:

- Todos temos fortalezas, mas estas são diferentes de um indivíduo para outro.
- A maior parte dos indivíduos está capacitada para aprender.
- Ambientes, recursos e aproximações instrucionais respondem a diversas fortalezas.
- Existem preferências instrucionais que podem ser medidas com alta confiabilidade.
- A maior parte dos educadores pode aprender a utilizar os Estilos de Aprendizagem como pedra angular da instrução.
- Muitos estudantes podem aprender a capitalizar as fortalezas dos seus Estilos de Aprendizagem.

Os Estilos de Aprendizagem são um conjunto de características pessoais, biológica ou ambientalmente impostas, e que fazem que um mesmo método de ensino seja efetivo para alguns estudantes e inefetivo para outros (FELDER et al., 1997).

Os estudantes aprendem de diferentes maneiras - vendo ou ouvindo; refletindo ou agindo; raciocinando logicamente ou intuitivamente; memorizando, visualizando ou estabelecendo analogias ou construindo modelos matemáticos;

de maneira contínua, seqüencial ou de maneira intermitente, em saltos. Os métodos de ensino também variam. Alguns docentes podem ensinar enfatizando, por exemplo, a aplicação e outros, a teoria. Alguns podem ser muito estruturados, outros deixar mais liberdade para a discussão. Alguns preferem a memorização, outros o entendimento. O quanto um estudante aprende em uma determinada aula depende, entre outros fatores, de quanta compatibilidade existe entre o estilo de aprendizagem desse aluno e o estilo de ensino do professor. Pode existir falta de sintonia entre os dois estilos, o que leva ao aborrecimento, por parte de alguns alunos, falta de motivação e de atenção. Isto pode levar até ao fracasso escolar do aluno, privando-o assim de poder continuar sua educação(FELDER, 1995).

2.4.1 Apresentação dos Estilos de Aprendizagem

Alguns dos Estilos de Aprendizagem já reconhecidos por docentes são apresentados a seguir. Os estilos estão agrupados em pares “opostos”, ou seja, se uma pessoa apresenta uma forte tendência para um estilo, a tendência do estilo “oposto” é pequena. Ademais, todo mundo pode ter um estilo preponderante algumas vezes e o estilo oposto outras vezes. Além disto, se há preferência por um estilo, pode ser que esta preferência seja forte, moderada ou fraca. O equilíbrio entre os estilos “opostos” é o ideal.

- **Aprendizes Ativos e Aprendizes Reflexivos:** Aprendizes ativos tendem a compreender e reter melhor a informação trabalhando de modo ativo - discutindo ou aplicando a informação ou explicando-a para outros. Os aprendizes reflexivos preferem primeiro refletir quietamente sobre a informação. Os aprendizes ativos tendem a gostar mais do trabalho em grupo mais do que os reflexivos que preferem trabalhar sozinhos. Assistir aulas sem qualquer atividade participativa, exceto a de tomar notas, é difícil para ambos os tipos de aprendizes, particularmente para os ativos.
- **Aprendizes Sensoriais e Aprendizes Intuitivos:** Aprendizes sensoriais gostam de aprender fatos, enquanto que os intuitivos preferem descobrir possibilidades e relações. Os aprendizes sensoriais gostam de resolver problemas com métodos bem estabelecidos, sem complicações nem surpresas. Os intuitivos gostam de novidade e se aborrecem com a repetição. Sensoriais ressentem-se mais do que os intuitivos quando são testados sobre um

material que não foi coberto explicitamente na aula. Os aprendizes sensoriais tendem a ser mais detalhistas e bons para memorizar fatos e fazer trabalhos práticos (laboratório). Os intuitivos podem ser melhores no domínio de novos conceitos e sentem-se mais confortáveis do que os sensoriais com abstrações e formulações matemáticas. Sensoriais tendem a ser mais práticos e cuidadosos do que os intuitivos. Os intuitivos são mais rápidos no trabalho e mais inovadores do que os sensoriais. Os sensoriais não gostam de matérias em que as conexões com o mundo real não sejam evidentes, intuitivos não gostam de matérias do tipo "receita", que envolvem muita memorização e cálculos rotineiros.

- **Aprendizes Visuais e Aprendizes Verbais:** Aprendizes visuais relembram melhor o que viram, por exemplo, figuras, diagramas, fluxogramas, filmes e demonstrações. Aprendizes verbais conseguem tirar maior proveito das palavras, explicações escritas ou faladas. Todo mundo aprende melhor quando a informação é apresentada visual ou verbalmente. No ambiente escolar muito pouca informação visual é fornecida. Geralmente os alunos ouvem as preleções e lêem o material escrito. Infelizmente a maioria das pessoas são aprendizes visuais, o que quer dizer que grande parte dos estudantes recebe menos do que poderia se apresentações visuais fossem mais empregadas. Os bons aprendizes são capazes de processar a informação apresentada visual ou verbalmente.
- **Aprendizes Seqüenciais e Aprendizes Globais:** Aprendizes seqüenciais tendem a aprender de forma linear, em etapas logicamente estruturadas. Estes aprendizes tendem a seguir caminhos lógicos para encontrar soluções. Os aprendizes globais, por sua vez, tendem a aprender em grandes saltos, assimilando o material quase aleatoriamente, sem ver as conexões, para, então, repentinamente "compreender" o tudo. Os aprendizes globais podem ser hábeis para resolver problemas complexos com rapidez, ou para juntar as coisas de forma original assim que tenham formado o grande quadro, mas eles podem ter dificuldade para explicar como fizeram isso. Os aprendizes seqüenciais podem não entender inteiramente o material, mas eles sempre podem fazer alguma coisa com ele, como resolver exercícios, desde que as partes que assimilaram estejam conectadas logicamente. Os aprendizes fortemente globais, que carecem de habilidades de raciocínio seqüencial, por

outro lado, podem ter sérias dificuldades até que consigam o quadro geral. Mesmo depois que o conseguem, eles podem ser imprecisos quanto aos detalhes da matéria, enquanto que os seqüenciais, mesmo conhecendo bastante sobre aspectos específicos de uma matéria, podem ter dificuldades para relacioná-los a diferentes aspectos da mesma matéria ou de matérias diferentes.

Aprender em um ambiente educacional estruturado pode ser imaginado como um processo de duas fases, envolvendo a recepção e o processamento da informação. Na fase da recepção, a informação externa (observável pelos sentidos) e a informação interna (que surge introspectivamente) ficam disponíveis para os estudantes, os quais selecionam o material que vão processar e ignoram o resto. A fase de processamento pode envolver a simples memorização ou raciocínio indutivo ou dedutivo, reflexão ou ação e introspeção ou interação com outras pessoas.

Os modelos de Estilos de Aprendizagem classificam os estudantes quanto à sua inserção em escalas relativas às maneiras pelas quais eles recebem e processam a informação. Propõe-se a seguir um exemplo de modelo que pode ser aplicado tanto a parte de ensino como à aprendizagem.

2.4.2 Modelos de Ensino para os Estilos

Os Estilos de Aprendizagem de um aluno podem ser identificados mediante as preferências que eles têm a respeito de atividades cotidianas, podendo ser inferidos a partir de suas escolhas em situações simples. Em FELDER (1997) e MONTGOMERY (1995), um questionário é utilizado para determinar os Estilos de Aprendizagem de um aluno. Uma vez determinado o Estilo de aprendizagem, deve ser ajustado o Estilo de Ensino. A maior parte das componentes dos estilos de ensino e aprendizagem guardam, entre si, um perfeito paralelismo. Estas dimensões são apresentadas na tabela 2.4.

Há 32 (2⁵) Estilos de Aprendizagem no modelo conceitual proposto, por exemplo um aluno sensorial/verbal/ativo/seqüencial. Apesar de ser aparentemente difícil pensar em apresentar cada conteúdo adaptando-o a todos os possíveis Estilos de Aprendizagem, técnicas de ensino adequadas, que considerem as diferentes categorias dos estilos, podem promover uma boa abrangência dos estilos.

Tabela 2.1 Dimensões dos Estilos de Ensino e Aprendizagem

Estilo de Aprendizagem		Estilo de Ensino	
Sensorial Intuitiva	} Percepção	Concreto Abstrato	} Conteúdo
Visual Verbal	} Alimentação	Visual Verbal	} Apresentação
Indutiva Dedutiva	} Organização	Indutiva Dedutiva	} Organização
Ativo Reflexivo	} Processamento	Ativa Passiva	} Participação do Aluno
Seqüencial Global	} Compreensão	Seqüencial Global	} Perspectiva

Na tabela 2.5, a seguir, são apresentados alguns ambientes propícios para cada estilo apresentado por um aprendiz e algumas ferramentas tecnológicas que permitem implementar estes ambientes.

Tabela 2.2 Estilos de Aprendizagem e sua influência na aprendizagem

Aprendizes	Ambientes propícios	Tecnologia de apoio
Ativos	O sistema deve dar liberdade de ação: micromundos, ambientes de simulação, exercício e prática, perguntas - respostas, jogos, possibilidade de interagir com outros alunos...	Realidade virtual, uso de multi e hipermídia, altos níveis de interatividade, conexão a Internet, personagens animadas.
Reflexivos	O sistema deve apresentar temas e exemplos, realizar demonstrações e estabelecer relações com outros tópicos. Deve questionar o aprendido (desequilíbrios, perguntas - respostas) e propiciar a auto-avaliação. Deve permitir que o aprendiz se desloque livremente, na procura das informações que considere relevantes.	Utilização de multimídia. Permitir que o aluno revise as apresentações quantas vezes seja necessário, ou seja, Interatividade alta e Navegação livre pelos conteúdos. Atividades de exploração e resolução de exercícios.
Sensoriais	Apresentação de exemplos concretos, situações realísticas e atividades onde possam ser utilizados métodos detalhados. Oportunidade de repetir métodos e procedimentos que estão sendo aprendidos. Resolução de problemas.	Uso de Realidade Virtual, imagens, vídeos, sons, animações fala e texto.
Intuitivos	Explicação do significado, da estrutura e da base teórica do conteúdo. Apresentação de teorias gerais e conceitos, estabelecimento de relações com outros temas, apelar à imaginação.	Uso de micromundos e ambientes de exploração onde o aluno possa comprovar hipóteses. Interatividade alta. Exploração.
Visuais	Ambientes ricos em estímulos visuais.	Realidade Virtual, ambientes gráficos. Uso de imagens, esquemas, diagramas, mapas, etc.
Verbais (auditivos)	Ambientes ricos em explicações, textos, histórias, contos, etc.	Uso de Texto e Fala. Pode ser experimentar com música.
Seqüenciais	Procedimentos e explicações passo a passo. Seqüência de temas, apresentações bem estruturadas e articuladas. Ênfase nos detalhes e nos métodos passo a passo.	Divisão dos temas em unidades elementares, Interatividade baixa e Navegação predeterminada.
Globais	Liberdade para escolher as diversas partes que compõem a matéria. Ênfase nos conceitos gerais e nas relações com outros temas. Exemplos reais, analogias.	Hipertexto e Hipermídia. Escopo geral da matéria. Navegação livre pelos conteúdos.

2.5 Teoria das Inteligências Múltiplas

Em 1983 Howard Gardner, professor de cognição e educação da Escola de Educação de Harvard, estabelece sua teoria das Inteligências Múltiplas (GARDNER, 1983). Ele define inteligência como a capacidade para resolver problemas ou criar produtos que sejam valorizados por algum ambiente sócio-cultural. A teoria das Inteligências Múltiplas é uma visão pluralista da mente, que reconhece muitas facetas diferentes e separadas da cognição e que reconhece que os indivíduos têm forças de cognição e estilos cognitivos diferentes. Este modelo baseia-se na ciência cognitiva (o estudo da mente) e na neurociência (o estudo do cérebro).

2.5.1 Apresentação das Inteligências Múltiplas

A teoria sugere que existem diferentes formas de inteligência que cada indivíduo possui em diferentes graus. Segundo Gardner, nenhuma inteligência é mais relevante que outra: todas têm a mesma relevância. Inicialmente a teoria contempla oito inteligências:

- **A inteligência lingüística** é a capacidade de se expressar, de pensar e avaliar significados complexos, manipulando a linguagem. Esta seria a principal inteligência dos poetas, jornalistas, etc.
- **A inteligência lógica – matemática** é a facilidade de manipular números, conceitos abstratos, calcular, quantificar, considerar proposições e hipóteses e realizar operações matemáticas complexas. Ela é a principal inteligência dos cientistas, engenheiros, contadores, etc.
- **A inteligência espacial** é a capacidade de formar um modelo mental de um mundo espacial e de ser capaz de manobrar e operar utilizando esse modelo. Permite pensar de forma tridimensional. Permite que a pessoa perceba imagens, produza e codifique informações gráficas. Engenheiros, escultores, cirurgiões têm esta inteligência muito desenvolvida.
- **A inteligência musical** é a capacidade de se expressar através da música e é a capacidade de grandes compositores. Estas pessoas possuem uma grande sensibilidade para as melodias, ritmos e tons.

- **A inteligência corporal – cinestética** é a capacidade de resolver problemas ou elaborar produtos utilizando o corpo ou partes do corpo. Seria a capacidade de dançarinos, atletas, artistas, mas também cirurgiões, etc.
- **A inteligência interpessoal** é a capacidade de entender outras pessoas, de criar empatia com elas e de interagir efetivamente com elas. Conhecer o que as motiva, como elas trabalham, como cooperar com elas.
- **A inteligência intrapessoal** é a capacidade de formar um modelo verídico de si mesmo, e de utilizar esse modelo para se desenvolver ou planejar sua vida.
- **A inteligência ecológica** é a capacidade de compreender os sistemas naturais, mas também aqueles criados pelo homem. Estas pessoas podem utilizar eficazmente o meio ambiente para se desenvolver.

Esta teoria considera que as inteligências são potenciais biológicos puros e que cada indivíduo possui seu próprio conjunto delas. Ela estabelece que os indivíduos nascem com níveis diferentes de inteligências, mas esses níveis podem ser modificados durante a vida. As inteligências se combinariam em cada indivíduo para resolver problemas, criar produtos ou até escolher passatempos. GARDNER (1993) também destaca o contexto cultural das inteligências. Ele considera que cada cultura tende a enfatizar e estimular um certo conjunto de inteligências. É assim que considera-se que as culturas orientais tendem a estimular a inteligência intrapessoal, enquanto que a cultura ocidental estimula a inteligência lógico – matemática e lingüística.

Segundo Gardner, os processos de ensino-aprendizagem devem levar em conta as Inteligências Múltiplas, tentando fortalecer e estimular as inteligências que um indivíduo apresenta. “As pessoas que são ajudadas a fazer isso, acredito, se sentem mais engajadas e competentes e, por tanto, mais inclinadas a servirem à sociedade de uma maneira construtiva.” (GARDNER, 1993).

Este enfoque permite visualizar uma mudança na orientação que pode ser tomada para escolher passatempos, trabalhos ou profissões. Trata-se aqui de tomar como critério de escolha os talentos pessoais, as inteligências que mais ressaltam e não mais o tradicional critério que fazia com que a reputação de uma profissão ou trabalho, seja determinante para sua escolha. Hoje não existe mais atividade líder, os gostos, motivações e interesses mais pessoais devem ser analisados para a escolha de atividades que serão desenvolvidas por muitos

anos. Isto garantiria uma maior probabilidade de êxito e satisfação pessoal durante o tempo que dure dita atividade.

Esta teoria tem se focalizado, principalmente, no desenvolvimento das crianças, apesar de se aplicar a todas as idades. Seus principais princípios são:

- Os indivíduos devem ser encorajados a usar suas inteligências específicas na aprendizagem.
- Qualquer atividade instrucional deve considerar as diferentes formas de inteligência.
- Qualquer processo de avaliação da aprendizagem deve considerar as diferentes formas de inteligência.

Por estas razões, a teoria das Inteligências Múltiplas deve ser considerada no desenvolvimento de *software* pedagógico. Uma vez mais o desenvolvimento das tecnologias de hipermídia e o aumento da interatividade entre os usuários e o sistema favorece o desenvolvimento de aplicações que possuam elementos desta teoria.

2.5.2 Modelos de Ensino para as Inteligências

Uma vez identificadas as inteligências de um aprendiz, o estilo de ensino deve ser conseqüente e permitir a criação dos chamados “ambientes inteligentes” onde podem ser reconhecidas e respeitadas as diferenças entre os aprendizes e, assim, criar oportunidades mais eqüitativas de aprender e ter sucesso (CAMPBELL et al., 2000). Na tabela 2.6 estão descritas algumas características, meios propícios e tecnologias afim para cada inteligência:

Tabela 2.1 Inteligências Múltiplas e sua influência em processos de aprendizagem

Inteligência	Ambientes propícios	Tecnologia de apoio
Verbal – Lingüística	Discussões; Depoimentos; Contar histórias; Brincar com palavras.	Texto, Fala; Comunicação verbal com outras pessoas (chat) ou com personagens.
Lógica – Matemática	Problemas abertos a serem resolvidos. Prever e verificar resultados lógicos. Proporcionar oportunidades para pesquisa e observação.	Exercícios, Jogos lógicos, quebra-cabeça, Classificação, Analogia, gráficos, códigos. Resolução de problemas.
Visual - Espacial	Estímulos Visuais, Comunicação não verbal. Representações gráficas, fluxogramas, quadros gerais. Mapas conceituais, uso de cores e formas.	Animações, Gráficos, Realidade Virtual.
Musical	Música de fundo. Ortografia musical. Utilizar música como estímulos para memorizar ou chamar a atenção. Transmitir emoções através do som.	CDs musicais, atividades musicais, sons, fala.

Inteligência	Ambientes propícios	Tecnologia de apoio
Cinestésica	Teatro, dramatização. Simulações. Jogos de associação espacial, fluxogramas cinestésicos. Observar movimentos espaciais na tela (se sentir dentro do ambiente).	Teclado, Mouse, movimento da cabeça ou qualquer outra atividade cinestésica. Realidade Virtual, simulações, animações, personagens animadas e vídeos. Navegação livre e Interatividade alta.
Interpessoal	Aprendizagem colaborativa, gerenciamento de conflitos, respeito e compreensão das diferenças. Sensível aos sentimentos de outras pessoas. Solidariedade. Desenvolvimento de perspectivas múltiplas. Educação multicultural: dar a possibilidade de conhecer o problema em outros contextos culturais.	Atividades de trabalho cooperativo. Aprendizagem em grupos. Personagens animadas que interajam emocionalmente com o aprendiz. Fala. Temas que salientem aspectos sociais. Interatividade alta.
Intrapessoal	Propiciar auto-valorização e capacidade de contribuir com os outros. Atmosfera afetiva, democrática que valorize a diversidade cultural. Trabalho por objetivos. Incorporação de sentimentos ao processo. Encontrar propósitos no aprendido. Desafiar o aluno. Identificar motivações e determinar habilidades para atingir os objetivos da aprendizagem.	Dar liberdade de escolha: uso de hipertexto ou hipermissão. Elaborar mapas mentais. Incentivar a procura de parceiros com motivações ou personalidades similares.
Ecológica	Permitir observar, relacionar, classificar, integrar, comunicar percepções do mundo. Propiciar a pesquisa, facilitar a observação, experimentar hipóteses, explorar os ambientes.	Facilitar a pesquisa, construir e analisar. Usar Bases de dados. Oferecer exemplos e cenário de natureza. Navegação Livre.

2.6 Combinação das Teorias

Na literatura pesquisada foi encontrado o conceito de combinação de teorias ou estratégias pedagógicas. No entanto, observou-se que não se trata de combinar, mas sim de justapor estas teorias ou estratégias. Este foi o entendimento adotado no presente trabalho. Trata-se portanto de identificar características, seja do aprendiz, seja dos conteúdos, que permitam decidir se uma estratégia é mais adequada que outra, em uma determinada situação. Desta forma, de aqui em diante a palavra “combinação” deve ser entendida como “disponibilidade” de estratégias ou teorias, para serem usadas independentemente, segundo a análise de cada situação.

2.6.1 Combinando Estratégias

Os dois paradigmas pedagógicos, o instrucionismo e o interacionismo, utilizados neste trabalho são antagônicos em suas visões a respeito da aprendizagem, pelo que não é possível combina-los. No entanto as estratégias que eles propõem

podem ser incorporadas a um mesmo sistema com a finalidade de poder ser, eventualmente, oferecidas ao aprendiz segundo alguns critérios pedagógicos de seleção. É, portanto, a nível de estratégias e táticas que se faz a combinação das diversas teorias apresentadas neste Capítulo.

Desde o início dos anos 80, é enorme o número de artigos, congressos, seminários, etc. que discutem se o computador deve ser utilizado para a transmissão de conhecimento (instrucionismo) ou, pelo contrário, se ele deve ser utilizado para criar ambientes abertos de aprendizagem (interacionismo) (JONASSEN, ____; MERRIL, 1998). A análise que se realiza a seguir, tenta resgatar as características consideradas favoráveis para a eficiência da aprendizagem, focalizando sempre o ponto de vista da construção de *software* pedagógico. A idéia não é unir dois paradigmas cujos fundamentos são antagônicos, mas fazer uma síntese, procurando os aspectos mais relevantes dos dois enfoques, tentando obter um produto com uma eficiência maior que se ele fosse implementado utilizando um só dos paradigmas.

A estratégia instrucional teve bons resultados no ensino de fatos, habilidades básicas e conceitos. A divisão do conteúdo em unidades elementares permite estruturar este tipo de conhecimento, oferecendo atividades relativamente simples aos alunos. Isto lhes permite avançar de forma quase natural, de um tópico a outro, favorecido pelo reforço positivo. A teoria instrucional tem influenciado grandemente os programas escolares, pelo que *softwares* pedagógicos implementados com esta teoria são facilmente inseridos nos planos de estudo e são facilmente aceitos pelos alunos, já que sua estrutura é a estrutura habitual de ensino que eles estão acostumados a receber.

No entanto, o fato de fragmentar o conhecimento, o que em princípio deveria torna-lo mais fácil de ser transferido, muitas vezes o priva de significado para o aluno e tende a aborrece-lo (SMITH-GRATTO, 1996). Por outra parte, tomando em consideração as problemáticas da educação em saúde, muitas das habilidades que deveriam ser desenvolvidas pelos aprendizes, não são estimuladas por esta estratégia pedagógica. Pela sua concepção de total controle sobre as atividades do aluno e porque pode propiciar passividade, esta proposta deve ser complementada.

A aproximação construtivista é talvez melhor apreciada em áreas consideradas pouco estruturadas, onde a decomposição da matéria em unidades elementares

se torna difícil e a partir de um determinado nível não existem cortes claros entre o correto e o errado (SMITH-GRATTO, 1996). Nestas áreas, como a saúde, o entendimento do domínio requer muitas vezes do entendimento simultâneo de pontos de vista em conflito. Muitos estudantes, nestes domínios, têm a grande dificuldade da transição de um nível introdutório (muitas vezes simplificado demais), até um nível mais complexo e pouco estruturado. Existem dois tipos de dificuldade: a primeira é o entendimento errado que um aluno pode ter da matéria introdutória, pois não a percebe num contexto mais amplo; a segunda é sua dificuldade para aplicar seu entendimento a um nível mais avançado. O aluno não é capaz de reconhecer um elemento ou sistema numa situação dinâmica, ou seja, numa situação diferente à apresentada no nível introdutório.

O Construtivismo estimula a criação de ambientes de aprendizagem interativos, onde o aluno pode ser confrontado com problemas em situações reais que são mais significativas para ele. Isto fortalece, também, a aprendizagem de habilidades práticas e de resolução de problemas. A apresentação de ambientes de exploração, onde o aluno aprende manipulando os elementos ou conceitos, lhe permite assentar conhecimentos prévios, ao mesmo tempo que lhe permite planejar uma estratégia própria para adquirir o conhecimento que ele deseja. Isto propicia o desenvolvimento da iniciativa e da criatividade.

Apesar destas vantagens, a teoria construtivista tem dificuldade em transmitir conhecimentos, devido à grande liberdade do aprendiz, num ambiente de exploração livre, onde se o aprendiz não toma a iniciativa, nada acontece. O aprendiz requer algumas intervenções de algum moderador para desenvolver um processo mais eficiente, se não ele freqüentemente se sente “perdido”.

A análise da discussão de vários autores sobre a combinação entre teoria instrucional e Construtivismo sugere que é preciso ensinar, utilizando um enfoque instrucional, o conhecimento básico de domínios bem estruturados. Isto porque é preciso uma base sob a qual começar a construir. Por outro lado, o Construtivismo deve ser aplicado na aquisição de conhecimentos avançados, de habilidades práticas e para desenvolver capacidades como criatividade e sociabilidade nos alunos.

A estrutura rígida dos conteúdos, proposta pela teoria instrucional, pode ser flexibilizada permitindo que os aprendizes possam modificar dita estrutura para construir seqüências de tópicos mais em acordo com suas capacidades e

interesses. Além desta flexibilidade, os alunos deveriam ter a liberdade de ir e vir de um tipo de atividade a outra. Eles comprovariam conceitos aprendidos em ambientes instrucionais, realizando experimentos de tipo construtivistas e, inversamente, generalizações e teorias extraídas dos experimentos construtivistas, poderiam ser assentados em ambientes comportamentalistas. Isto pode contribuir a criar ambientes pedagógicos mais eficientes e completos que poderiam aumentar o sucesso do processo de aprendizagem para um maior número de alunos.

Esta combinação de paradigmas pode ser utilizada para flexibilizar os novos métodos pedagógicos que estão sendo desenvolvidos nas áreas de tratamento de doenças crônico-degenerativas. Estes novos métodos se organizam geralmente em três etapas. A primeira consiste em dar informações à pessoa portadora do distúrbio. A segunda etapa salienta um debate. Perguntas são colocadas aos aprendizes que explicam e reformulam as informações transmitidas na primeira etapa. Por último, a terceira etapa implica a resolução de problemas, a análise de situações, etc. (LACROIX, 2000). Parte-se, portanto, de modelos passivos, para finalizar com modelos mais participativos e onde os aprendizes podem se exercitar ativamente no manejo de situações complexas.

2.6.2 Combinando Estratégias e Táticas

O desenvolvimento das tecnologias de construção de interfaces nos computadores apoiam a criação de ambientes baseados tanto no instrucionismo como no interacionismo. Cada tática pode ser implementada mediante um conjunto de tecnologias que podem fortalecer o impacto sobre o aprendiz. Estas interfaces constituem-se em ferramentas para a implementação eficiente das táticas pedagógicas.

A interface pode fortalecer a apresentação das fases que, segundo Gagné, são as condições necessárias e suficientes da aprendizagem. Por exemplo, para implementar a Fase de Motivação, diversas atividades podem ser apresentadas ao aprendiz, depoimentos, vídeos, história e contexto do objeto de estudo, relação com outras áreas, etc. Mas qual é a atividade que melhor se adapta a um aluno específico? Para a fase de Apreensão, deve-se chamar a atenção do aluno e isto pode ser feito utilizando um texto, uma imagem, uma música, cores especiais, personagens animadas, etc. Mas o que chama verdadeiramente a

atenção de um aluno específico? Da mesma forma, o desenvolvimento tecnológico permite criar num computador ambientes que permitam a implementação da teoria construtivista. A multimídia, a hipermídia e, em particular, a Realidade Virtual, são ferramentas muito eficazes para a construção deste paradigma (WINN, 1993; HERRINGTON, 1997). Para interagir com o objeto de estudo, podem ser usados links, comandos escritos, comandos de voz, opções de menu, etc. No entanto, quais são os meios de interação mais eficientes para um aprendiz determinado? Quais conteúdos, quais mídias devem ser oferecidos e que grau de intervenção deve ter o sistema? Estas questões têm intensificado o estudo de quais seriam os requisitos dos sistemas, para que o ensino seja mais efetivo.

O presente projeto tenta responder a estas questões, utilizando para isto alguns elementos das teorias anteriores que permitem classificar usuários, fornecem ferramentas para que o sistema possa identificar um aprendiz específico e sugerem quais ambientes são mais propícios para cada tipo. Desta forma, para motivar um aluno verbal podem ser oferecidos depoimentos, para chamar a atenção de um aluno musical, pode ser utilizada música ou sons, etc. Um aluno seqüencial pode se sentir mais a vontade num ambiente comportamentalista, estruturado e controlado pelo sistema, no entanto um aluno global pode se sentir mais a vontade com um ambiente construtivista onde ele esteja livre para pesquisar diversos níveis aleatoriamente.

Segundo os autores das teorias antes mencionadas, em particular das teorias dos Estilos de Aprendizagem e das Inteligências Múltiplas, a identificação das preferências do aprendiz não deveria significar que ele seja confrontado unicamente a ambientes afins com essas preferências. Outros meios de apresentação devem ser oferecidos para estimular capacidades menos desenvolvidas nos aprendizes, em particular quando eles são crianças. Neste caso, o uso de vários ambientes pedagógicos, não somente incrementa as chances de se comunicar com elas da forma preferida, mas também permite que elas desenvolvam as outras capacidades e aprendam a se comunicar mediante um máximo de formas possíveis.

Por esta razão, no presente projeto, as Inteligências Múltiplas e os Estilos de Aprendizagem não são pesquisados em crianças, mas somente em adolescentes e adultos. Isto porque foi estabelecido propiciar uma aprendizagem mais rica do

ponto de vista dos estímulos para as crianças. Tanto para a teoria das Inteligências Múltiplas como para a teoria dos Estilos de Aprendizagem, o ideal é o equilíbrio entre as diversas capacidades. As crianças estão em uma etapa onde ainda podem desenvolver muitas habilidades, pelo que dependendo do estágio de desenvolvimento, elas terão mais liberdade de escolha dos meios de apresentação. No caso de pessoas adultas, os estilos e inteligências são pesquisados, porque supõe-se que estas características estão mais definidas e porque os adultos precisam de mais eficiência no processo de aprendizagem, requerendo que o sistema lhes apresente o mais diretamente possível as informações que eles procuram. É possível que alguns educadores considerem que é inadequado oferecer ambientes orientados às preferências dos aprendizes, devido a que isto pode limitar sua capacidade de aprender mediante outros meios, limitando os canais de comunicação que estas pessoas desenvolvem. Mesmo assim, parece importante considerar as características cognitivas dos usuários, devido a que estas permitem planejar e projetar uma grande variedade de atividades pedagógicas, orientadas a estimular um grande espectro de preferências e habilidades dos usuários.

3. SOFTWARES PEDAGÓGICOS

Uma nova cultura baseada na informação está mudando o modo como as pessoas aprendem, trabalham, interagem e vivem. A educação é vista hoje como a chave de qualquer desenvolvimento (LEVY, 1993; ROBITAILLE et al., 1998; LARSON, 1999). Sem ela, todas as mudanças culturais e econômicas não teriam a base social necessária para ser implementadas. Neste novo contexto a educação adquiriu uma importância nunca antes alcançada e um grande esforço de pesquisa está sendo desenvolvido na procura de novas ferramentas tecnológicas para apoiar estas novas exigências. Os softwares pedagógicos são um dos resultados mais importantes destas pesquisas. Mas surge um questionamento sobre como estes sistemas podem efetivamente apoiar processos de aprendizagem e que ferramentas podem ser utilizadas para implementar sua inserção oportuna nas transformações educacionais. Na etapa da pesquisa bibliográfica sobre o estado da arte destes sistemas, diversos softwares pedagógicos foram analisados. Neste capítulo são apresentados os elementos mais relevantes do desenvolvimento destes sistemas. Uma análise especial é realizada sobre os Sistemas Tutores Inteligentes e sobre as Interfaces Inteligentes, apresentando as principais ferramentas utilizadas para seu desenvolvimento.

3.1 História dos Softwares Pedagógicos

Desde seus inícios, os computadores foram vistos como ferramentas potenciais de apoio à aprendizagem. Por esta razão o desenvolvimento de softwares pedagógicos data dos inícios da computação, antes mesmo de que os computadores se popularizem. Os *software* pedagógicos podem ser definidos como programas que visam a atender necessidades definidas pelo processo de ensino-aprendizagem e possuem, portanto, objetivos pedagógicos. Todo *software* que pode ser inserido num contexto ou situação de ensino-aprendizagem, na qual exista uma metodologia orientada do processo, pode ser considerado pedagógico (VICCARI, 1996).

A figura 3.1 apresenta as principais etapas que marcaram o desenvolvimento dos softwares pedagógicos, desde seus inícios nos anos 50. Nela, pode ser observado

que duas concepções de softwares pedagógicos foram desenvolvidas a partir dos anos 70, gerando duas tendências paralelas de desenvolvimento. Uma tendência enfatizava o ensino e respondia à teoria Comportamentalista. A outra tendência enfatizava a aprendizagem e respondia à teoria Construtivista. Os sistemas da primeira tendência tentavam guiar o aprendiz mantendo o controle sobre o processo de aprendizagem. Eles deram origem aos Sistemas Tutores Inteligentes. A segunda corrente iniciou a partir do programa LOGO (PAPERT, 1985), que deu origem ao desenvolvimentos dos Micromundos que oferecem ambientes de exploração livre para os aprendizes. A aprendizagem se efetua mediante a interação, tal como proposto por PIAGET (1967), sendo o aluno quem tem o controle do processo.

Na figura 3.1 pode ser observado que as duas tendências anteriores estão se aproximando na atualidade, surgindo de sua integração um novo tipo de software pedagógico: os Ambientes Inteligentes de Aprendizagem.

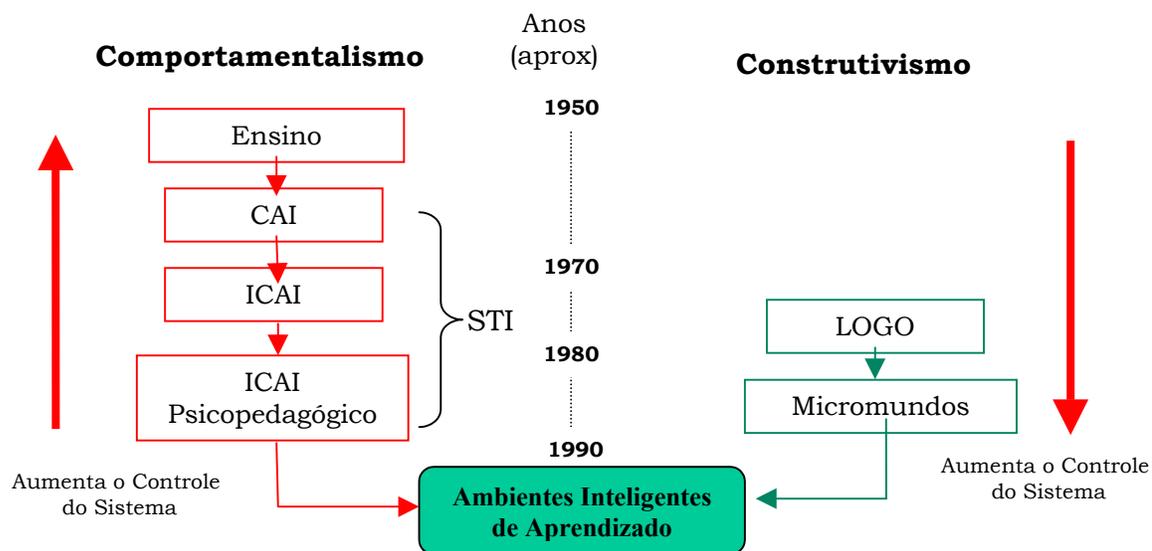


Figura 3.1 Principais concepções de Softwares Pedagógicos (modificado de BRUILLARD, 1997)

3.1.1 Instrução Assistida por Computador

Os inícios da Instrução Assistida por Computador (CAI, Computer Assisted Instruction) repousavam sobre um princípio simples: tratava-se de apresentar ao estudante uma lição, logo se apresentava uma pergunta relacionada à lição e que requeria uma resposta simples. Esta resposta permitia orientar as próximas

etapas do processo de aprendizagem. Os sistemas CAI, também denominados Tutoriais, utilizam uma estrutura de tipo Se – Então – Senão, para tomar decisões:

Se o estudante respondeu corretamente

Então apresenta-se uma nova lição

Senão repete-se a mesma lição (da mesma forma ou mudando a forma de apresentação).

Numerosos refinamentos foram realizados para melhorar a interatividade desse tipo de software. Trabalhar com o nome do aluno ou a escolha aleatória das mensagens apresentadas, são alguns dos exemplos. Também pode ser usada uma aproximação orientada a antecipar-se a todas as respostas possíveis do aprendiz, associando uma possível causa a cada resposta errada. Desta forma, trata-se de variar as bifurcações efetuadas.

A figura 3.2 representa a estrutura básica de um sistema CAI composto por duas unidades. A primeira, chamada conteúdo, contém a informação que será entregue ao aluno. A segunda unidade é a Interface, a que permite a comunicação entre aluno e sistema. A interface é relativamente simples e pouco interativa, favorecendo uma comunicação basicamente unidirecional, do sistema até o aluno. Além destas componentes, existe também um módulo de exercícios e suas resoluções que permitem testar o aluno e decidir quais serão os próximos passos que o sistema deverá propor ao aluno.

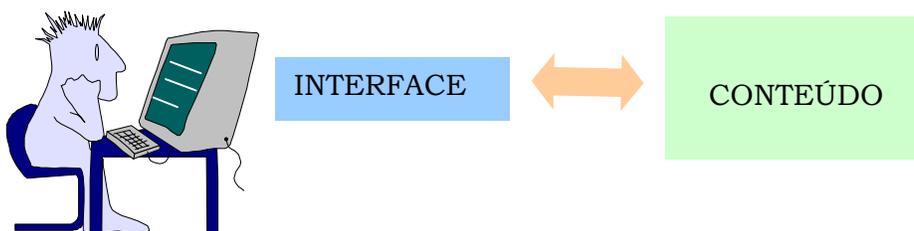


Figura 3.1 Estrutura básica de um sistema de CAI

Neste tipo de aplicação o aporte dos Sistemas Especialistas (DURKIN, 1992) e da Inteligência Artificial (RICH, 1994) é reduzido. O sistema oferece atividades de tipo comportamentalistas, bem estruturadas e inteiramente prestabelecidas, não deixando espaço para que o aluno possa ter controle sobre o processo de ensino-aprendizagem. Este está essencialmente baseado na apresentação de

seqüências de páginas na tela, seguindo uma estrutura arborescente predefinida que resultam em uma interação Homem – Sistema restrita a perguntas e respostas. As perguntas são propostas pela Máquina e as respostas dadas pelo aluno. O sistema não compreende a pergunta que faz, nem pode interpretar as respostas do aluno. A avaliação da resposta é geralmente realizada pela comparação de cadeias de caracteres ou pelo uso de questionários de escolhas múltiplas. Além disto, como o programa não tem um modelo de estudante, isto impede toda personalização das interações. A programação deste tipo de sistemas é muito longa devido a que devem ser prevenidas muitas situações por adiantado (CHARLOT, 1998).

3.1.2 Instrução Inteligente Assistida por Computador

Uma nova abordagem é proposta por SCHOLAR (CARBONELL, 1970). Trata-se de um sistema de Instrução Inteligente Assistida pelo Computador (ICAI, *Intelligent Computer Assisted Instruction*). O objetivo deste sistema era ensinar geografia da América do Sul. Esse tipo de sistema, também denominado Sistema Tutor Inteligente, é o resultado de trabalhos realizados em conjunto com a Inteligência Artificial (IA) e educação. À diferença dos sistemas anteriores, ele possui uma representação interna dos conhecimentos que ele deve transmitir.

A vantagem aportada pela inserção do conhecimento no sistema é que agora ele pode resolver os problemas propostos ao aluno. Isto permite não ter que programar as respostas e pode ser projetado um gerador de perguntas ou exercícios. Por outra parte, o estudante tem acesso às etapas intermediárias dos procedimentos realizados pelo sistema na resolução de problemas. Ele pode segui-los e poderá identificar e compreender seus próprios erros mais facilmente. Este tipo de sistema aporta outra vantagem: seu conhecimento lhe permite responder a perguntas formuladas pelo aluno. Isto pode ir da simples repetição ou da reformulação, até a resolução dos exercícios propostos pelo estudante, ou a apresentação de variantes de uma resolução. Este tipo de interação precisa de uma interface mais sofisticada e robusta. Ela deve permitir um diálogo bidirecional entre o aluno e o sistema. Além disto, as reformulações requerem de uma grande variedade de explicações, passos e justificações das possíveis respostas. Isto diferencia os Sistemas Especialistas (SE) dos sistemas de ICAI. A figura 3.3 apresenta a estrutura básica destes sistemas.

As principais componentes são uma base de conhecimento sobre o domínio a ensinar, um motor de inferência operando sobre a base e a complexa interface entre o aluno e a Máquina. Esta deve permitir interpretar corretamente as respostas ou perguntas do aluno, antes de transmiti-las ao motor. Nesta interface deve ser implementado o diálogo bidirecional que permite que o aluno possa questionar o sistema e que por sua parte o sistema também possa se comunicar com o aluno. Além destes componentes, uma base de exercícios também é muitas vezes implementada, com um programa de seleção ou gerador de exercícios. As respostas não precisam estar armazenadas.

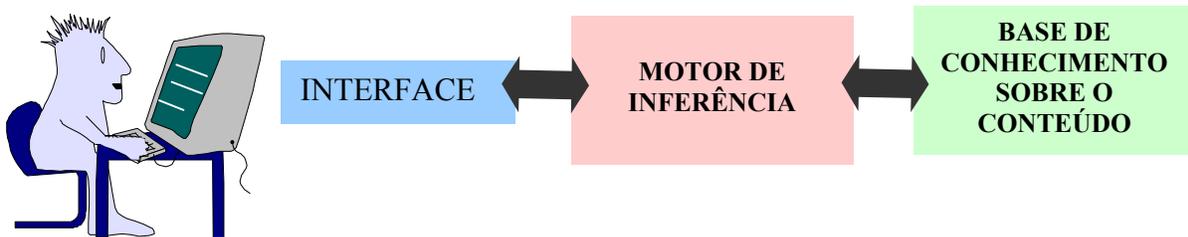


Figura 3.1 Estrutura básica dos sistemas de ICAI

3.1.3 Instrução Inteligente Psicopedagógica Assistida por Computador

A ICAI psicopedagógica constitui um grau mais elaborado dentro da evolução dos ICAI. Uma base de conhecimento sobre estratégias pedagógicas e um modelo de aluno são adicionados a estes sistemas. Tradicionalmente, os fatos são os diferentes tipos de intervenção do programa e as regras descrevem as modalidades das intervenções. A figura 3.4 apresenta a arquitetura destes sistemas.

Eles estão compostos por um primeiro Sistema Especialista, com conhecimento sobre o conteúdo que vai ser ensinado. Um segundo Sistema Especialista possui conhecimento sobre estratégias pedagógicas. Por último, um módulo de gestão do modelo do aluno contém a informação considerada relevante sobre o aluno. A escolha da estratégia pedagógica é problema do Módulo Tutor. Este tipo de sistema permite um processo de aprendizagem mais individualizado, se adaptando ao aluno e evoluindo a seu ritmo.

Em resumo, um sistema ICAI psicopedagógico é um Sistema Especialista com vocação pedagógica. As técnicas de IA lhe conferem o papel de “máquina de ensinar”, se adaptando às necessidades do aluno. Além de sua faculdade de resolver problemas, o sistema deve ser capaz de avaliar qual é a melhor estratégia que conduz à sua solução.

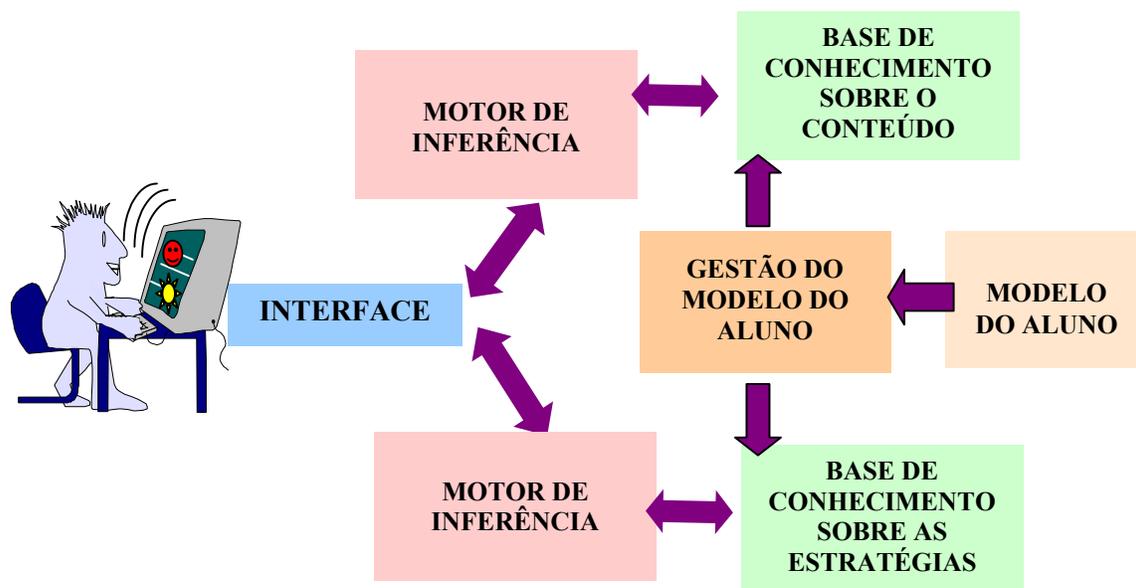


Figura 3.1 Estrutura básica dos sistemas de ICAI psicopedagógicos

3.1.4 LOGO e os Micromundos

Os Micromundos são considerados uma alternativa paralela aos Sistemas CAI e ICAI. Eles estão baseados no paradigma pedagógico interacionista. A filosofia de implementação dos Micromundos é, portanto, antagônica com a utilizada na construção dos primeiros sistemas. Os Micromundos foram propostos, inicialmente na década de 60, por Seymour Papert e sua equipe do Massachusetts Institute of Technology (MIT). O projeto LOGO (PAPERT, 1985) é um exemplo consagrado desta categoria de software pedagógico. LOGO é uma linguagem cujo objetivo é ajudar os alunos a desenvolver uma compreensão mais aprofundada de alguns conceitos das matemáticas. Um objeto representado por uma tartaruga pode ser movimentado na tela pelos alunos, utilizando as instruções da linguagem. Considera-se que a programação pode conduzir os alunos a uma reflexão mais explícita e mais articulada de seus próprios processos cognitivos, afetando favoravelmente seus processos de aprendizagem nesse tema.

A linguagem LOGO aportou algumas características que permitem desenvolver algumas capacidades nos alunos. Em particular:

- A capacidade de criar novos procedimentos de uma forma interativa.
- A capacidade da criança simular os movimentos da tartaruga com movimentos de seu próprio corpo assimilando, assim, conhecimentos sobre a geometria das implementações a partir de seus conhecimentos sensório – motores.
- A capacidade de representar os pensamentos, conhecimentos ou raciocínios do aluno, mediante os procedimentos que ele próprio implementa.

Micromundo é um termo criado no “*MIT Media Lab Learning and Common Sense Group*”. A idéia é oferecer um ambiente que respeita diferentes restrições constitutivas e que pode ser explorado por um estudante, verificando alternativas, testando hipóteses e descobrindo fatos que são verdadeiros nesse ambiente. Mediante o Micromundo, trata-se de estabelecer uma ligação entre uma representação formal ou abstrata e a realidade, representada mediante uma simulação. O mundo real ou de referência e o mundo formal estão ligados por um processo de modelagem ou exemplificação. Os objetos visíveis na interface do sistema comportam-se de uma forma coerente com o mundo formal mas sua aparência é a de objetos reais.

A característica dos Micromundos em relação a sua proposta pedagógica, diz respeito à aprendizagem pela ação, numa perspectiva de construção do conhecimento: os Micromundos baseiam-se no paradigma Construtivista. Eles fundamentam sua interação, por uma parte, na existência de modelos mentais, os que guiam as atividades do aluno dentro do Micromundo (BAULAC, 1990). Por outra parte, eles consideram a capacidade de evolução dos modelos mentais nos alunos, quando estes são confrontados a ambientes onde eles podem atuar, observando e analisando as respostas dos objetos do ambiente. Um modelo mental é visto, aqui, como uma representação cujos elementos simbólicos comportam-se de uma maneira similar aos objetos ou situações reais onde eles estão sendo representados. Estes modelos permitem o desenvolvimento de um raciocínio que permite ao aluno gerar novas situações (BRUILLARD, 1999).

3.1.5 Ambientes Inteligentes de Aprendizagem

Como apresentado na figura 3.1, a tendência hoje é a integração das diferentes concepções de softwares pedagógicos, resultando nos chamados Ambientes Inteligentes ou Interativos de Aprendizagem (*Intelligent / Interactive Learning Environment, ILE*). Estes sistemas podem ser entendidos como uma combinação de aspectos das categorias de tutores inteligentes e micromundos (EKLUND) e das concepções de aprendizagem colaborativa assistida por Computador (Computer Supported Collaborative Learning, ou CSCL, (LINH SIAO, 1996). Os ambientes oferecem uma grande variedade de atividades, aumentando o nível de interação entre o aluno e o domínio.

Os sistemas ICAI psicopedagógicos têm uma grande capacidade de comunicação com os alunos, em particular no que se refere às necessárias explicações, orientações, sugestões ou correções que o sistema provê durante todo o processo de aprendizagem. No entanto eles apresentam dificuldades para determinar se os conhecimentos que estão sendo transmitidos estão sendo recebidos em forma correta. Em particular, eles têm dificuldade em incentivar a participação dos alunos e fazer que eles utilizem os conhecimentos para a resolução de problemas. Por outro lado, os sistemas baseados em Micromundos são muito poderosos neste aspecto. Eles permitem aos alunos utilizar seus conhecimentos para experimentar em ambientes muito similares à realidade. Apesar dos resultados promissores dos Micromundos, eles não resolvem certos problemas considerados importantes para os processos de aprendizagem. Em particular a capacidade de prover explicações e estabelecer diálogos com os alunos, não encontram sustento nestes sistemas. Como os ambientes são totalmente abertos é, muitas vezes, necessária a intervenção de um moderador humano para incentivar ou orientar as ações do aluno sobre o ambiente, devido à falta de orientações do sistema.

A abordagem híbrida permite incorporar nos ILE várias estratégias pedagógicas, o que permite oferecer em um mesmo sistema ambientes instrucionistas e construtivistas, abandonando o domínio de uma filosofia sobre a outra. Isto permite melhorar a comunicação dos conhecimentos, ao mesmo tempo que aumenta o espectro de abrangência do sistema, propondo atividades afins a um maior número de alunos. Os ambientes pedagógicos apresentam atividades que

materializam as estratégias pedagógicas. Cada ambiente está orientado a satisfazer algum aspecto específico do processo de ensino-aprendizagem. O máximo de ambientes pedagógicos deve ser incorporado num sistema para poder flexibilizar a utilização das estratégias.

3.2 Tipos de Atividades Pedagógicas

As atividades pedagógicas têm uma grande importância para o desenvolvimento do presente projeto devido a que elas materializam as estratégias e as táticas pedagógicas selecionadas. Cada atividade permite representar os conteúdos em diversos ambientes e segundo a visão do paradigma pedagógico correspondente. Nesta seção são apresentadas algumas destas atividades. Elas têm sido grandemente usadas nos softwares pedagógicos, porém, de forma independente e não com a aproximação integradora que é utilizada neste projeto.

3.2.1 Atividades Seqüenciais

As atividades seqüenciais apresentam informações ou conhecimentos de forma estruturada e estão baseadas nos sistemas CAI, ou tutoriais. Os sistemas tutoriais têm como base os princípios instrucionistas e tentam implementar um modelo genérico de ensino, que possa servir para qualquer aluno. Para conseguir a transferência de conhecimentos, o sistema apresenta seqüências de informação muito bem estruturadas. Nestes sistemas os tópicos seqüenciais estão formados por partes de informação e algum tipo de atividade, geralmente em forma de perguntas e respostas, predeterminadas, que permitam estabelecer uma realimentação, do processo que permite que o sistema avalie o andamento do aluno (ver Tabela 2.1).

Os tutoriais têm como objetivos genéricos a apresentação de conceitos novos e a transferência de conceitos, princípios e/ou generalizações. As seqüências são preestabelecidas e estão estruturadas segundo a visão comportamentalista de Gagné (ver seção 2.2.1). Este tipo de software permite uma implementação quase exata das etapas e condições estabelecidas por este autor para conseguir uma transferência efetiva de conhecimentos. Historicamente estes sistemas têm se estabelecido como eficientes na transmissão de informações sobre os conteúdos que eles oferecem aos estudantes, mas não apresentam resultados relevantes na

transmissão de habilidades de resolução de problemas. Estes sistemas são os predecessores dos Sistemas Tutoriais Inteligentes.

3.2.2 Atividades de Exploração

De forma similar aos Micromundos, estas atividades propiciam as interações dos aprendizes fazendo que eles manipulem os objetos de estudo. O objetivo das atividades de exploração, que também podem ser chamadas atividades construtivistas, é o descobrimento de objetos e fenômenos, de suas características e propriedades, assim como a aquisição de habilidades para resolver problemas complexos. Quando o objetivo é adquirir habilidades para resolver problemas complexos, a atividade chave é a resolução de problemas realísticos. Uma atividade de exploração consiste em um ambiente, formado por um conjunto de situações apresentando problemas em forma altamente interativa. O aprendiz observa a consequência de suas ações, observando as reações do sistema.

Os Micromundos foram inicialmente utilizados para a aprendizagem de conceitos matemáticos mas, rapidamente, sua utilização ampliou-se a outras áreas, em particular na formação técnica profissional. Aqui as habilidades são treinadas em ambientes complexos, simulados por computador. O desenvolvimento das interfaces gráficas influi grandemente no aumento da eficiência deste tipo de software pedagógico. Estes sistemas deram lugar aos ambientes de exploração, que se caracterizam pela sua capacidade de trabalhar em paralelo ou em conjunto com diferentes representações de um mesmo objeto ou fenômeno.

3.2.3 Simulação e Modelagem

A simulação é a representação do comportamento de um objeto, de um sistema ou de um evento real. É um modelo simbólico e representativo da realidade que foi implementado a partir da caracterização dos aspectos essenciais do fenômeno. Este tipo de programa pode ser utilizado, por exemplo, após a aprendizagem de conceitos e princípios básicos do tema em questão, para que o aprendiz observe o comportamento do objeto de estudo.

O usuário, em alguns casos, é um elemento participante que controla o sistema, isto é, possui o controle das variáveis e dos parâmetros. O sistema gerenciador, então, ajusta a simulação baseando-se nas entradas dadas pelo usuário. Neste

contexto, o sistema é muito similar a uma atividade de exploração, onde o simulador permite a manipulação do objeto de estudo.

A modelagem computacional, por sua vez, é um sistema dinâmico no qual cada passo do cálculo pode ser definido pelo aprendiz. Os modelos são construídos passo a passo, modificando-se modelos anteriores, por exemplo. Na modelagem dinâmica identificam-se variáveis importantes que descrevem um sistema e especifica-se a variação delas ao longo do tempo. As regras para evolução do sistema são regras para o cálculo dos próximos valores de uma variável. A criação de modelos permite que o aluno explicita conhecimentos e os aprofunde.

Tanto na simulação quanto na modelagem o aluno é alertado com mensagens de erro, quando for o caso, que indicam o caminho correto a ser seguido. Além desta característica, sistemas deste tipo têm a capacidade de armazenamento das respostas, afim de se conhecer a estrutura do raciocínio do aluno diante do problema dado.

Este tipo de atividade pode ser utilizada tanto pelo Comportamentalismo quanto pelo Construtivismo. Em particular, ela pode ser utilizada nas fases 3 e 4, de Codificação ou de Retenção (GAGNÉ et al., 1988). Ela se torna uma atividade predominantemente construtivista, quando o aprendiz tem o controle sobre os processos que estão sendo simulados e modelados.

3.2.4 Exercício e Prática

O software considerado como de exercício e prática é aquele que tem como objetivo a aquisição de uma habilidade ou a aplicação de um conteúdo já conhecido pelo aluno, mas não inteiramente dominado. Tipicamente é utilizado para revisar conteúdos vistos em sala de aula, principalmente os que envolvem memorização e repetição (FLEMMING, 1998).

Este tipo de sistemas representa a forma mais tradicional na qual os computadores têm sido utilizados em educação. Tem como características uma seleção aleatória de problemas e, geralmente, não possui julgamento das respostas erradas, ou seja, o aluno repete o exercício quantas vezes for necessário até que acerte. Técnicas de computação padrão podem ser usadas para desenvolver estes sistemas, nos quais o aluno exercita certas habilidades e progressivamente compila o conhecimento associado (MITCHELL et al., 1984). A

incorporação de conhecimentos sobre o que o aluno está resolvendo, acrescenta o poder pedagógico destes sistemas (DU BOULAY, 2000).

Estes sistemas são geralmente implementados utilizando conceitos do paradigma instrucional, em particular a abordagem do Cognitivismo segundo a visão de Gagné, descrita no Capítulo 2. Como o objetivo é automatizar certas habilidades elementares, o sistema deve propiciar uma realimentação rápida e exata às atividades do aluno. Ele faz ênfase na repetição de conceitos importantes e o desempenho pode ser avaliado apenas pela exatidão dos resultados com que o aluno responde aos exercícios e problemas apresentados. No entanto, a resolução de problemas em ambientes realísticos favorece grandemente as concepções construtivistas, permitindo a aprendizagem mediante a aplicação dos conhecimentos já aprendidos.

Desta forma, estas atividades possuem um grande poder pedagógico, permitindo assentar conhecimentos e detectar fraquezas.

3.2.5 Perguntas Respostas

As atividades de perguntas e respostas permitem, tradicionalmente, avaliar se o aluno está conseguindo alcançar os objetivos do processo. Este tipo de atividade é fortemente instrucionista, mas pode ser utilizado pelo interacionismo, no sentido em que as perguntas podem ter como objetivo criar desequilíbrios nos alunos, para colocar em evidência alguns conceitos ou capacidades ainda fracas. Para o instrucionismo, este tipo de atividade pode permitir a implementação da realimentação do sistema.

Da mesma forma que para as atividades de resolução de problemas, as atividades de perguntas - respostas podem ser utilizadas em três etapas do processo. No início do processo (diagnóstico dos pré-requisitos) para avaliar o que o aluno já sabe e sugerir algumas atividades em caso de ser necessário. Numa segunda etapa, durante o processo (avaliação formativa), esta atividade pode permitir aprofundar alguns aspectos, salientar algumas fraquezas ou criar desequilíbrios. Por último, no final do processo (avaliação somativa) para determinar o estado alcançado pelo aluno e planejar as próximas atividades.

No entanto, um dos maiores inconvenientes para aumentar a eficiência desta atividade é que as perguntas são preestabelecidas e estáticas, e as respostas do usuário devem ser limitadas para que o sistema possa avaliar se elas estão

corretas ou incorretas. Por causa das limitações do processamento de linguagem natural, geralmente as respostas do aluno se dão num ambiente onde ele deve escolher uma entre várias respostas possíveis. Isto limita grandemente o valor pedagógico da atividade. Apesar disto, as atividade de perguntas-respostas podem ser adequadas para um determinado tópico da matéria que está sendo trabalhada. Além disto, as pessoas com Estilos de Aprendizagem fortemente globais ou reflexivos, podem tirar proveito de algumas perguntas que lhes permitam refletir e generalizar os conteúdos.

3.2.6 Jogos

Os jogos educativos computadorizados são programas que, mesmo desenvolvidos para lazer e diversão, são usados com uma finalidade educacional por trazer implícitas características que ajudarão a construir ou descobrir conhecimentos (de OLIVEIRA et al., 1998; GIRAFFA et al., 1998). Os jogos educativos são atividades nas quais o aluno aprende através da descoberta. Os jogos criam ambientes de aprendizagem que possuem um enfoque heurístico, não fornecendo o conteúdo diretamente ao aluno. O aluno prova suas próprias hipóteses e descobre ou valida as regras do jogo.

As características que tornaram os jogos educativos computadorizados intrinsecamente motivadores são o desafio, a fantasia e a curiosidade, além de incentivar o uso da negociação, da persuasão, da cooperação, do respeito à inteligência do adversário. Os jogos podem fornecer alguns resultados não previstos e que são tão importantes quanto os previamente determinados. Podem oferecer oportunidades para o aluno usar a lógica, raciocínio e habilidades de organização para resolver problemas de maneira mais interessante do que seriam expostos num exercício comum.

Os jogos educativos computadorizados são importantes pois (SILVEIRA et al., 1998):

- Identificam a relação causa - efeito entre as respostas e as conseqüências no jogo;
- Atraem e mantêm o interesse e o entusiasmo dos alunos;
- O ambiente pode variar em função do jogo e dos níveis de dificuldade;
- Exploram efeitos auditivos e visuais.
- Exploram a fantasia;

- O computador possui a capacidade de proporcionar um adversário "inteligente";
- Oferecem a sensibilidade, ou seja, pode-se mudar os parâmetros do jogo e, assim, avaliar o ambiente, enfrentando objetivos diferentes de cada vez.

Jogos com objetivos pedagógicos podem ser implementados utilizando praticamente todos os paradigmas pedagógicos, mas os mais afins a este tipo de sistemas são os paradigmas interacionistas. Por um lado o jogo segundo PIAGET et al. (1974) é um dos meios mais importantes em que a criança adquire conhecimentos sobre os objetos e fenômenos que o rodeiam. Por outro lado, para VYGOTSKY (2000) a influência do jogo, no desenvolvimento da criança, é fundamental, pois cria uma zona de desenvolvimento proximal. Por último, PAPERT (1994) afirma que o Computador é a máquina das crianças, pelo que sua característica lúdica é quase óbvia. Do ponto de vista comportamentalista, os jogos implementam de forma implícita o estímulo positivo por comportamentos corretos, pelo que podem ser utilizados nas fases de Generalização, Desempenho e Realimentação (GAGNÉ et al., 1988). Por todas estas razões os jogos educativos têm sido muito estudados nos últimos tempos e representam um aporte considerável aos Softwares Pedagógicos.

3.2.7 Enciclopédias

As atividades de tipo enciclopédia foram umas das primeiras utilizações do hipertexto e da hipermidia, em aplicações educativas. Com efeito, um conjunto de informações organizadas como em uma enciclopédia, com uma grande liberdade de navegação, permite que os alunos possam adquirir informações guiados pela curiosidade criada pelas próprias informações já adquiridas. Isto parecia ideal para um processo de ensino-aprendizagem construtivista, onde o controle total das atividades está nas mãos do aluno. Por outra parte, este tipo de sistemas parece resolver o problema de como responder às perguntas do aluno, já que navegando livremente pelos conteúdos os alunos podem aprofundar os temas que mais lhes interessem e com os quais eles têm mais dificuldade.

Desafortunadamente, rapidamente este tipo de interação se tornou insuficiente para resolver os problemas pedagógicos. A falta de orientação faz que muitas vezes os alunos se sintam perdidos no ambiente e sobre-passados por

quantidades muito grandes de informação (sobre carga cognitiva). No entanto, este tipo de atividade pode apoiar o processo de aprendizagem de alguns tipos de alunos. Os alunos globais, os alunos ativos e os intuitivos podem ser beneficiados com este tipo de atividade. As atividades de tipo enciclopédia podem ser sugeridas com objetivo de motivar a pesquisa e a exploração dos conteúdos. Limitando a quantidade de informações que podem ser oferecidas por estas atividades, elas podem ser relevantes para aprendizes cinestésicos e ativos.

3.2.8 Exemplos

Atividades de tipo exemplo podem ser construídas para apoiar a explicação de todos os conteúdos. Todas as teorias pedagógicas enfatizam a importância dos exemplos durante o processo de ensino-aprendizagem. Para a teoria instrucionista, os exemplos podem apoiar praticamente todas as fases. Eles devem ser selecionados de forma a motivar o aluno, mas também de forma a dirigir sua atenção sobre alguns aspectos importantes da matéria. Os exemplos podem ser utilizados para estimular a memorização e facilitar a retenção dos conceitos estudados. O instrucionismo salienta a importância de realizar revisões da matéria, espaçadas a intervalos de dias ou semanas, oferecendo ao aluno exemplos que apresentem a aplicação da capacidade aprendida.

Para o interacionismo o uso de exemplos, principalmente desenvolvidos em ambientes realísticos, é fundamental para o processo de ensino-aprendizagem. Em particular, para o sócio-interacionismo e a Aprendizagem Contextualizada, fornecer exemplos onde pessoas mais capacitadas desenvolvem as tarefas que os alunos estão aprendendo é uma atividade indispensável para que o aluno consiga fortalecer suas construções mentais do objeto de estudo. Os exemplos devem ser o mais significativos possível, pelo que eles devem estar inseridos em ambientes muito próximos aos ambientes onde o aluno deverá desenvolver as capacidades adquiridas, tanto do ponto de vista cultural, como sócio-econômico. Na educação em saúde estes conceitos são vitais para lograr os objetivos educativos e conseguir um auto-cuidado eficiente. Contextualizar os comportamentos desejados permite facilitar a aplicação dos conhecimentos ao dia a dia.

Os exemplos são particularmente importantes para alunos cujo estilo de aprendizagem é fortemente sensitivo. Considerando outros estilos e inteligências,

também podem ser construídas atividades que apresentem exemplos em ambientes visuais, verbais, ecológicos, interpessoais, etc. Desta forma aumenta a efetividade do exemplo, como componente importante do processo de ensino-aprendizagem.

3.3 Sistemas Tutores Inteligentes

A filosofia do presente projeto está orientada à integração de diversas estratégias pedagógicas e tipos de atividades, pelo que ela está orientada à implementação de Ambientes Inteligentes de Aprendizagem. No entanto, a estrutura do sistema proposto é a estrutura de um Sistema Tutor Inteligente, devido a que o projeto contempla uma organização constituída pelos quatro módulos que compõem estes sistemas. Esta estrutura facilitou o desenvolvimento, por separado, dos diversos elementos que constituem o problema analisado. Por esta razão, os Sistemas Tutores Inteligentes são apresentados e analisados mais detalhadamente nesta seção.

3.3.1 Definição

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) são o resultado da evolução dos sistemas CAI, ou seja, são programas de computador que utilizam diversos recursos tecnológicos para transmitir conhecimentos e/ou informações, focalizados no apoio à instrução. Baseados, inicialmente, no paradigma da instrução programada, a evolução dos STI os encaminha para os Ambientes Inteligentes de Aprendizagem, como visto em 3.2.5, permitindo hoje a integração de vários paradigmas pedagógicos e tipos de atividades.

O objetivo principal dos STI é adaptar, o mais fielmente possível, as atividades pedagógicas ao aprendiz. Este objetivo pode ser observado como meta comum em todos os sistemas desenvolvidos até hoje. Para lograr este objetivo, o sistema deve propor ao aprendiz uma atividade altamente afim com suas necessidades em cada instante. Portanto o sistema deve identificar os conhecimentos, certos ou errados, que um aluno possui, seus estilos cognitivos (como ele aprende melhor) e seus estados afetivos (motivação para aprender). Uma vez identificados, estes elementos servem como critério para selecionar uma estratégia de aprendizagem, determinando a atividade pedagógica, o conteúdo, o tipo de meios,

etc., que será oferecido ao aprendiz, assim como para saber o que fazer frente a algumas de suas ações (erros, dúvidas, etc.). Para poder aplicar uma estratégia pedagógica, o sistema precisa ter um controle muito flexível sobre o conteúdo, de forma a adapta-lo às atividades requeridas pelo aprendiz, pelo que o conteúdo deve estar representado de forma conseqüente às diversas estratégias consideradas.

Os STI utilizam técnicas de Inteligência Artificial para representar estes três tipos de conhecimentos, os quais são indispensáveis a todo processo de ensino-aprendizagem: conhecimento sobre o domínio, conhecimento sobre as estratégias pedagógicas e conhecimento sobre o aprendiz, ou seja, o que, para quem e como (What-Who-How) (BRUILLARD, 1999). Estes conhecimentos definem o módulo do Especialista, o Módulo do Tutor e o Módulo do Aluno, respectivamente. A Interface também é considerada como um módulo do sistema, mas sua importância surgiu mais tarde. Ela tem a importante tarefa de comunicar o aprendiz com o sistema, em um intercâmbio preferencialmente bidirecional. A interface permite que o aluno interaja com o conteúdo e reflète as decisões pedagógicas do STI. Portanto, a interface é onde confluem os conhecimentos, as decisões e as ações do processo de ensino-aprendizagem.

3.3.2 Componentes de um STI

Não existe uma definição consensual de STI, no entanto sua estrutura composta pelos quatro módulos apresentados na figura 3.5, tem sido quase unanimemente aceita.

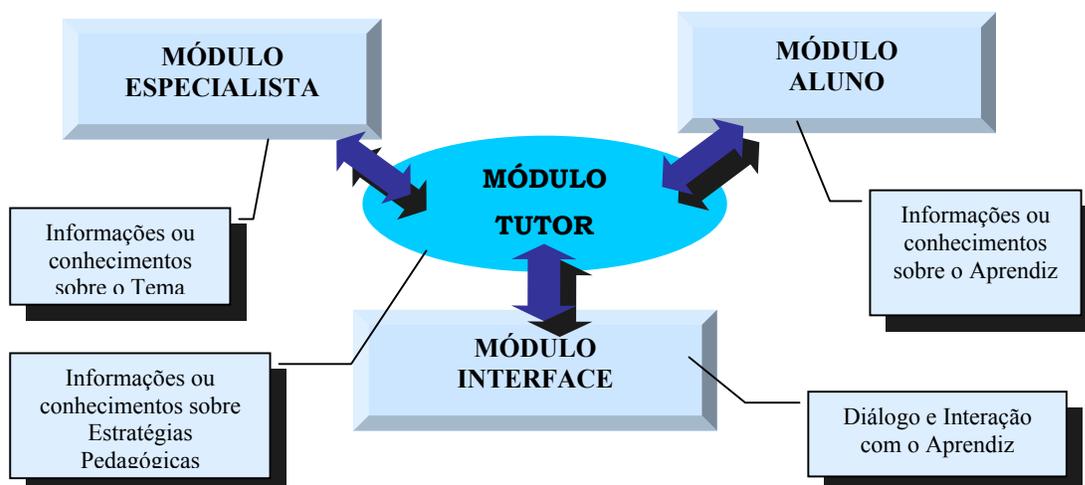


Figura 3.1 Componentes de um Sistema Tutor Inteligente

Módulo Especialista: Este módulo possui informação organizada ou conhecimentos referentes aos conceitos e temas que se deseja ensinar. Denomina-se domínio ao tema de aplicação do STI (por exemplo, o domínio dos Circuitos Elétricos) e é ele que contém os conteúdos que serão apresentados. Segundo JONASSEN (1993), para ser considerado inteligente um STI deve poder codificar os conteúdos da especialidade que deseja ensinar, de modo a poder acessar as informações ou conhecimentos, fazer inferências e resolver problemas. O modelo do especialista deve apresentar a informação e conhecimentos a serem oferecidos ao aluno, de forma flexível e adaptável às características do mesmo. Este é o principal desafio deste componente, considerado fundamental para o sistema. A escolha da representação de conhecimento num STI depende do tipo de conhecimento a ser armazenado, da utilização pretendida e dos objetivos que se desejam lograr.

Módulo Aluno: Este módulo contém todo tipo de informação acerca de um aluno. Suas possibilidades e funções variam de uma implementação para outra. Em geral ele é utilizado para registrar as diferentes atividades de um estudante e, assim, permitir ao sistema guiar e aconselha-lo nos momentos certos. O módulo deve poder representar o estado cognitivo de um aluno, seus estilos cognitivos e seus estados afetivos. Estes elementos compõem o chamado Modelo do Aluno. Este componente é o mais dinâmico do STI, contendo o conhecimento e as capacidades do estudante, seu comportamento de aprendizagem passado, os métodos de apresentação aos quais ele responde melhor e seus interesses, dentro do domínio. Munido destas informações, o sistema pode interagir a um nível adequado, adaptando a instrução à competência e habilidade de cada estudante. A falta de teorias potentes para modelar o aluno e a complexidade dessa tarefa tem fortemente detido o desenvolvimento do Módulo Aluno, nos STI.

Módulo Tutor: Este módulo deve escolher alguma estratégia de aprendizagem, segundo algum critério preferencialmente dinâmico e de realimentação com o aluno, e apresentar os tópicos do domínio, da forma mais eficiente. O Módulo Tutor tem controle sobre todo o sistema. A sua principal função é determinar quando e como intervir no processo, deixando ao aprendiz liberdade de ação mas “observando” seu andamento, para guia-lo em caso necessário. As

representações explícitas do conhecimento pedagógico proporcionam o potencial necessário para que o sistema consiga adaptar e mudar suas estratégias. A adaptação da instrução implica em uma escolha didática, que pode ser global ou local. No nível global as escolhas refletem as estratégias e determinam a seqüência dos episódios educacionais. No nível local, as escolhas refletem as táticas e envolvem decisões sobre quando uma intervenção é necessária, se o estudante deve ou não ser interrompido em sua atividade, e o que pode ser feito ou apresentado em algum determinado momento. Isto inclui orientação no desempenho das atividades, explicações dos fenômenos e processos, assim como decisões sobre quais informações serão oferecidas para reparar as deficiências dos estudantes.

Módulo Interface: Este módulo permite a interação aluno - domínio. A grande variedade de formas e meios de apresentação faz com que estas interfaces possam constituir-se numa das vantagens mais importantes no uso da computação aplicada ao ensino. Desde o hipertexto até a Realidade Virtual, existe uma grande variedade de possibilidades para fazer interfaces amigáveis, eficientes e atrativas para os alunos. Seu caráter bidirecional é fundamental para que o sistema possa adquirir a informação relevante sobre o aluno e seu rendimento assim como para que o aluno seja confrontado a atividades significativas para seu processo de aprendizagem. A interface gráfica tem como função por um lado, estimular o aluno na sua interação com o sistema, por outro lado, permitir que o aluno saiba em cada instante onde ele se encontra e onde está a informação ou atividades que ele precisa. Isto garante o conceito de ergonomia. No entanto, a ergonomia, sozinha, não propicia a reflexão nem os necessários momentos em que o aluno questiona seu processo de aprendizagem (CHOPLIN et al., 1998), pelo que sua implementação deve ser muito bem pensada, utilizando critérios estabelecidos pelos diferentes paradigmas pedagógicos considerados para a implementação do STI (DILLENBOURG, 1998). A interface deve refletir as estratégias pedagógicas, pelo que deve ser didática.

A história do desenvolvimento dos STI mostra uma evolução em etapas, onde em cada etapa a importância de uma das componentes foi enfatizada. As etapas do desenvolvimento dos STI são apresentadas a seguir, num estudo de como foi

utilizada a Inteligência Artificial para implementar os módulos do sistema e onde são apresentados os principais sistemas desenvolvidos que influenciam, até hoje, nas diversas direções de pesquisas nesta área.

3.4 A Influência da Inteligência Artificial nos STI

Os impasses provocados pelos primeiros softwares pedagógicos levaram os programadores a introduzir técnicas de IA, o que provocou um deslocamento metodológico qualitativamente radical na forma de programar softwares pedagógicos: da programação de decisões à declaração do conhecimento (BRUILLARD, 1997). A incorporação de técnicas de Inteligência Artificial procura soluções para o problema da personalização. Como a planificação preestabelecida dos Softwares Pedagógicos tradicionais, ou seja, o fato de que o programa possa responder a todas as ações do aluno, não é possível, nem desejável, existe a necessidade de se basear em princípios gerais para supervisionar o diálogo com o aprendiz. O desenvolvimento da IA possibilita a implementação de tais princípios. A IA permite que as máquinas possam armazenar conhecimentos e tomar decisões durante o andamento do processo. A necessidade de sistemas mais flexíveis na apresentação dos conteúdos, assim como as limitações na modelagem do aluno fomentam um grande esforço de pesquisa que influiu na concepção dos diversos Sistemas Tutores Inteligentes.

A Inteligência Artificial é a área de estudo que tenta descobrir como as máquinas podem realizar tarefas que até agora, são realizadas melhor pelos seres humanos (RICH, 1994). Apesar das limitações desta definição, ela já pode dar uma idéia de sua influência no desenvolvimento de softwares pedagógicos. Outra definição mais concreta é considerar que a IA é uma aproximação, de concepção informática, que estabelece a representação de diferentes tipos de conhecimento dentro de um software e a utilização desses conhecimentos de forma dinâmica (CHARLOT, 1998). O desenvolvimento dos Sistemas Especialistas põe em prática este conceito.

A IA permite a busca de ferramentas para flexibilizar o funcionamento dos sistemas e permite que os pesquisadores nas áreas da computação e das ciências do conhecimento desenvolvam e testem novas técnicas e modelos, aplicando novas ferramentas ao ensino. Assim, a pesquisa sobre aplicações educacionais

da IA contribuiu ao desenvolvimento de áreas como a engenharia do conhecimento e a psicologia cognitiva.

A análise dos diversos sistemas desenvolvidos até hoje mostra que a IA é, principalmente, utilizada para personalizar a interação entre o usuário e a máquina, tentando que o aluno tenha mais participação no processo e que o sistema seja mais assertivo nas suas intervenções pedagógicas. Analisando a história do desenvolvimento dos STI pode-se observar uma evolução na importância dada a cada módulo do sistema. Primeiramente a importância foi dada ao módulo especialista, utilizando a IA para representar os conhecimentos sobre um domínio específico. Logo foram incorporadas estratégias pedagógicas ao sistema, obtendo o Módulo Tutor e, por último, um modelo do aluno foi necessário para diagnosticar/avaliar o aprendiz, resultando no módulo do Aluno. Recentemente, a interface tem adquirido maior importância, devido ao grande desenvolvimento das técnicas disponíveis para sua implementação, o que tem enriquecido as possibilidades de comunicação entre aprendiz e sistema. Uma pesquisa detalhada sobre o uso da IA nos softwares pedagógicos pode ser achada em SLEEMAN et al. (1982), O'SHEA et al. (1983), WENGER (1987) et BRUILLARD (1997). No entanto, alguns elementos são brevemente apresentados a seguir.

3.4.1 Modelagem do Domínio

Numa primeira etapa, a IA foi utilizada pela sua capacidade para modelar conhecimento especialista (expertise). Grande parte do conteúdo do sistema pode ser representada mediante uma base de conhecimento. O sistema adquire, então, a capacidade de resolver os mesmos problemas que o aprendiz deve resolver, já que ele contém conhecimento sobre o domínio a ser ensinado. Claro, outras técnicas podem produzir a solução correta para um determinado problema, mas a vantagem das técnicas de IA é a forma em que essa solução é produzida. Efetivamente, as técnicas de IA permitem representar os procedimentos que um especialista utilizaria para chegar à solução. Por esta razão a comunicação entre o aprendiz e o sistema é enriquecida, podendo-se produzir interações em níveis intermediários à solução final. As respostas dos sistemas podem ser explicadas, portanto a representação de conhecimento torna-se mais significativa, para o aluno, que o simples fornecimento de resultados finais. As interações são muito importantes quando se trata da obtenção de habilidades na resolução de

problemas complexos (DU BOULAY, 2000). Como um desenvolvimento baseado em IA tem maior custo que uma técnica tradicional, ele deve ser aplicado só quando a tarefa o exige.

Alguns exemplos do uso de IA para modelar os conhecimentos sobre o domínio são o SCHOLAR (CARBONELL, 1970) que utilizou uma rede semântica cujos nós representavam objetos e conceitos geográficos da América do Sul. O WHY (STEVENS et al., 1977) utiliza uma representação do conhecimento em forma de “scripts” ou roteiros, ou seja, sucessões ordenadas de eventos correspondentes às diferentes etapas temporais ou causais dos processos que influem nas chuvas. O GUIDON (CLANCEY, 1987) é um Sistema Especialista para o ensino de diagnóstico de doenças infecciosas do sangue, que foi desenvolvido a partir da base de conhecimento já formada do MYCIN (SHORTLIFFE, 1976) e cuja representação do conhecimento se dá em forma de regras de produção.

3.4.2 Modelagem do Tutor

Numa segunda etapa, a IA foi utilizada para flexibilizar a escolha das estratégias pedagógicas (tutoria). Uma das características mais importantes de um software pedagógico é sua capacidade de estabelecer uma comunicação oportuna e eficiente com o aluno, baseada em estratégias pedagógicas. O sistema deveria ter a possibilidade de se comunicar com o aluno para apresentar-lhe informações, orientá-lo ou corrigi-lo, utilizando, para isto, critérios pedagógicos que definam como e quando realizar esta interação. O aluno também deve poder solicitar ajuda ou orientação ao sistema em qualquer etapa do processo de aprendizagem. O sistema deve, portanto, ter a capacidade de “compreender” ou, pelo menos, interpretar corretamente os requerimentos do aluno. A IA pode ser utilizada para implementar conhecimentos e procedimentos pedagógicos dentro do sistema, que lhe permitam se comportar como um especialista em pedagogia, ou seja, como tutor.

Quatro tipos de modelos de ensino foram inicialmente utilizados nos softwares pedagógicos. O primeiro é o método socrático onde um diálogo entre o sistema e o aluno permite aprofundar o conhecimento do domínio. Exemplos do uso deste modelo são o SCHOLAR (CARBONELL, 1970), o WHY (STEVENS et al., 1977) e o GUIDON (CLANCEY, 1982 e 1987). O segundo modelo consiste na criação de um ambiente reativo onde o sistema responde às ações do aluno sem jamais tomar a

iniciativa. Ele foi implementado no sistema SOPHIE (BROWN et al., 1982) que funciona como um laboratório experimental onde o aluno tem a chance de aplicar seus conhecimentos e avaliar suas hipóteses no domínio dos circuitos elétricos. O terceiro modelo é chamado de “monitoração discreta” ou “computer coach”. O sistema age como um monitor (“coach”), observando e auxiliando o aprendiz para melhorar sua performance. Este modelo foi utilizado no WEST (BURTON et al., 1979). Sua tarefa principal é identificar os erros do aprendiz e tentar utilizá-los como base para a aprendizagem. O quarto modelo é chamado “Model Tracing” (modelo de seguimento) (ANDERSON 1983, 1990). Este modelo consiste em simular, de forma dinâmica mediante um sistema de produção, o comportamento do aprendiz num contexto de resolução de problemas. Logo esta simulação é usada para interpretar seu comportamento, comparando o método do aluno com o método do especialista (considerado ideal). O sistema intervém quando uma diferença é detectada.

Pode ser observado que, na tentativa de incorporar estratégias pedagógicas, partiu-se de sistemas bastante rígidos, os que trabalhavam unicamente um aspecto do processo (diálogo socrático). Logo, idéias construtivistas foram incorporadas, desenvolvendo sistemas onde o aluno fique mais livre para interagir com o domínio (ambientes reativos). No entanto, esta liberdade não garantiu uma aprendizagem eficiente, já que o aprendiz precisava ser guiado em alguns momentos do processo. Assim, foi necessário criar mecanismos que permitissem ao sistema dar apoio ao aprendiz (Computer Coach ou Model Tracing). Hoje, a principal questão que permanece é o equilíbrio entre modelos muito livres e modelos muito guiados, ou seja, que a pesquisa está orientada a saber como gerenciar as intervenções do sistema.

É na tentativa de resolver estes problemas que foram incorporando-se aos softwares pedagógicos várias estratégias de ensino tentando abranger de forma mais completa todos os aspectos envolvidos no processo. No entanto, os paradigmas pedagógicos não fornecem todos os elementos necessários para assegurar a aprendizagem. Na ausência de modelos teóricos mais exatos, os pesquisadores se voltaram para os educadores, analisando a prática pedagógica para alimentar, com ela, os programas que estão sendo desenvolvidos. Um fato curioso é que estes programas permitem, por sua vez, testar e melhorar as estratégias pedagógicas utilizadas pelos educadores (BRUILLARD, 1997). Como

resultado das pesquisas sobre os processos de ensino-aprendizagem para sua implementação em STI, está se formando uma relação de teste e ajuste entre a pedagogia dos STI e a dos educadores na prática, onde ambos podem ser beneficiados.

3.4.3 Modelagem do Aluno

Numa terceira etapa, a IA foi utilizada para modelar um aluno (diagnóstico/avaliação). A tendência dos softwares pedagógicos é dar mais importância à atividade do aprendiz. Como as condições para uma intervenção adequada do sistema dependem do andamento do aprendiz, chegou-se a necessidade de modelar o referido aluno com o objetivo de analisar suas concepções e poder escolher tanto as estratégias pedagógicas quanto a forma de representar o domínio. O Modelo do Aluno é uma fonte de todo tipo de informação acerca de um aluno e é o componente mais dinâmico do STI. Para poder ser utilizado pelo sistema, o modelo deve fornecer informações sobre o conhecimento e as habilidades do estudante, seu comportamento de aprendizagem passado, os métodos de apresentação aos quais ele responde melhor e seus estados afetivos, em particular, seus interesses. Munido destas informações, o sistema pode atingir um nível desejável de interação e um método de apresentação adequado, adaptando o processo à competência e habilidades de cada estudante.

O modelo do estudante seguiu, inicialmente, duas correntes de pensamento, ambas estabeleciam uma comparação entre especialista e iniciante. O primeiro método “*Overlay Model*” (Modelo de Superposição) supõe que o estado dos conhecimentos do estudante é, durante todo o processo de aprendizagem, um subconjunto do conhecimento do especialista. O objetivo da instrução é, portanto, diminuir a diferença entre eles (JOHNSON, 1989; CHARLOT, 1998). O segundo método, conhecido como “*Bug Library*” (Biblioteca de Erros), consiste em modelar o estudante, sempre a partir do modelo do especialista, mas agregando desta vez uma lista de erros, modelando assim noções erradas ou noções incompletas. Esta aproximação foi proposta por BROWN et al. (1978), com o sistema WEST. BROWN e VAN LEHN baseados na teoria da “*Bug Library*” constróem o sistema *Repair Theory* que não só explica os erros observados, mas tenta prevenir alguns erros que podem acontecer (BROWN et al., 1980). BURTON

apresenta um programa, DEBUGGY, baseado neste princípio e uma versão interativa do mesmo, IDEBUGGY (BURTON, 1982). No entanto nestes esforços, segundo alguns autores, estas modelagens do aluno não refletem de nenhuma maneira o processo de aquisição de conhecimentos, portanto, outras formas de modelar o aluno estão sendo pesquisadas.

Neste sentido foram desenvolvidos Modelos de Aluno mediante Grafos Genéticos (GOLDSTEIN, 1982; WASSON, 1985). A Programação Orientada a Objetos também contribuiu para esta modelagem, na forma de sistemas de autoria (MEURRENS, 1989). Redes Neurais Artificiais (BEALE et al., 1989; MENGEL et al., 1992; FINLEY et al., 1992) foram utilizadas assim como combinações de Redes Neurais Artificiais com regras de produção (LAMBERTS, 1988). Outra filosofia de implementação do Módulo Aluno o transforma em parceiro do aluno, ou seja, um elemento que possui informação incompleta acerca do tópico que vai ser ensinado e que aprende junto com o aluno (SELF, 1988). Por último, frente à complexidade de modelar um aprendiz, alguns autores sugerem uma modelagem que contemple unicamente os aspectos afetivos dos aprendizes, em particular suas motivações (DU BOULAY et al., 1988; DEL SOLDATO et al., 1995). O desafio aqui é detectar a motivação de um aprendiz e construir um planejamento conseqüente com ela.

Segundo SELF (1988) existem 6 funções principais que podem ser extraídas das diversas implementações e filosofias de construção de Modelos de Aluno. Estas funções estão brevemente resumidas na tabela 3.1.

Tabela 3.1 Utilização dos Modelos do Aluno segundo SELF (1988)

Função	Modelo do Aluno	Objetivo	Ação
Corretiva	“Buggy Library”	Eliminar os conhecimentos equivocados	Escolha de uma ação local (salientar o erro, dar um contra-exemplo, etc.).
Elaborativa	“Overlay Model”	Completar os conhecimentos	Escolha de um novo conteúdo.
Estratégica	Qualquer um	Controlar a interação	Mudar o plano de ação, mudar o estilo de interação.
Diagnóstico	Qualquer um, mas incerto	Verificar e melhorar o Modelo do Aluno	Escolher uma ação para elucidar uma ambigüidade.
Preditiva	Modelo que inclua uma modelagem do processo de aprendizagem	Regular o modelo e a escolha da ação	Simular o aprendiz para avaliar o sistema

Avaliativa	Modelo que inclua uma modelagem do processo de aprendizagem	Avaliar o aluno ou o sistema	Resumo do rendimento ou comparar estratégias
------------	---	------------------------------	--

No final dos anos 80, as dificuldades de modelar o aluno fizeram surgir a necessidade de metodologias mais formais para diagnosticar e representar os conhecimentos do aprendiz, seus estilos cognitivos e seus estados afetivos, que são algumas das informações mais relevantes para o processo de ensino-aprendizagem. A classificação feita por SELF, antes mencionada, permite salientar quais são os tipos de modelo para cada utilização (BRUILLARD, 1997). Desta forma, a modelagem do aluno é dividida segundo os objetivos do sistema, se tornando uma problemática fortemente pesquisada na atualidade.

3.4.4 Outras Ferramentas utilizadas e novas perspectivas

Aprendizagem de Máquina: segundo alguns autores que trabalham na área de IA, as máquinas poderão ser consideradas inteligentes somente quando elas sejam capazes de aprender a fazer novas tarefas e aprender a se adaptar a novas situações (RICH et al., 1994). Nesta perspectiva, SIMON (1983) propôs que a aprendizagem de máquina implica: “Mudanças no sistema que se adaptam no sentido de permitir realizar tarefas a partir das mesmas condições, de um modo mais eficiente”. A aprendizagem de Máquina é um campo da IA que engloba diferentes métodos de aprendizagem necessários ao funcionamento de programas “inteligentes” (SMALLWOOD, 1962; CARBONELL, 1990). As principais partes deste estudo do conhecimento abrangem: aquisição, manipulação, armazenamento e uso do conhecimento (CALLUPE, 1997). Espera-se que estes sistemas possam aumentar seu rendimento utilizando, para isto, as experiências que eles vão adquirindo. Estas técnicas têm sido usadas para desenvolver sistemas de auto-aprendizagem: o sistema aprende da sua experiência de ensino. Um exemplo disto é o sistema Proto-Teg (DILLENBOURG 1989) o qual registra quando uma estratégia é efetiva ou não. Para cada estratégia o sistema acha condições que ocorrem cada vez que a estratégia é eficiente e não ocorrem no caso contrário. Outro exemplo é um sistema que não se estabelece como um especialista para interagir com um aluno, mas sim como um aprendiz parceiro (DILLENBOURG et al., 1992) que aprende ao mesmo tempo do que ele.

Os Sistemas Multi Agentes: o objetivo da utilização da IA Distribuída (IAD) (DEMAZEAU, 1990) nos STI é tentar diminuir a complexidade do projeto e modelar mais fielmente os processos reais. Um agente é um elemento que tem a capacidade de perceber seu ambiente mediante sensores e que responde ou atua sobre esse ambiente mediante atuadores, também denominados efetores (CASAS, 1999). O grau de autonomia, de comunicação com outros agentes e a inteligência que possui um agente, permite diferencia-lo de outros componentes de software ou de *hardware* dos sistemas NWANA (1996). Um agente cognitivo pode conter estados mentais, tais como crenças, intenções, capacidades, escolhas e compromissos. Segundo VICCARI et Al. (1996), a legitimidade de tentar atribuir qualidades mentais às máquinas vem do fato que isto pode ajudar a obter informações similares que no caso dos humanos. As propostas de utilização de arquiteturas multi-agentes em STI trazem uma grande vantagem em relação as arquiteturas tradicionais, uma vez que permitem uma flexibilidade maior no tratamento dos elementos que compõem o sistema (BECK et al., 1998; COSTA, 1997; LEMAN, 1996). O uso de agentes para modelar os componentes do ITS permite tratar os elementos da arquitetura tradicional de forma agrupada (um módulo = um agente) ou explodir cada módulo até uma situação como a proposta por MOUSSALE (1996) onde o refinamento chega até os estados mentais. Desta forma o sistema incorpora mais aspectos que influem no processo, modelando de forma mais completa o comportamento humano (GIRAFFA, 1997). Uma proposta de STI baseado em IAD aplicado à área da saúde pode ser achado em POZO (1996).

Por último pode ser sublinhada, dentro dos softwares pedagógicos, a importância dos fatores de certeza e da lógica fuzzy (ZADEH, 1991). Estes formam parte das técnicas de IA e, em particular, podem apoiar a tarefa de determinar os estados cognitivos do aluno que são altamente incertos e podem, portanto, apoiar a decisão de quais estratégias de aprendizagem utilizar.

Não há fronteiras entre um sistema para o ensino que deva ser inteligente e outro que não deva. No entanto, alguns tipos de técnicas de IA são úteis para alguns tipos de atividades de aprendizagem. Particularmente, os sistemas de IA permitem uma interação em etapas intermédias de uma solução, para prover explicações, fazer diagnósticos etc. Estas técnicas não são necessárias para todo

tipo de aprendizagem, porém, vários estudos demonstram que o uso de IA aumenta o rendimento dos aprendizes e facilita a aplicação dos conhecimentos (MARK, 1995; SCHUTE, 1995; LUCKIN et al., 1999).

O objetivo inicial da IA era desenvolver técnicas que simulassem a inteligência humana, tentando simular o processo de raciocínio. Hoje, pode-se dizer que seu papel não é mais o de simular a inteligência humana. A técnica é usada para permitir a interação com o aprendiz. O fato de modelar o conhecimento permite ao sistema "entrar" no problema junto com o aluno, apresentando os passos intermediários, explicando suas decisões, e raciocinando sobre o conhecimento adquirido por ele. Em algumas aplicações o objetivo tem mudado de raciocinando COMO o aluno até raciocinando COM o aluno. Esta evolução não é uma contradição com os estudos do desenvolvimento humano, em particular a abordagem sócio-interacionista, que tende a considerar a inteligência como a capacidade de interagir com o entorno físico e social.

Segundo CLANCEY (1992) está havendo uma mudança na forma de considerar os Sistemas Especialistas. A visão tradicional de substituição do especialista humano pelo computador vai pouco a pouco se transformando numa visão onde o computador se torna uma ferramenta para facilitar a comunicação com o especialista. Esta mudança também pode ser observada nos STI que são um tipo particular de SE. Na forma tradicional de ver os STI, a idéia de substituição do tutor por um sistema computacional se deve ao fato de que o tutor ou mediador não está sempre disponível para os aprendizes. Desta forma, um STI captura o conhecimento do tutor para substituí-lo e o aprendiz interage diretamente com o sistema como apresentado na figura 3.6.a. Uma abordagem mais realística é considerar que o computador permite às pessoas realizar tarefas que elas não poderiam ter feito tão bem sem ele. Neste sentido, o computador se transforma numa ferramenta de comunicação. Na figura 3.6.b o aprendiz interage com o sistema, o especialista está ainda envolvido no processo, mas ele é consultado somente em caso de situações difíceis que requeiram um grau superior de processamento ou de personalização. O tutor/mediador, que é o especialista neste tipo de processos, pode estar localmente presente, mas também pode estar em qualquer outro lugar, podendo ser consultado remotamente. Muitos aprendizes podem estar envolvidos no processo e vários especialistas podem

estar disponíveis criando, desta forma, comunidades de aprendizagem, como apresentado na figura 3.6.c.

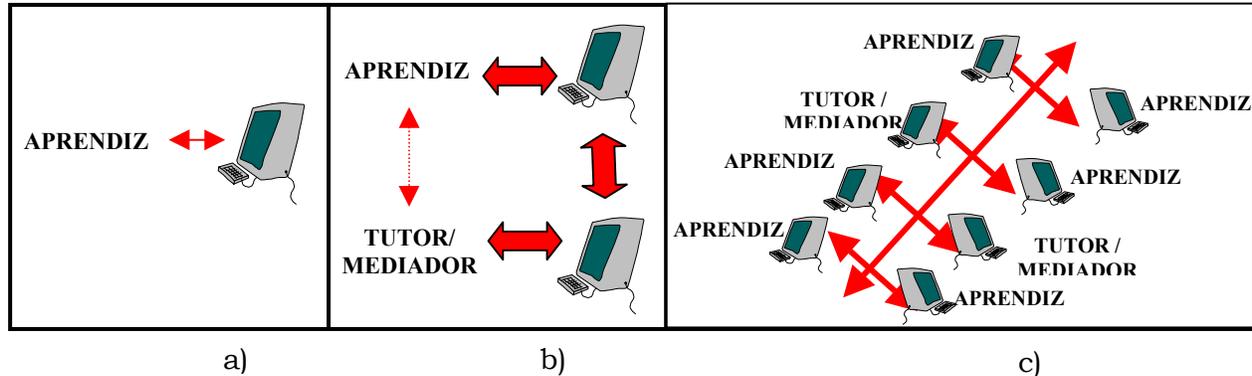


Figura 3.1 Mudança na visão de como o computador intervém num processo de ensino-aprendizagem. a) Visão tradicional: automatizar o papel do tutor e substituí-lo. b) Nova Visão: o computador provê um meio de comunicação. c) Comunidades de Aprendizagem

Na perspectiva deste trabalho, a nova visão põe em evidência alguns elementos importantes para o desenvolvimento de STI. Em primeiro lugar a nova visão coloca o computador no nível que ele realmente tem na atualidade, ou seja, como ferramenta com o propósito de apoiar processos complexos, como os processos de ensino-aprendizagem e não com o propósito (nem a capacidade) de substituir os educadores. Em segundo lugar, nesta nova relação entre o aprendiz, o sistema e o tutor/mediador, podem ser procuradas soluções às limitações da modelagem do aluno e das estratégias pedagógicas, devido a que o processo incorpora capacidades humanas reais que não precisam ser modeladas. Por último, utilizar o computador como um meio para facilitar a comunicação salienta a importância da Interface como parte fundamental desta nova visão, já que dela depende a efetividade das interações entre os três elementos do processo.

3.5 Interfaces Inteligentes

A interface é a arte e a ciência de fazer computadores de uso fácil e intuitivo para as pessoas. Em particular, para a construção de interfaces é preciso analisar o processo de interação entre computadores e pessoas que o utilizam, a partir dos paradigmas físicos, psicológicos, cognitivos e ergonômicos.

Até o início dos anos 90, a interface era um elemento secundário nos STI (WINKELS, 1992). Isto se deve a que seu desenvolvimento é bastante recente. Anteriormente, criar uma interface amigável era um trabalho extremamente

complexo e com requerimentos muito altos do ponto de vista dos recursos tecnológicos e do tempo. Além disto, tinha-se a concepção de que a interface do computador devia ser quase transparente para o usuário (BRILLARD, 1997). Hoje a explosão de tecnologias usadas para a construção de interfaces resulta na necessidade de personalizar seu uso, tornando o usuário o elemento central para o projeto deste importante componente que permite o acesso aos ambientes de aprendizagem.

3.5.1 Ferramentas de Construção de Interfaces

Multimídia

A multimídia é um dos termos mais utilizados na atualidade no que se refere às interfaces de computador e é o resultado de um trabalho conjunto de áreas como a informática, as comunicações, publicidade, televisão, cinema, etc. A Multimídia pode ser definida como o campo interessado na integração controlada por computador de textos, gráficos, imagens, vídeos, animações, sons, fala (no presente trabalho, as personagens animadas são também consideradas uma mídia, apesar de serem formadas na realidade por várias mídias simultaneamente) e qualquer outro meio onde todo tipo de informação pode ser representada, armazenada, transmitida e processada digitalmente (WILLRICH, 1999). Por definição um sistema multimídia é um sistema capaz de manipular ao menos um tipo de mídia discreta e um tipo de mídia contínua, as duas numa forma digital.

Um documento multimídia pode ser visto como uma estrutura descrevendo a coordenação e o estilo de apresentação de uma coleção de componentes constituídos de mídias estáticas e dinâmicas. A criação destes documentos implica na adequada orquestração da apresentação de seus componentes, ou seja, do chamado cenário multimídia (ALESSI et al. 2000). Os documentos multimídia podem ser interativos e dinâmicos. O usuário pode modificar a apresentação de uma mídia, interrompendo, fazendo repartir, fazendo avanços ou retornos rápidos, etc., ou seja, intervindo na suas componentes temporais. O controle que o usuário tenha sobre as mídias dá origem ao conceito de Hipermídia, termo que será definido mais adiante.

Os sistemas multimídia apresentam dois inconvenientes maiores. Em primeiro lugar, a multimídia exige muitos recursos por parte do sistema, como capacidade

de armazenamento e velocidade de processamento. Muitos trabalhos estão sendo desenvolvidos, principalmente para as aplicações multimídia na Internet, para compactar as diversas mídias, em particular sons e imagens, e aumentar a eficiência destes sistemas. Esta problemática não é tratada no presente trabalho e maiores informações podem ser procuradas em WILLRICH (1999). Em segundo lugar, um excesso de mídias disponíveis nas interfaces pode produzir uma sobrecarga no usuário ou seu aborrecimento, devido a que algumas mídias perturbam seu trabalho (música, excesso de imagens ou animações, etc.) As diversas teorias apresentadas no Capítulo 2, permitem obter critérios que especifiquem que tipo de mídia pode ser mais adequado para cada tipo de aluno. Desta forma, o cenário multimídia configurado para um usuário específico, contará com um subconjunto de todas as mídias consideradas no projeto: as mídias compatíveis com as preferências detectadas nos usuários.

HiperTexto e HiperMídia

De uma forma geral, o hipertexto é uma aplicação informática que permite a conexão de informações por mecanismos associativos inteiramente controlados pelo usuário. Um documento hipertexto é uma estrutura de informação organizada de forma dinâmica (BARRETO et al., 1990). Os dados são armazenados em uma rede de nós conectada por ligações ou “links”. Os nós possuem informação, representando geralmente um conceito ou uma idéia em forma textual. As ligações definem as relações lógicas (ou semânticas) entre os nós. Isto é, eles definem relações entre conceitos e idéias. A noção de *âncora* permite a especificação de uma parte da informação que será utilizada para o deslocamento através dos nós e seguindo a ligação respectiva. O deslocamento entre os diferentes nós do hipertexto é chamado *navegação* (WILLRICH, 1999).

Os hipertextos podem ser qualificados como documentos reativos, ou seja, como documentos capazes de reagir às solicitações do usuário. A ambição do hipertexto é modificar a natureza do documento, afetando sua concepção, gestão e manipulação. Trata-se de criar uma ferramenta cognitiva. É aqui onde sua capacidade pedagógica torna-se importante. Com efeito, os hipertextos permitem uma navegação entre diferentes textos, ou seja, permitem o deslocamento entre diversas informações. Esta associação de informações é considerada como uma metáfora do processo de pensamento (LEVY, 1993).

Sua utilização no contexto de softwares educativos encontra-se na corrente do desenvolvimento de ambientes cada vez mais controlados pelos alunos. O ensino programado estabelece uma estrutura rígida do conteúdo, dividido em unidades elementares que constituem seqüências preestabelecidas que devem ser propostas aos alunos. Isto não é compatível com os novos paradigmas de ensino, em particular o interacionismo, já que propicia uma postura autoritária por parte do sistema e passiva por parte do aprendiz. As novas técnicas de interface não oferecem uma solução definitiva a este problema, no entanto, permitem, por causa de sua natureza dinâmica, entregar mais liberdade para que o aluno possa ter mais controle sobre seu processo de aprendizagem. O hipertexto é um sistema dinâmico (PAGANO et al., 1990; ALMEIDA et al., 2000) que incentiva o aluno a estruturar a seqüência do conteúdo, de forma indutiva ou construtiva. A base de dados ou conhecimento onde o aluno extrai informações pode estar fracamente organizada.

Um sistema Hipermídia é um sistema Multimídia no qual as informações são acessadas e apresentadas com a ajuda de “links” ou seja, mecanismos de navegação, baseados em ligações. Um documento hipermídia é uma evolução do documento hipertexto, onde as noções de nós de hipertexto podem ser expressas por diferentes tipos de mídia. A apresentação multimídia aumenta o poder de expressão da informação contida na aplicação e torna a apresentação mais atrativa e realista.

Da mesma forma que para os documentos de hipertexto, a inclusão das ligações que permitem uma navegação faz do documento hipermídia um sistema dinâmico. Além da possibilidade de atuar sobre as componentes temporais das mídias, a multimídia oferece um maior nível de interação, permitindo que o usuário intervenha nas componentes espaciais do documento, utilizando os “links”.

No contexto da teoria dos Estilos de Aprendizagem, o aporte que representa o uso de hipermídia é vital para poder dotar o sistema pedagógico da capacidade de oferecer ambientes e atividades compatíveis com, se não todos, pelo menos muitos dos estilos definidos nesta teoria. Com a multimídia, adiciona-se uma variável sensorial a uma perspectiva, até então, essencialmente cognitiva. A consideração de modalidades sensoriais múltiplas, graças às novas interfaces,

amplia a abrangência e o impacto da simulação. Tudo isto pode modificar a eficiência dos ambientes de aprendizagem (BARRETO et al., 1990).

Daqui em diante, usaremos o termo hipermídia para fazer referência tanto à hipermídia quanto ao hipertexto, considerando que o segundo é um subconjunto do primeiro. O fato da hipermídia permitir o acesso não seqüencial e livre aos conteúdos apresenta alguns problemas do ponto de vista do usuário, principalmente porque esse excesso de possibilidades pode leva-lo a se sentir desorientado e sobrecarregado de informações. Se são considerados os Estilos de Aprendizagem, alunos seqüenciais, por exemplo, não se sentem a vontade em ambientes livres, onde todas as possibilidades estão disponíveis.

ELM (1985), salienta três causas que propiciam a desorientação do usuário em ambientes hipermídia:

- O usuário não sabe aonde ir.
- O usuário sabe aonde ir, mas não sabe como.
- O usuário não sabe onde ele está dentro da estrutura completa.

Por outra parte, a sobrecarga ocorre quando o usuário acessa informações que não são relevantes para ele, ou quando a informação não está estruturada adequadamente para suas necessidades, ou quando ela sobre-passa seus limites cognitivos.

Vários tipos de suporte têm sido desenvolvidos para evitar estas situações. DE LA PASSARDIERE (1992) divide as ferramentas de suporte à navegação em três categorias:

- **Suporte pontual:** esta ferramenta inclui todo tipo de link etiquetado, com uma explicação implícita ou explícita de sua função.
- **Suporte estrutural:** esta ferramenta fornece ao usuário informações sobre a estrutura e a organização global do documento (mapas dos documentos, etc.).
- **Suporte histórico:** esta ferramenta dá acesso direto aos nós que já foram visitados pelo usuário ou que foram marcados por ele.

Estas pesquisas resultaram nas concepções de hipermídia adaptativa tratadas, entre outros, nos trabalhos de BRUSILOVSKY (1996) e SMITH (1999). Uma hipermídia adaptativa é um sistema capaz de se configurar em função do usuário, pelo que tem a capacidade de filtrar os detalhes que estão fora do campo de interesse do usuário, ou que estão por cima de seu nível de compreensão.

Desta forma, a adaptação controla o tamanho do hiperespaço disponível para o usuário em um determinado instante.

Existem duas componentes que podem ser adaptadas em um sistema hipermídia, a forma de apresentar a informação e as ligações entre os nós. Tradicionalmente, o sistema decide como adaptar essas duas componentes baseado no nível de conhecimento (expertise) do usuário. Este é classificado como “iniciante” (novice), usuário “intermediário” e “avançado” (expert) e, segundo esta classificação, algumas ligações lhe serão disponibilizadas e outras escondidas.

No presente trabalho se faz uma diferenciação entre a navegação e o nível de interação oferecido ao usuário. A navegação se refere unicamente ao deslocamento através dos diversos conteúdos que compõem a matéria que é apresentada ao aluno. O nível de interação se refere aos links, disponíveis numa tela, que permitem mudar o aspecto do conteúdo (forma), mudar de atividades, ou visualizar outros conteúdos sem sair do conteúdo atual (por exemplo, ativar uma animação, mudar para uma atividade de jogo, rever a definição de um termo visto anteriormente). A navegação pode ser totalmente livre, ou seja, o aprendiz escolhe os tópicos a serem apresentados ou pode ser predeterminada pelo sistema. O nível de interação pode ser alto, médio ou baixo, dependendo da quantidade de links disponíveis na tela, o que determina o nível de controle e interatividade do usuário sobre o conteúdo. A diferença dos estudos tradicionais, os critérios utilizados para selecionar o tipo de navegação e o tipo de interação do usuário são obtidos da análise das características do aluno, definidas no capítulo anterior, e não somente de seu nível de perícia. Esta variável representa um dos vários aspectos considerados para a adaptação da atividade pedagógica proposta aqui, e que será detalhada no Capítulo 4.

Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é considerada, neste trabalho, como a representação, em três dimensões (3-D) e num computador, de ambientes e objetos da vida real (WEISS, 1996). Imersão e interatividade são as duas características mais importantes da RV. Imersão é a sensação de estar dentro do ambiente virtual. Isto é possível com a utilização de uma Tela incorporada a um capacete (Head Mounted Display, HMD) que permite a visualização do ambiente virtual e a utilização de luvas que permitem a manipulação dos objetos virtuais. A

interatividade é a capacidade de refletir os movimentos e ações, do usuário, nos ambientes virtuais. Por causa do alto custo da imersão 3-D em tempo real as aplicações em duas dimensões (2-D) interativas também são consideradas, aqui, como RV. Neste caso, a exploração e as interações são realizadas usando periféricos tradicionais, como tela, mouse e teclado.

O uso da RV em educação ainda está sendo estudado (WINN, 1997), mas algum consenso existe entre investigadores nas observações a seguir:

- Os processos psicológicos em ambientes virtuais são semelhantes aos processos psicológicos em ambientes reais.
- Nas experiências científicas a manipulação dos objetos estudados é fundamental. Sem isto os estudantes têm mais dificuldades para entender o significado ou a transcendência dos experimentos. A RV propicia esta manipulação.
- A interação com ambientes virtuais motiva os estudantes. Isso lhes permite participar mais ativamente no processo de aprendizagem, e incentiva a criatividade.
- A RV permite a criação de ambientes multisensoriais de aprendizagem.
- A RV permite mudanças radicais no tamanho dos objetos representados. Os estudantes podem explorar o núcleo de um átomo ou podem fazer viagens intergaláticas, o que pode facilitar a compreensão dos fenômenos reais (WINN, 1993).
- A RV permite perceber informação que pode não ter sido percebida no mundo real, por causa das limitações de nosso sistema sensorial (por exemplo, ultrassom) (WINN, 1993).
- A RV propicia a criação de cenários alternativos. Por exemplo, os estudantes podem criar ou podem modificar leis físicas e, assim, observar os resultados em cenários experimentais. Desta forma, eles podem entender os mecanismos que existem na vida real (WINN, 1993).

Apesar do entusiasmo que estas observações poderia gerar, deve haver uma avaliação prévia antes do uso desta tecnologia porque ela apresenta limitações (PANTELIDIS, 1993) que têm que ser consideradas; Algumas delas estão descritas a seguir:

- A RV apresenta um custo de desenvolvimento alto. O hardware necessário ainda é caro e o desenvolvimento é longo e complexo.
- O equipamento para imersão é pesado e não ergonômico. Isso pode ser incômodo para os usuários e pode ficar fisicamente perigoso para eles (SEIDEL et al., 1997).
- RV pode provocar incômodo emocional ou psicológico nos usuários, de forma que isto não pode ser usado de um modo indiscriminado (PANTELIDIS, 1993) (BURDEA, 1996).
- RV não deveria ser usada onde equipamentos ou simuladores tradicionais estão disponíveis: "*O microscópio em um mundo virtual é um transducer (...). A RV adquire todo seu potencial quando, mediante uma extraordinária mudança de tamanho, os usuários podem entrar dentro da lente do microscópio virtual até a gota de água, atingindo o mesmo tamanho relativo dos microorganismos que vivem lá*". (WINN, 1993). De nada serviria somente olhar através do microscópio.
- Existe ainda falta de pessoal especializado para desenvolver este tipo de sistemas (SUTHERLAND et al., 1998).
- A RV não pode inteiramente substituir o contato com o mundo real cuja compreensão é o objetivo do processo de aprendizagem.

Estas observações sugerem que a RV tem uma grande potencialidade como ferramenta pedagógica. Ela permite incorporar mais variáveis ao processo de ensino-aprendizagem (PANTELIDIS, 1997), mas é preciso ter cuidados e precauções com seu uso, principalmente devido às limitações tecnológicas atuais. O fato é que esta ferramenta já está sendo usada, principalmente em áreas científicas como a física e a química, assim como em inúmeros programas de treinamento (SEIDEL, 1997) (TRAUER, 1997) (BELLI, 1999) (CASAS, 1999).

A verdadeira vantagem da aplicação da RV à educação é que seu objetivo é representar a realidade, mas não toda a realidade, ou seja, não toda sua complexidade e nem todas suas facetas. Um ambiente de RV é uma representação simplificada de objetos, conceitos ou situações do mundo real, onde são sublinhados os aspectos pertinentes para os objetivos pedagógicos, e os outros aspectos são ignorados (CURILEM, 1999). Estes ambientes são algumas vezes chamados cenários baseados em objetivos (Goal Based Scenarios, GBS)

(BOLTON et al., 1998). Isto dá à RV aplicada à educação as vantagens de um ambiente real e as vantagens de um ambiente pedagógico orientado.

A RV ainda é uma ferramenta muito cara, particularmente quando se trata de ambientes de alta fidelidade. Suas limitações atuais fazem que ela seja difícil de aplicar em qualquer área e, em particular, na educação. Estas limitações são principalmente devidas ao fato que é uma tecnologia recente. No entanto, analisando suas potencialidades pedagógicas, parece ter um futuro muito promissor em educação. O seu uso é salientado no presente trabalho, por criar ambientes altamente afins com as teorias consideradas. Em particular a Aprendizagem Contextualizada, que requer ambientes realísticos para exercitar os conhecimentos. As inteligências cinestésica e interpessoal, assim como o estilo de aprendizagem visual, ativo e sensitivo, poderiam ser fortemente apoiados por estes ambientes.

Observações Finais.

As técnicas de interface analisadas nesta seção adquirem uma grande importância em atividades de tipo construtivista. Este paradigma pedagógico propicia uma aprendizagem de primeira pessoa onde os estudantes, com um fraco domínio de símbolos e formalizações, podem ter sucesso em atividades de aquisição de conhecimento. Isto permite a incorporação de estudantes que seriam reprovados na educação tradicional, porque eles não têm domínio de conhecimentos simbólicos. Por outra parte, estas técnicas, em particular a RV, propiciam outros tipos de interações com o conhecimento, não só baseado nas habilidades lógicas, matemáticas e verbais mas em capacidades sensoriais e emocionais, também. Estas interações poderiam ajudar para formar profissionais mais integrais, e que possam desenvolver capacidades próprias, como apontado pela teoria das Inteligências Múltiplas.

As possibilidades oferecidas pelo Hipertexto, a Hipermídia e a Realidade Virtual às áreas de educação estão ainda sendo estudadas e geram algumas controvérsias. Por exemplo, surge uma vez mais a pergunta: deve-se entregar ao usuário a liberdade total dentro do ambiente, com o risco dele ficar desorientado ou com excesso de informação, ou, pelo contrário, deve o usuário ser guiado, correndo o risco de perder o controle da navegação? Muitas perguntas estão ainda sem respostas definitivas. No entanto, a implementação das interfaces deve responder a questões como ergonomia, pedagogia, semiologia e psicossociologia. A

ergonomia determina a facilidade de uso do sistema. A pedagogia assegura que a ergonomia não esteja em oposição com a pedagogia, ou seja, com os estados cognitivos que se desejam conseguir. Um estudo sobre a semiologia do sistema permitiria explorar mais eficientemente a especificidade desses suportes. Por último, uma análise psicossociológica permite determinar a natureza das interações oferecidas pelo sistema, considerando as relações entre os alunos, professores, assim como o contexto institucional e social, dentro do qual o processo de ensino-aprendizagem está imerso (TEXEIRA, 1998).

3.5.2 Tipos de Interfaces Inteligentes

A interface deve permitir que o usuário possa traduzir suas intenções à linguagem de entrada do sistema e possa interpretar a resposta do sistema, avaliando se ele está conseguindo cumprir seus objetivos. A problemática consiste em estabelecer uma representação mental das intenções do usuário a respeito de sua interação com o sistema, salientando a importância da relação entre o conhecimento e sua representação, para facilitar a manipulação de ambos. O desenvolvimento da multimídia e da realidade virtual oferece perspectivas novas, principalmente pela incorporação de outras dimensões sensoriais e perceptivas ao processo. No entanto os tipos de comunicação tradicionais, como o diálogo, não podem ser descartados, devido a que desempenham um papel importante. Por esta razão diversas pesquisas estão avaliando como construir interfaces que se adaptem as necessidades específicas dos usuários.

Da adaptabilidade ao usuário, as interfaces estão enfatizando a “adaptatividade”, ou seja, a capacidade de descobrir durante o andamento do sistema, os objetivos do usuário (BRUILLARD, 1997). Assim, se faz uma diferenciação entre Modelo do Aluno e Modelo do Usuário. O primeiro integra seus conhecimentos, suas crenças e estados afetivos a respeito da matéria. O segundo integra características próprias e preferências a respeito ao uso do sistema. A adaptatividade pode considerar unicamente as preferências do usuário ou considerar também características cognitivas. Assim o modelo do Aluno e o do Usuário podem se sobrepor. No presente trabalho, como o modelo do usuário incorpora estilos cognitivos, serão denominados Modelo do Aluno, ambos modelos, apesar de que a presente pesquisa enfatiza o Modelo do Usuário.

A IA, em conjunto com as ciências cognitivas, as ciências da computação e os modelos de interação Humano - Máquina¹, permitiu o desenvolvimento, nos anos 80, de uma nova área de pesquisa: as interfaces inteligentes. Uma Interface Inteligente definida por KOLSKI (1998) é uma interface que provê ferramentas para minimizar a distância cognitiva entre o modelo mental da tarefa por parte do usuário e a forma como a tarefa é apresentada ao usuário pelo computador. A forma de implementar a adaptação diferencia as interfaces inteligentes. Na figura 3.7 é apresentada uma classificação destas interfaces.

Fazendo referência à classificação da figura 3.7, uma Interface flexível, que não é inerentemente inteligente, permite uma adaptação a preferências preestabelecidas do usuário. Já uma Interface tolerante a erros considera o possível comportamento do usuário. Uma interface Adaptativa, considera os dois elementos anteriores, mas os generaliza e se adapta ao comportamento do usuário durante a interação com ele. Por sua vez, um assistente inteligente incorpora os elementos anteriores, mas com um maior grau de autonomia. Por último, um agente inteligente é o último degrau, sendo capaz de modelar o sistema Humano - Máquina como um sistema cooperativo (LE STRUGEON et al., 1995).

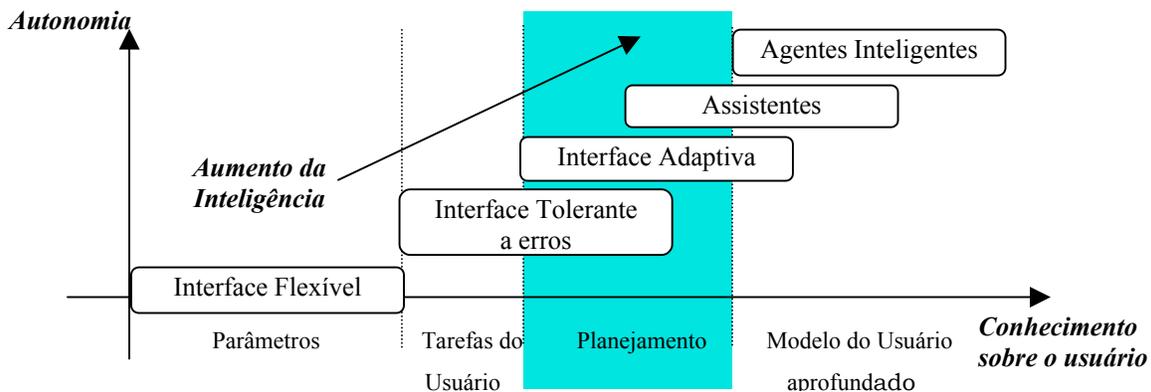


Figura 3.1 Tipologia de Interfaces Inteligentes (modificado de KOLSKI, 1998)

O presente trabalho de tese focaliza-se no desenvolvimento de Interfaces Adaptativas. Estas têm o objetivo de descobrir, pela análise das ações do

¹ Utiliza-se a denominação Humano - Máquina em vez da designação mais comum Homem - Máquina, devido a que a interface pode ser usada por qualquer indivíduo, não importando o gênero nem a idade.

usuário, quais são seus objetivos, preferências, e estilos cognitivos, para poder realizar um adequado planejamento das atividades e meios que lhe serão disponibilizados. O objetivo é saber como modelar o usuário e como utilizar a informação do modelo para adaptar as informações (apresentação adaptativa) e as ligações entre elas (navegação adaptativa). Isto é o objeto de estudo de várias pesquisas na área da interação Humano – Máquina (ROUSE, 1988; HEFLEY, 1990; BRAJNIK et al., 1990, FINLAY et al., 1992; KOLSKI et al., 1992; FURTADO et al., 1995; NONG YE, 1997). Especificamente nos softwares pedagógicos, existem vários trabalhos que se concentram nestes aspectos das interfaces, que serão analisados mais detalhadamente na seção a seguir.

Segundo ROUET (2001) estas pesquisas devem permitir a obtenção de uma “ergonomia didática” das interfaces utilizadas nos softwares pedagógicos. Ergonomia didática se refere a implementação de uma interface configurada segundo dois eixos: o eixo do aprendiz e o eixo das estratégias pedagógicas. O primeiro deve garantir o conceito de ergonomia, ou seja, facilitar a interação entre o aprendiz e o objeto de estudo, conformando uma interface altamente adaptada ao aluno, que estimule suas interações e o situe perfeitamente no processo. O segundo eixo deve garantir o conceito de didática, conformando uma interface altamente adaptada a estratégia pedagógica, dando ao aluno liberdade de ação, mas propiciando as intervenções pedagógicas do sistema. Isto pode ser contraditório com a ergonomia tradicional, já que pode ser necessário provocar conflitos no aprendiz como ausência de reforços, desequilíbrios, repetições, etc. Desta forma a função da ergonomia didática não é facilitar o uso do sistema, mas sim apoiar o processo de aprendizagem e fazer dos ambientes um elemento que fortaleça a aprendizagem.

O desenvolvimento de interfaces adaptáveis pode ser orientado à construção tanto de STI como de Micromundos. Esta base comum pode se constituir num motor para a ligação destes dois tipos de concepção pedagógica. No entanto, as interfaces adaptativas apresentam muitas limitações, principalmente pela dificuldade, uma vez mais, de modelar o indivíduo. A grande variedade de formas de aprendizagem leva a uma grande variedade de formas de interação, mas uma vez detectadas as características do usuário, persiste o problema de como seleccionar a forma mais adequada de interagir com ele. O desenvolvimento de

interfaces requer um trabalho interdisciplinar para resolver os problemas técnicos e de modelagem do usuário.

3.5.3 Interfaces Adaptativas

Como visto na seção 3.5.1., existem duas componentes de uma interface que podem ser adaptadas: a forma de apresentação dos conteúdos e a seqüência de conteúdos, ou links entre os conteúdos. Estas duas componentes são chamadas componentes de apresentação e de navegação, respectivamente.

Segundo SMITH (1999) a adaptação das componentes de apresentação permite esconder detalhes da matéria que não são de interesse direto do aprendiz, geralmente porque ainda não atingiu um nível de conhecimentos que lhe permita compreender essa matéria. Existem várias técnicas projetadas para isto:

- **Texto condicional:** os conceitos que serão apresentados são divididos em pedaços de texto, cada um deles associado a uma condição que indica o tipo de usuário ao qual deve ser apresentado. Três tipos são considerados: usuários iniciantes, intermediários e avançados. Em geral, o aprendiz avançado recebe toda a informação e o iniciante só uma parte dela.
- **Stretchtext:** esta técnica permite que os usuários possam acessar explicações adicionais referentes ao tópico atual (HOOK, 1997). Em vez de carregar uma nova página, quando o usuário aciona algum link, uma explicação aparece, aprofundando alguma informação na tela sobre o destino do link.
- **Variantes de páginas:** esta técnica projeta várias páginas para explicar um conceito (BOYLE, 1994). Cada variante está dirigida a diferentes níveis de aprendizes e tem estilos diferentes de apresentação. Segundo o usuário, o sistema seleciona uma das páginas.
- **Variantes de fragmentação:** cada página está dividida em um número variável de fragmentos. O sistema seleciona os fragmentos mais apropriados para cada usuário, também baseado na detecção do nível de conhecimento de cada usuário.
- **Frames:** os conceitos estão representados em forma de frames. Cada elemento do frame contém uma variante do mesmo conceito, que pode ser associada a outros frames. O sistema contém também um conjunto de regras

que permite selecionar o próximo conteúdo mais apropriado para ser apresentado ao usuário.

A adaptatividade da navegação é a aproximação mais utilizada para a construção de interfaces. As técnicas de adaptatividade da navegação são chamadas de Suporte Adaptativo de Navegação (Adaptive Navigation Support, ANS). Seu objetivo é assistir os usuários, sugerindo direções apropriadas dentro do conjunto de conteúdos disponíveis. Isto pode resolver os problemas de desorientação e sobrecarga cognitiva dos aprendizes. Segundo SMITH (1999) a adaptatividade da navegação pode atuar a nível local, restringindo a seleção dos conteúdos diretamente ligados ao conteúdo atual ou pode ser global, restringindo o acesso a um conjunto de conteúdos em todo o espaço disponível. Algumas das técnicas de navegação adaptativa mais utilizadas são:

- **Orientação direta:** esta técnica é a mais simples e apresenta ao usuário o melhor conteúdo a ser visto a seguir (ARMSTRONG et al., 1995; BRUSILOVSKY, et al., 1996). Geralmente a técnica não permite que o usuário passe por cima da sugestão do sistema e é utilizada para estabelecer uma seqüência pré-determinada de tópicos.
- **Anotação:** esta técnica permite proporcionar mais informação sobre o destino de um link, antes de sua ativação (BRUSILOVSKY, 1996). Segundo os autores, esta técnica facilita a criação de mapas mentais nos aprendizes. Um tipo de anotação permite saber se o link já foi visitado (visitado, não visitado), outro tipo é usado para identificar se o aprendiz já adquiriu o conhecimento relativo a esse link (conhecido, desconhecido, sendo trabalhado), por último, outro tipo de anotação determina os pré-requisitos educacionais de cada conteúdo, baseados no nível de conhecimento do usuário. Neste caso, a seleção de um link de ajuda permite que o sistema proporcione informações sobre os conceitos prévios que são requisito do conceito atual.
- **Ordenamento dos links:** esta técnica ordena os links disponíveis numa tela, segundo o modelo do usuário (KAPLAN et al., 1993; PILAR DA SILVA et al., 1998). Uma lista sugerindo uma ordem hierárquica dos links mais apropriados é oferecida ao usuário e desta forma seu andamento é orientado, dentro do espaço total de links.

- **Ocultar links:** esta técnica controla o acesso às informações ocultando ou inabilitando links nas páginas (BRUSILOVSKY, 1994) e pode ser aplicada não somente a links, mas também a ícones, controles, menus, etc.
- **Mapeamento:** Um mapa permite que o usuário tenha uma visão geral de toda a estrutura dos conteúdos e possa selecionar alguns de seu interesse. Esta técnica pode ser complementada com as técnicas de ocultar links ou de orientação direta, aumentando sua eficiência.

3.5.4 Processo de Adaptatividade

A adaptatividade é um processo que se realiza durante a execução do sistema e que consta de três estágios (BRUSILOVSKY, 1996). O primeiro estágio consiste na obtenção de informações sobre o aprendiz, com o objetivo de determinar o nível e o estilo dos conteúdos a serem oferecidos. Isto pode ser realizado no início ou durante o processo, no entanto, os métodos mais utilizados são entrevistas iniciais, análise de perguntas respostas, ações relevantes do usuário e o armazenamento dos padrões de comportamento do usuário. Idealmente este último método é o mais adequado: o sistema deveria construir um modelo de usuário analisando seu comportamento, sem que este perceba que está sendo analisado, no entanto, segundo BRUSILOVSKY (1996), os sistemas ainda não permitem este tipo de análise. O segundo estágio do processo de adaptação se refere a análise das informações e dados obtidos no primeiro estágio. Esta análise permite formar e manter atualizado o modelo do usuário. Frames e regras de produção são técnicas usadas para implementar o estágio de análise. O terceiro estágio do ciclo é a adaptação propriamente dita, onde o resultado da análise é utilizado para conformar a interface, utilizando algumas das técnicas descritas na seção anterior. O ciclo de Adaptatividade é esquematizado na figura 3.8, a seguir.

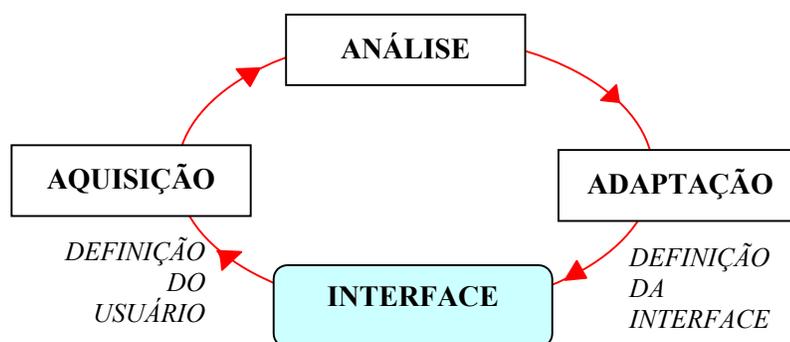


Figura 3.1 Estágios do Processo de Adaptatividade da Interface

3.5.5 Exemplos de adaptação

Para construir um modelo de aluno baseado no seu comportamento, a alternativa mais usada é utilizar comportamentos estereotipados de usuários. Desta forma o comportamento atual do usuário é comparado com o estereótipo e assim são induzidos os critérios de adaptação (SOUTO, 2001). A seguir são apresentados alguns exemplos significativos do processo de adaptividade. A maior parte deles foram extraídos de SMITH (1999).

HYPERFLEX (KAPLAN et al. 1993) é um browser de hipertexto adaptável e não um STI. A adaptação está orientada à navegação e não à apresentação. Uma característica distintiva deste sistema é que o usuário sempre pode ter acesso a todos os tópicos dentro do sistema devido a que uma lista com todos os tópicos sempre está disponível. No entanto, a componente adaptativa ordena a lista de forma tal que os tópicos considerados mais pertinentes para a meta do usuário são colocados no início da lista. O Módulo Especialista do HYPERFLEX é uma rede semântica inteiramente conectada, ou seja, qualquer tópico pode ser alcançado desde qualquer outro. A informação dos links é armazenada em uma matriz, onde os valores representam a força da relação entre os tópicos. Uma segunda matriz associa os conteúdos aos objetivos atuais do usuário. Neste caso os valores armazenam a força da relação dos objetivos com os tópicos e são adquiridos pela interação do usuário com o sistema, de forma automática, medindo o tempo que o usuário demora em um tópico, apesar de que também o usuário pode manualmente ordenar a lista. Esta matriz conforma o modelo do usuário e permite estabelecer a lista de sugestões (SMITH, 1999).

KN-AHS (KOBASA et al. 1994) é um sistema de hipertexto adaptável, como o HYPERFLEX. No entanto, a adaptação deste sistema está orientada à apresentação dos conteúdos e ocorre quando uma nova página é apresentada. O modelo do usuário é fornecido pelo sistema BGP-MS (KOBASA 1990). Este é um pacote que usa estereótipos de usuários, organizados hierarquicamente. Os estereótipos disponíveis dentro do KN-AHS são “qualquer pessoa” que contém informação geral do usuário, e estereótipos mais especializados como “usuário de hipertexto” ou “usuário de PC”. O estereótipo inicial para um usuário é

selecionado a partir de uma entrevista inicial. O modelo de usuário é atualizado subseqüentemente de acordo com um conjunto de heurísticas baseadas nas seleções que o usuário faz dentro do hipertexto. Por exemplo, se um usuário desativa um conteúdo assume-se que ele está familiarizado com essa informação e, ao contrário, se ele seleciona um conteúdo, assume-se que ele não está familiarizado com ele. Se o modelo de usuário indica não familiaridade, uma explicação é inserida ao conceito associado (SMITH, 1999).

ANATOM-TUTOR (BEAUMONT 1994) é um Sistema Tutor Inteligente que integra hipertexto. Ele tem três modos de operação: modo Perguntas que interroga o estudante, modo *Browsing* que permite ao aprendiz ter acesso a todo o conhecimento do domínio, e modo Hipertexto onde a apresentação dos tópicos é guiada. As respostas do estudante a uma entrevista inicial são comparadas com respostas de modelos estereotipados de aprendizes e, desta forma, ele é associado a um estereótipo particular. Esta informação é registrada em um modelo de aluno baseado em regras que é consultado pelo Módulo Tutor para adaptar as apresentações. Este modelo é atualizado a medida que o aluno responde as perguntas do modo Perguntas. O sistema adapta a navegação e a apresentação dos tópicos, sendo que esta última utiliza a técnica de fragmentação vista na seção 3.5.2. (SMITH, 1999).

ELM-ART (BRUSILOVSKY, 1996) é um sistema de páginas Web que foi desenvolvido para ensinar a linguagem de programação LISP. ELM-ART (Tutor Remoto Adaptável) é um livro eletrônico que usa anotação adaptável (ver seção 3.5.2). Uma ajuda baseada em pré-requisitos e sugestões visuais mediante ícones e cores é usada. Neste sistema, a ajuda foi implementada na forma de um botão. Quando um usuário solicita ajuda, o sistema proporciona informação relacionada aos conceitos que são pré-requisitos do tópico atual. No modelo de estudante, cada página de hipertexto é categorizada nos estados: aprendidos, pode ser aprendido e ainda não pode ser aprendido. Esta informação é apresentada ao usuário mudando a cor dos links das páginas: links verdes significam pode ser aprendido; links vermelhos significam não pode ser aprendido; vínculos amarelos estão prontos para ser visitados mas o sistema não os recomenda e links brancos significam página conhecida. O modelo de usuário é de tipo “overlay model”; para cada conceito do domínio, o modelo armazena um

valor que reflete o nível de conhecimento do estudante para o conceito (SMITH, 1999).

AST (Tutor Estatístico Adaptativo) (SPECHE et al., 1997) é um STI na Web cujo objetivo é gerar um curso individualizado. A adaptação da navegação se faz pela técnica da anotação. As interações do usuário com o sistema permitem atualizar um modelo probabilístico de aluno, baseado no “overlay model”. O usuário deve responder perguntas sobre seus conhecimentos prévios e suas preferências e pode escolher uma estratégia pedagógica (aprender mediante exemplos, aprender fazendo, aprender lendo) e pode definir o nível do conceito. Cada conceito pode ser representado de forma básica, informação detalhada e informação avançada (SMITH, 1999).

ML-TUTOR (SMITH, 1999) propõe um sistema que adapta a navegação mediante uma lista de sugestões que é construída utilizando regras que são dinamicamente geradas por uma componente de aprendizagem de máquina. Esta componente vai aprendendo a unir conteúdos, segundo a navegação dos usuários iniciais. O sistema reordena em vez de eliminar conteúdos.

SOUTO et al. (2001) propõem um ambiente inteligente de ensino a distância mediado por computador. Este sistema baseia sua inteligência no conhecimento que ele tem do aluno a partir da análise de suas interações. Esta análise permite a um agente inteligente identificar o perfil cognitivo de aprendizagem do aluno e adaptar as apresentações. O aluno é modelado segundo seu estilo cognitivo de aprendizagem, que é adquirido mediante um teste psicológico (ROSS et al., 1997). A cada vez que o aluno entra no curso, é iniciada uma sessão de estudo e um arquivo log armazena todas suas interações com o sistema. Este arquivo é analisado, obtendo índices (páginas visitadas, tempos de navegação, acertos nas avaliações) que funcionam como informações sinalizadoras de ações cognitivas e comportamento do aluno. Para cada conceito, o sistema disponibiliza vários recursos didáticos (páginas web, exemplos, exercícios, etc.) e várias formas de apresentação (textos, gráficos, esquemas, etc.).

Em resumo, os sistemas acima apresentados adaptam a apresentação ou a navegação a partir da informação sobre o estado cognitivo e as intenções dos usuários. Este conhecimento é obtido através de perguntas (como no ANATOM-TUTOR) entrevistas Iniciais (como no ANATOM-TUTOR e no KN-AHS) análise da interação com o sistema (como em KN-AHS, no ELM-ART e no ambiente

inteligente de ensino a distância) e mediante a análise dos objetivos do usuário (como em HYPERFLEX). A adaptação resultante também é variada. Adaptação da Navegação que reordena os tópicos sem eliminar nenhum apresenta a vantagem de que o usuário pode escolher um tópico considerado irrelevante pelo sistema. Porém, esta aproximação é limitada. O uso de estereótipos simplifica o projeto do sistema, mas a classificação pode não ser ideal para todos os usuários. Por isto um mecanismo tem que existir para permitir transições entre estereótipos, particularmente quando há mudanças de meta, por parte dos usuários. Pode ser observado que, exceto o ambiente inteligente de ensino a distância, a adaptação da apresentação está focalizada no nível de familiaridade do usuário com o conceito (expertise) e não se preocupa em aspectos como: que meios utilizar para apresentar os conteúdos segundo as preferências do usuário. No presente trabalho, a adaptação do sistema contempla tanto a adaptação da apresentação quanto a adaptação da navegação considerando as preferências do usuário.

3.6 Formalização dos STI

O STI é visto nesta pesquisa como um sistema que modela o comportamento de um tutor humano (ou moderador, dependendo da forma da intervenção pedagógica). Por esta razão, os módulos do STI refletem os conhecimentos que um tutor real deve ter a respeito dos conteúdos, do aluno e das estratégias pedagógicas. As decisões que o tutor toma, analisando os elementos anteriores, determinam que ambiente ele apresentará ao aprendiz. Isto significa decidir que linguagem utilizar para transmitir conhecimentos ou para preparar uma atividade que permita a construção destes conhecimentos. Esta modelagem é confirmada por Skinner quando afirmava: “Eles – os computadores – podem fornecer estímulos de apoio e pistas para o comportamento e reforça-lo imediatamente. Além disto, os computadores podem conduzir o estudante para o próximo passo mais apropriado para ele. Essas coisas são essenciais para o bom ensino. São o que um tutor pode fazer, com um ou dois estudantes, e que professores de classes grandes simplesmente não podem.” (SKINNER 1991).

A presente formalização matemática de STI surgiu da necessidade de se dispor de um vocabulário matemático para descrever os componentes da proposta aqui apresentada, de forma a facilitar a sua apresentação. Além disto, a modelagem

matemática do problema, fornece ferramentas que permitem projetar atividades de validação do sistema. Utilizou-se uma abordagem de tipo indutiva para modelar matematicamente o comportamento do STI. Assim, partindo da observação de um Tutor real, foi elaborado o modelo do STI. Por esta razão, a validação da modelagem é feita comparando o comportamento do modelo com as decisões que tomaria um Tutor nas mesmas condições (SPRIET et al., 1982). O fato de ter utilizado autômatas para modelar o STI facilita a eventual integração do sistema proposto a um STI mais completo. Focalizada exclusivamente na configuração dinâmica da interface, a presente metodologia deve poder se integrar a um sistema que considere outras características dos alunos, como seus estados mentais e cognitivos, de forma a influir de maneira mais aprofundada nas decisões pedagógicas do tutor.

3.6.1 Definição de autômatas

Um tipo muito usual de sistema dinâmico em Ciências da Computação é a *máquina de estados finitos*, que é um sistema dinâmico onde o conjunto dos tempos é o conjunto dos inteiros, e a excitação, a resposta e os estados são conjuntos finitos. Neste caso, os valores possíveis da excitação e da resposta são referidos como alfabetos de entrada e saída. (ALMEIDA, 2000). Com base no trabalho de PAGANO et al. (1990) e ALMEIDA (2000), define-se a seguir o conceito de autômata.

Definição 3.1 - Um autômata (ou máquina) é descrito abstratamente como um conjunto de seis elementos (HOPCROFT et al., 1979).

$$A_t = \{U, Y, X, x_0, \lambda, \eta\}$$

onde:

U é um conjunto finito de entradas,

Y é um conjunto finito de saídas,

X é um conjunto de estados ou espaço de estado,

$x_0 \in X$ é o estado inicial,

$\lambda: U \times X \rightarrow X$ é a função de próximo estado ou função de transição de estados,

$\eta: U \times X \rightarrow Y$ é a função de próxima saída ou função de saída.

Definição 3.2 - Um autômata é um sistema dinâmico invariante e discreto no tempo. Quando o espaço de estado é um conjunto finito, o autômata é chamado de autômata finito.

Um autômata é um sistema dinâmico invariante e discreto no tempo. Quando o espaço de estado é um conjunto finito, o autômata é chamado de *autômata finito*. Então, o conjunto formal de seis elementos é interpretado como sendo uma descrição matemática de uma máquina à qual, se no tempo t_0 , estiver no estado x_0 e receber um segmento de entrada u desde t_0 a t , estará no tempo t no estado $\lambda(x, u)$ e emitirá a saída $\eta(x, u)$ [7].

3.6.2 Teorema

Um sistema Tutor Inteligente pode ser descrito matematicamente por um autômata finito.

Demonstração:

Um STI pode ser representado ou definido por um conjunto de seis elementos

$$S = \{ U, Y, X, x_0, \lambda, \eta \}$$

Onde:

U Ações do Aprendiz: é o conjunto finito de entradas, correspondente aos comandos, seleções, perguntas, etc. do usuário. O usuário atua mediante controles (menus, ícones, botões, etc.) ou comandos, disponibilizados na Interface.

Y Respostas do Sistema: é o conjunto finito de saídas. As saídas definem uma Interface, ou seja definem que conteúdo, que atividade pedagógica, que meios de apresentação e que links devem estar disponíveis na tela. O sistema configura as saídas em função das entradas e do estado atual do sistema.

X Modelos de Aluno: é o conjunto de estados do sistema. O sistema estabelece um Modelo de Aluno analisando seu comportamento através das atividades pedagógicas. Cada modelo ou estado do sistema, implica um planejamento específico das atividades (estratégias e táticas). Desta forma, para uma entrada determinada do usuário, a saída do sistema dependerá do Modelo do Aluno vigente nesse instante.

x_0 Modelo Inicial do Aluno: é o estado inicial do sistema. Este estado corresponde a um modelo por “default” ou a um modelo obtido mediante

um diagnóstico inicial do aprendiz e é o ponto de partida para o funcionamento do sistema.

$\lambda: U \times X \rightarrow X$ é a função de transição de estado. Dependendo das ações do aprendiz e do conhecimento psico-pedagógico que possui o STI para diagnosticar o comportamento do aprendiz, um novo Modelo do Aluno ou estado pode ser alcançado.

$\eta: U \times X \rightarrow Y$ é a função de transição da saída. Dados uma entrada e um estado específicos, os conhecimentos sobre as estratégias pedagógicas determinam uma nova saída.

Como estes elementos definem um autômata, pode se concluir que o comportamento de um Sistema Tutor Inteligente pode ser modelado mediante o autômata definido pelos conjuntos U , Y e X , pelo estado inicial x_0 e pelas funções λ e η . Fica, portanto, demonstrado o teorema.

3.6.3 Exemplo de funcionamento do autômata

A seguir é apresentado um exemplo simples de como o STI pode atuar segundo as escolhas de um aluno. As escolhas definem seu modelo, pelo que o sistema apresenta na saídas, os resultados do processamento de cada entrada, respeito do modelo atual.

Na tabela 3.2 estão apresentadas algumas possíveis escolhas do usuário, utilizando os controles disponíveis na Interface. Por exemplo, a entrada Imagens significa que o aluno selecionou esta mídia para receber a informação do conteúdo. Na tabela 3.3 estão apresentados alguns dos estados deste exemplo. Cada estado corresponde a um Modelo de Aluno, ou seja ao que o sistema infere das seleções do usuário. O estado inicial, X_1 , é alcançado mediante uma atividade de diagnóstico. A tabela 3.4 apresenta as transições de estados e das saídas, correspondentes a cada ação do aprendiz.

Tabela 3.1 Ações do usuário (alfabeto de entrada)

Entrada	Seleção do usuário
A	Imagens
B	Texto
C	Fala
D	Vídeo
E	Cont2

Tabela 3.2 Estados possíveis do sistema (espaço de estados)

Estado	Definição do Estado
X1	Aprendiz Visual, Interessado no Conteúdo 1
X2	Aprendiz Verbal, Interessado no Conteúdo 1
X3	Aprendiz Visual, Interessado no Conteúdo 2
X4	Aprendiz Verbal, Interessado no Conteúdo 2

Tabela 3.3 Transições de estados e saídas para o autômata deste exemplo.

U X	X+1					Y				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
X1	X1	X2	X2	X1	X3	Imagem Cont1	Texto Cont1	Fala Cont1	Vídeo Cont1	Vídeo ou Imagens Cont2
X2	X1	X2	X2	X1	X4	Imagem Cont1	Texto Cont1	Fala Cont1	Vídeo Cont1	Texto ou Fala Cont2
X3	X3	X4	X4	X3	X3	Imagem Cont2	Texto Cont2	Fala Cont2	Vídeo Cont2	Vídeo ou Imagens Cont2
X4	X3	X4	X4	X3	X4	Imagem Cont2	Texto Cont2	Fala Cont2	Vídeo Cont2	Texto ou Fala Cont2

A figura 3.9 apresenta algumas das transições expostas na tabela 3.4. Este é um diagrama de estados típico, que representa de forma visual as possibilidades que apresenta o autômata, em particular sua função de transição de estados e sua função de saída.

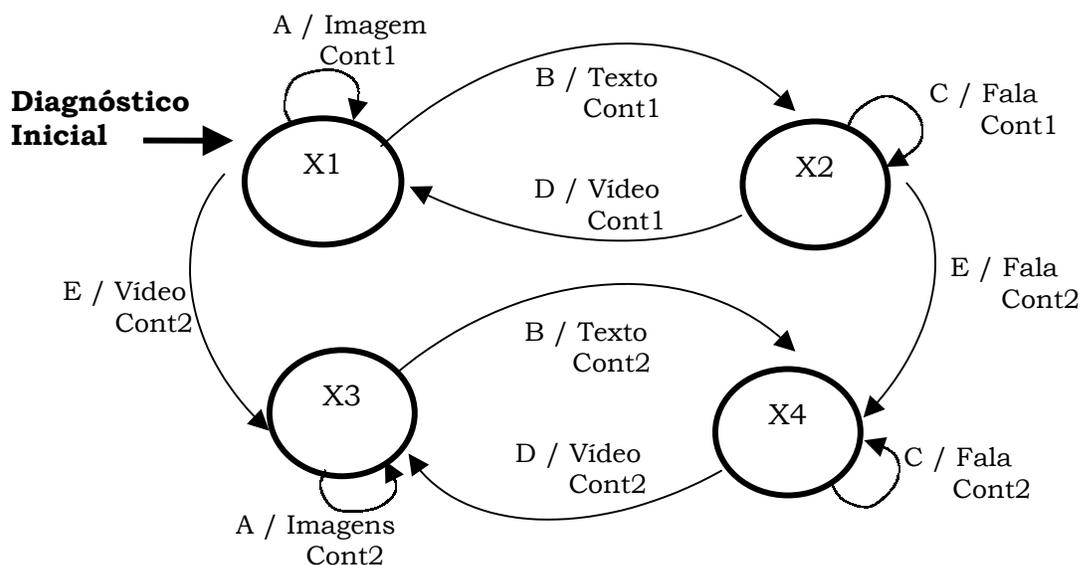


Figura 3.1 Diagrama de Transição de Estados do Autômata deste exemplo

A diversidade das propostas para a implementação de STI mostra a amplitude da pesquisa sobre estes sistemas. Muitas dificuldades estão ainda presentes no seu desenvolvimento. Sua evolução em direção aos ILE pode apresentar algumas soluções aos principais problemas que têm limitado o desenvolvimento destes sistemas. O trabalho de pesquisa que se apresenta a seguir tenta acompanhar esta evolução. Conseqüentemente, esta proposta salienta a importância da combinação de técnicas, estratégias e atividades pedagógicas para desenvolver sistemas mais assertivos na sua atuação pedagógica. As propostas específicas que serão apresentadas consideram em todo momento que o custo de implementação deve permitir que estes sistemas possam ser inseridos na prática docente de um grande número de instituições.

4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente capítulo descreve a segunda etapa do projeto, ou seja a delimitação do problema. Esta delimitação consiste em achar as variáveis que definem o problema e suas relações. Por variáveis, entendem-se todos os elementos que podem ser identificados em um processo de ensino-aprendizagem e que fornecem critérios para uma tomada de decisões pedagógicas. Neste caso, as decisões são tomadas pelo STI, e estão refletidas na configuração da interface. Tendo como objetivo a implementação de uma ergonomia didática da interface, é preciso conhecer que variáveis definem um aprendiz, que variáveis definem uma interface e como a identificação de um aprendiz influi na configuração da interface. As teorias pedagógicas fornecem as variáveis do problema e suas relações, elas determinaram, portanto, todos os elementos que conformam o presente projeto. Este capítulo tem por objetivo apresentar como a realização da primeira etapa da pesquisa, ou seja a pesquisa bibliográfica, permitiu definir os elementos que delimitaram ela. Além de determinar as variáveis do problema, este capítulo apresenta, de forma resumida, conceitos sobre as ferramentas tecnológicas que serão utilizadas para modelar computacionalmente o problema. As ferramentas tecnológicas envolvem todos os meios computacionais disponíveis, para identificar o aprendiz, para tomar decisões pedagógicas sobre a interface e para configurar os ambientes propícios. As justificações das ferramentas usadas e a forma de uso serão explicadas no Capítulo 5.

4.1 Determinação das Variáveis do Problema

A seguir é explicado o processo que permitiu decompor o problema em variáveis e suas relações. Esta decomposição é a base a partir da qual foi projetado o mecanismo de adaptação que será apresentado no Capítulo 5.

4.1.1 Processo de definição do Problema

Uma interface que responde aos critérios de ergonomia didática tem que ser uma interface adaptável ao usuário. A ergonomia garante que a forma da apresentação seja compatível com as preferências e estilos cognitivos do aprendiz. A didática garante que os conteúdos apresentados sejam compatíveis

com os níveis de conhecimento apresentados pelo aprendiz. Por esta razão, para criar uma ergonomia didática é preciso conhecer, por um lado, como identificar as preferências de um aprendiz a respeito da interface (aquisição), por outro lado, que ferramentas utilizar para configurar uma interface que responda a essas preferências (adaptação) e por último, que critérios utilizar para relacionar um aprendiz determinado a uma interface determinada (análise).

Foram procurados nas teorias pedagógicas elementos que permitam configurar os estágios do processo de adaptação da interface, esquematizados na figura 3.8 do capítulo anterior. Em primeiro lugar, para a aquisição, foram procuradas variáveis que caracterizem o aprendiz e que possam ser detectadas pelo sistema. Em segundo lugar, para a adaptação, foram procuradas variáveis que definem uma interface e que possam ser configuradas pelo sistema. Em terceiro lugar, foram procurados os critérios de análise. As teorias pedagógicas estabelecem quais ambientes podem propiciar a aprendizagem de diversos tipos de aluno e, uma vez obtidas as variáveis que definem o aluno, podem ser configuradas as variáveis que definem a interface. Neste trabalho, toda a informação que define um aprendiz está contida num conjunto chamado **características do aprendiz** e, da mesma forma, toda a informação referente à definição da interface está contida num conjunto chamado **atributos da interface**, que define tanto a forma quanto o conteúdo da interface.

O processo de definição do problema consistiu num conjunto de passos que são representados na figura 4.1. As teorias pedagógicas definem ambientes pedagógicos orientados a diferentes tipos de aprendizes. A definição dos ambientes pedagógicos sugere quais características do aprendiz devem ser procuradas e como configurar os atributos da interface correspondente. O conhecimento das relações entre as características do aprendiz e os atributos da interface permite conformar a interface, dado um tipo de aluno. O processo foi interativo já que o estabelecimento das relações entre características e atributos permitiu depurar o conjunto das variáveis e, portanto, redefinir as relações. Uma vez estabelecidas as relações, passou-se a procurar as ferramentas que permitem a sua implementação, na perspectiva da construção de um STI.

Baseado nas teorias pedagógicas apresentadas no Capítulo 2, um sistema que implemente estas relações pode interagir de uma forma mais eficiente com um aluno determinado. Salienta-se que as teorias pedagógicas foram utilizadas

especificamente para determinar o tipo de interface que deverá ser conformada para um aprendiz particular. Outros aspectos devem ser considerados, no futuro, para uma análise cognitiva mais completa do aprendiz, por exemplo, para tentar inferir as causas de seus erros.

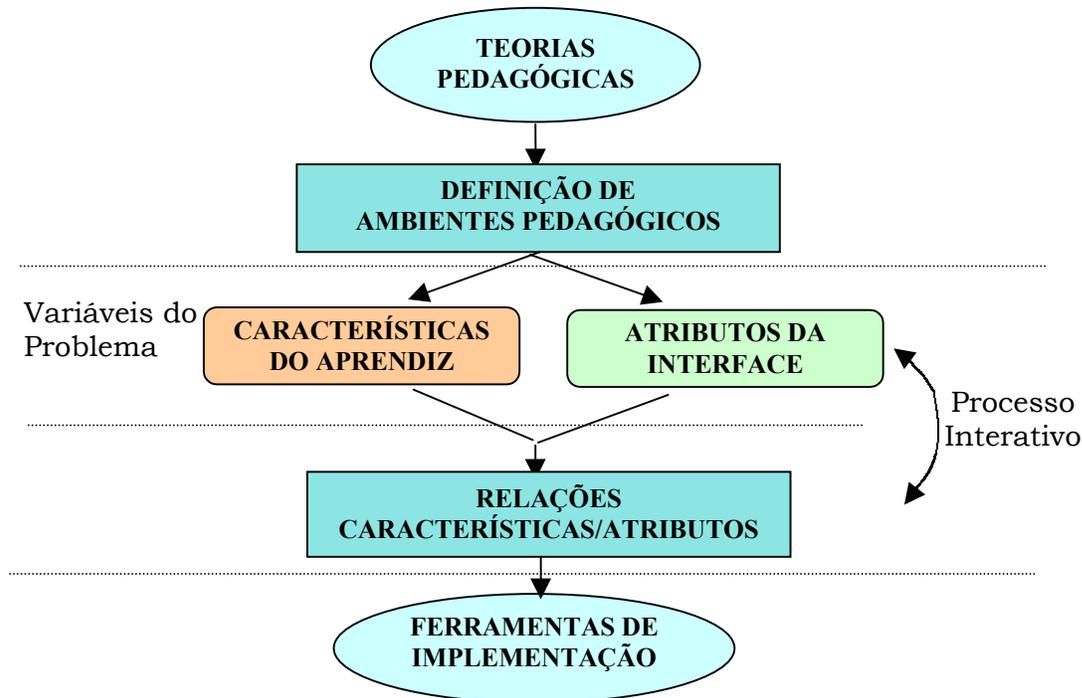


Figura 4.1 Passos para a definição do problema

4.1.2 Ambientes Pedagógicos

O objetivo desta seção é extrair das diversas estratégias e táticas pedagógicas elementos que influenciam os processo de ensino-aprendizagem, especialmente no que se refere à criação de ambientes pedagógicos altamente compatíveis com os usuários. Desta forma, foram identificados alguns elementos dos ambientes e foi analisado como as características do aprendiz permitem tomar decisões sobre esses elementos.

Conteúdos

Existe um conjunto de características que permitem obter critérios para a seleção de quais conteúdos serão oferecidos ao aprendiz. Estas características são:

- **Estágio de desenvolvimento:** a definição dos estágios estabelece que alguns tipos de conhecimento não são aptos para serem entregues a um aprendiz, se ele não está no estágio que lhe permita assimilar esse conhecimento. Portanto, esta variável deve ser considerada para escolher o tópico que será oferecido.
- **Interesse:** todas as teorias vistas no Capítulo 2 concordam em destacar a importância dos interesses e motivações pessoais para o desenvolvimento do processo de aprendizagem. Quando um interesse específico é detectado no aprendiz, isto determina que subconjunto de tópicos lhe será oferecido.
- **Sexo:** principalmente para aplicações na área da saúde, esta característica permite selecionar alguns tópicos relevantes para necessidades específicas de cada sexo.
- **Inteligência Interpessoal:** como pessoas com esta inteligência são sensíveis a problemáticas sociais, é significativo para elas ter a disposição conteúdos referentes a estas problemáticas.
- **Estilo Global:** pessoas globais se interessam por temas gerais que mostrem o conteúdo desde um ponto de vista amplo e relacionado a outras problemáticas. Por esta razão é significativo para elas ter acesso a este tipo de conteúdos.
- **Estilo Ativo:** pessoas ativas se sentem a vontade trabalhando com temas que lhes permitam aplicar seus conhecimentos. Por esta razão devem ser disponibilizados conteúdos que tratem de métodos concretos que sejam facilmente levados a prática
- **Estilo Reflexivo:** pessoas reflexivas se interessam por informações que lhes permitem refletir sobre os problemas tratados. Estas pessoas devem ter acesso a conteúdos que propiciem a atividade de reflexão e que lhes permitam tirar suas próprias conclusões.
- **Estilo Intuitivo:** como pessoas intuitivas se interessam por teorias gerais, devem lhes ser salientados conteúdos que tratem destes temas, favorecendo noções gerais sobre fatos ou procedimentos específicos.

Mídias

Existe um conjunto de características que permite tomar decisões sobre que tipo de mídia pode ser disponibilizada para cada tipo de aprendiz. Estas são apresentadas a seguir:

- **Estágio de desenvolvimento:** nos primeiros estágios, os aprendizes precisam de poucas mídias ao mesmo tempo, pela incapacidade ainda de focalizar o contexto. Mídias como texto ou vídeos devem ser evitados para pré-operacionais, pelas limitações da leitura e a grande quantidade de estímulo dos vídeos. Portanto a preferência é dada à fala e às animações. Para os aprendizes operacionais concreto, todas as mídias devem estar à disposição para que o aprendiz as selecione, no entanto, não poderão ser ativadas ao mesmo tempo. Para operacionais formal, a seleção das mídias se faz usando como critério suas inteligências e seus Estilos de Aprendizagem.
- **Inteligência Cinestésica:** pessoas cinestésicas gostam de movimento, pelo que vídeo, animações e personagens animadas são mídias que proporcionam uma sensação de movimento. Estas mídias devem ser projetadas para incentivar o movimento dos olhos, da cabeça (tela) ou das mãos (teclado, mouse). A imersão da RV é uma ferramenta ideal para esta inteligência.
- **Inteligência Interpessoal:** por serem muito receptivos à interação com outras pessoas, aprendizes interpessoais gostam de personagens animadas interativas. A fala, animações e vídeos também são favoráveis para estes aprendizes, já que, apesar de não ter um alto grau de interatividade, estas mídias proporcionam um tipo de contato com outras pessoas ou personagens.
- **Inteligência Musical:** pessoas musicais se interessam por atividades que contenham música e sons. Embora o ideal seria criar uma atividade musical para apresentar os conteúdos, diante da dificuldade deste tipo de ambiente optou-se por colocar música, som e fala às atividades dirigidas para este tipo de aluno. Trata-se de chamar a atenção sobre alguns aspectos da matéria e criar emoções, por exemplo, para os estímulos positivos.
- **Estilo Visual:** para satisfazer as preferências deste estilo, todo tipo de estímulo visual é utilizado, em particular vídeo, animação e imagens.
- **Estilo Verbal:** para satisfazer as preferências deste estilo, são utilizadas as mídias texto, fala e personagens animadas que ofereçam estímulos verbais.

- **Estilo Ativo:** como as pessoas com este estilo de aprendizagem gostam de aprender interagindo de forma ativa com os conteúdos, o uso de vídeos, animações e de personagens animadas favorece o entendimento de como aplicar os conhecimentos, através de demonstrações de pessoas ou personagens aplicando os conhecimentos.
- **Estilo Sensitivo:** pessoas sensíveis adquirem conhecimentos através de seus órgãos sensoriais, por isto fala, som, vídeo, animações e imagens são mídias que permitem criar ambientes compatíveis com este estilo. A RV poderia incorporar mais órgãos, o que a faz muito adequada para atingir pessoas sensíveis.

Navegação

O tipo de navegação que será oferecida ao aprendiz depende das características apresentadas a seguir:

- **Estágio de desenvolvimento:** os estágios pré-operacional e operacional concreto terão uma navegação predeterminada pelo sistema, ou seja, crianças nessas faixas etárias não estarão livres para se deslocar em todos os conteúdos e em todas as atividades. Para os operacionais formais, outras características são usadas para determinar a navegação.
- **Estilo Global:** pessoas globais devem poder se deslocar livremente pelos conteúdos de forma a procurar as informações que lhes sejam significativas em qualquer instante e, assim, ir conformando a idéia de um todo da matéria. Portanto, a navegação é livre para este estilo de aprendizagem.
- **Estilo Seqüencial:** pessoas seqüenciais preferem ser guiadas pelos conteúdos, portanto a navegação é predeterminada pelo sistema.
- **Estilo Reflexivo:** com o objetivo de adquirir informações que lhes permitam refletir sobre a matéria, os alunos reflexivos devem poder se deslocar livremente pelos tópicos, pelo que a navegação é livre.
- **Estilo Intuitivo:** como as pessoas intuitivas procuram extrair teorias gerais a partir das informações e conhecimentos que lhes são proporcionados, elas devem poder se deslocar livremente através dos conteúdos na procura destas teorias. Portanto, a navegação deve ser livre para aprendizes com este estilo.

Interatividade

A interatividade com a matéria permite que o aluno tenha a disposição links para atuar sobre o conteúdo. O nível de interatividade é decidido segundo as características do aluno apresentadas a seguir.

- **Estágio de desenvolvimento:** crianças pré-operacionais não devem ter muitas possibilidades de interação, devido a que elas podem dar mais ênfase à interação que aos temas tratados. Ao contrário, crianças operacionais concretas devem ter um alto nível de interatividade com os conteúdos. Pessoas no estágio operacional formal terão um nível de interatividade compatível com outras características.
- **Inteligência Cinestésica:** a preferência pelo movimento faz com que pessoas com este tipo de inteligência requeiram altos níveis de interatividade, principalmente no que se refere a gerar movimento e perspectivas diferentes.
- **Inteligência Interpessoal:** as pessoas interpessoais gostam da interação com outras pessoas ou personagens, pelo que deve haver muitas possibilidades de interação para este tipo de aprendizes.
- **Estilo Global:** Para conseguir ter uma idéia do conjunto, as pessoas globais precisam ter acesso a diferentes formas do mesmo objeto ou tema, pelo que precisam de altos níveis de interatividade.
- **Estilo Sequencial:** pessoas seqüenciais gostam de atividades bem estruturadas e gostam de seqüências preestabelecidas, pelo que a interatividade deve ser baixa para não desorientar este tipo de aprendiz, dando a possibilidade de explorar muitos caminhos diferentes.
- **Estilo Ativo:** aprendizes ativos precisam de um alto grau de interatividade que lhes permita se sentir ativamente comprometidos com o conteúdo.
- **Estilo Reflexivo:** aprendizes reflexivos requerem um alto grau de interatividade para comprovar hipóteses e esclarecer questionamentos.
- **Estilo Intuitivo:** por se interessar pelas teorias gerais que estão por trás dos fatos ou conceitos estudados, estes aprendizes devem procurar essas teorias, o que implica que devem poder explorar os ambientes, pelo que um alto grau de interatividade deve ser assegurado.

Atividade Pedagógica

O tipo de atividade pedagógica permite projetar os ambientes onde todos os elementos anteriores (conteúdos, mídias e links) serão apresentados. O tipo de atividade pedagógica depende das características a seguir.

- **Estágios de desenvolvimento:** o estágio pré-operacional requer um ambiente estruturado, mas o estágio operacional concreto precisa de um ambiente de exploração. Ambos podem utilizar o jogo para fortalecer e aplicar o aprendido e serem avaliados. Os exemplos são importantes nestes estágios. Os aprendizes operacionais formais usarão outros critérios para selecionar os ambientes.
- **Interesses:** Existem alguns conteúdos bem estruturados que podem ser oferecidos mediante apresentações de tipo comportamentalista e outros mediante a exploração de ambientes construtivistas. Por esta razão, dependendo dos interesses dos alunos, um destes ambientes é mais propício que o outro.
- **Inteligência Matemática:** Ambientes de resolução de problemas, de exploração e jogos são compatíveis com esta inteligência, permitindo a utilização das capacidades de dedução, pesquisa e comprovação de hipóteses.
- **Inteligência Cinestésica:** Jogos e ambientes de exploração são compatíveis com esta inteligência, já que permitem deslocamentos e ambientes dinâmicos.
- **Inteligência Ecológica:** ambientes de resolução de problemas e de exploração permitem que as pessoas com esta inteligência utilizem suas capacidades de exploração, classificação, etc.
- **Estilo Global:** Atividades de tipo resolução de problemas, perguntas - respostas, enciclopédia e ambientes que permitem a exploração são adequados para esta inteligência. Estes ambientes permitem que os aprendizes globais possam trabalhar diversas partes do conteúdo, desde diferentes perspectivas.
- **Estilo Seqüencial:** aprendizes seqüenciais precisam de atividades estruturadas em seqüência, como as atividades comportamentalistas, assim como atividades de resolução de problemas que permitam aplicar os métodos aprendidos. Estas atividades devem proporcionar um alto nível de detalhe devido a que isto é relevante para estes aprendizes.

- **Estilo Ativo:** os aprendizes ativos devem ter acesso a um grande número de atividades diferentes onde existam várias formas de interação com os conteúdos. Em particular, atividades como resolução de problemas, perguntas - respostas, enciclopédia, jogos e ambientes de exploração devem ser proporcionados.
- **Estilo Reflexivo:** os aprendizes reflexivos podem ter acesso às mesmas atividades que os ativos, se estas atividades propiciam a reflexão sobre os conteúdos.
- **Estilo Sensitivo:** atividades como resolução de problemas, de exploração ou explicações seqüenciais, podem ser utilizadas para estes aprendizes, contanto que elas coloquem fatos e aspectos concretos dos conteúdos. Uma ênfase especial é dada ao papel dos exemplos que devem apoiar todas as apresentações dos aspectos teóricos.
- **Estilo Intuitivo:** para estes aprendizes, contrariamente ao caso anterior, são as teorias gerais que estão por trás dos fatos que devem ser salientadas. Atividades de resolução de problemas, perguntas-respostas, enciclopédia e ambientes de exploração, podem facilitar a estes alunos, a extração destas teorias.

Cenários e exemplos devem ser construídos tentando responder às necessidades e preferências da maior quantidade de aprendizes. Neste caso, as características que influem na construção destes elementos são apresentadas a seguir:

Os cenários respondem a um grande número de características: segundo o **estágio de desenvolvimento**, a complexidade do cenário e dos exemplos deve variar para atender os requisitos de cada estágio. Deve-se dispor de ambientes simples e de poucos estímulos simultâneos para alunos pré-operacionais e ambientes mais complexos e multi-estímulo para alunos de outros estágios. A **origem cultural** permite criar um cenário que incorpore elementos do entorno do aprendiz. Pode ser inserido no sistema seu entorno geográfico, utilizando como fundo de tela uma imagem característica do lugar onde o aluno mora (praia, mar, montanha, vulcão, cidade, etc.), podem ser incorporadas características fisionômicas e vestimentas nas personagens animadas, o uso de metáforas pode inserir a história do lugar ou outros elementos culturais (boi mamão, povos autóctones, etc.). Em aplicações na saúde este elemento é de vital importância para tornar o processo mais significativo, devido a que hábitos alimentares,

atividade física, etc., podem ser muito dependentes desta variável. Por outra parte, pode ser significativo colocar para pessoas globais e crianças, as mesmas problemáticas, vistas do ponto de vista de outras realidades culturais. Cenários naturais podem ser oferecidos às pessoas com **Inteligência Ecológica**, implementando as atividades em contextos que incorporem flora e fauna.

Os exemplos devem ser implementados para praticamente todas as características de aprendizes. Para os **Estilos de Aprendizagem** Sensitivo e Intuitivo existem exemplos concretos que apresentam fatos e abstratos que apresentam teorias ou hipóteses e estabelecem relações com outras matérias. Para o tipo de **Inteligência** Lógica Matemática, os exemplos são numéricos, ou seja, faz-se ênfase em estatísticas, tabelas, classificações, etc. Para o **Estágio de Desenvolvimento** existem exemplos simples para crianças pequenas e complexos para jovens e adultos. Para o **Nível sócio-econômico** existem exemplos de baixos recursos e exemplos que requerem maiores recursos. Esta variável é essencial para criar exemplos que reflitam contextos significativos para os aprendizes, em particular para a aplicação destes sistemas a áreas como a saúde. De nada serve apresentar tratamentos avançados, por exemplo, se o aprendiz não poderá ter acesso a eles (o que não impede informar sobre sua existência e propiciar uma toma de consciência sobre a necessidade de que todos possam ter acesso a esses tratamentos). De alguma forma o cenário pode também responder a esta característica. Para os estilos visuais e verbais serão selecionados exemplos com imagens (animações, etc.) ou palavras (histórias, etc.). Para os estilos Globais e Seqüenciais serão escolhidos exemplos que integrem vários tópicos ou exemplos orientados aos detalhes dos processos e a estabelecer métodos sistemáticos. Para os alunos reflexivos, procura-se colocar exemplos abstratos, colocando situações do tipo: *O que aconteceria se..?* Os alunos ativos precisam de exemplos que lhes permitam atuar sobre as situações colocadas.

Pode ser observado que o paradigma instrucionista não aporta características de aluno que possam ser usadas para implementar os ambientes. Isto porque o instrucionismo está focalizado em adequar corretamente o processo de ensino, para qualquer tipo de aprendiz. Por esta razão ele não fornece elementos que distingam os alunos. No entanto, as características do conteúdo podem dar critérios que permitam escolher entre uma atividade comportamentalista e uma

construtivista. Os interesses são os que determinam que conteúdos vão ser apresentados e, portanto, são as características que podem ser usadas como critérios de atividades comportamentalistas.

4.2 Características do Aprendiz

Como visto na seção anterior, todas as variáveis do processo de ensino-aprendizagem que definem um aprendiz e que podem ser detectadas pelo computador conformam as características do aprendiz. Como este projeto está orientado à implementação da interface de um STI, as características que foram consideradas foram escolhidas em função de sua influência na configuração das telas. Outras características devem ser consideradas para definir melhor o aprendiz, incorporando variáveis que definam, por exemplo, seus estados cognitivos.

Uma das vantagens desta proposta é que o conjunto de características que definem o aprendiz não é fixo: podem ser adicionadas ou eliminadas características, segundo as concepções pedagógicas que estejam sendo contempladas e segundo o domínio que se queira apresentar. Portanto, o conjunto de características considerado neste trabalho não apresenta elementos que, de forma definitiva, permitam identificar um aluno, mas sim define uma proposta inicial, especificamente orientada à construção de Interfaces e que pode ser modificada conforme outras visões sejam integradas à presente. Desta forma, o conjunto que é definido a seguir representa uma proposta adaptada às necessidades da aplicação que se está visualizando para o sistema, a educação em saúde e às estratégias e táticas definidas no Capítulo 2 e que formam a base pedagógica sobre a qual o sistema foi projetado.

4.2.1 Definição das características do aprendiz

Neste trabalho as características que definem um aprendiz estão agrupadas da forma apresentada na tabela 4.1. Nesta tabela, entre parênteses são colocadas as abreviações de cada característica. Estas serão utilizadas nas referências que se façam às características a seguir em todo o trabalho.

Tabela 4.1 Características dos Aprendizes

GRUPOS	CARACTERÍSTICAS
Estágios de desenvolvimentos	Pré – operacional (PreOp); Operacional Concreto (OpC); Operacional

	Formal (OpF).
Cultura	Cidade 1(TMC); Cidade 2 (FLO)
Nível Sócio - Econômico	Baixos Recursos (BR); Disponibilidade de Recursos (DR)
Sexo	Feminino (FEM); Masculino (MAS)
Interesses	Interesse 1(Int1); Interesse 2 (Int2); Etc.
Inteligências Múltiplas	Lógica - matemática (L/M); Musical (MUS); Cinestésica (CIN); Interpessoal (INTP); Ecológica (ECO).
Estilos de Aprendizagem	ativos (ACT); reflexivos (REF); sensoriais (SEN); intuitivos (INT); visuais (VIS); verbais (VRB); sequenciais (SEQ); globais (GLO).
Conteúdos	Conteúdo 1 (Cont1); Conteúdo 2 (Cont2); etc.

As características apresentadas na tabela 4.1, foram extraídas das teorias pedagógicas apresentadas no Capítulo 2, porém algumas características foram descartadas. O estágio psicomotor foi descartado porque a faixa etária de 0 a 2 anos não foi considerada no projeto. Devido às limitações nos periféricos de entrada-saída que requerem uma motricidade ainda não desenvolvida, considerou-se que o STI não é apropriado para crianças nessa faixa. A inteligência Intrapessoal foi descartada devido a que sua influência na configuração da interface não foi considerada significativa, podendo influir na elaboração de alguns conteúdos que apresentem aspectos pessoais, por exemplo, no tratamento de alguns distúrbios da saúde, mas que não foram considerados nesta aproximação inicial do problema. Por último as inteligências Visuo-espacial e Verbal foram descartadas por serem variáveis medidas pelos Estilos de Aprendizagem Visual e Verbal.

A estas características foram adicionadas as Unidades que se referem ao conjunto de tópicos que conformam o domínio. Esta informação permite que o sistema saiba que conteúdos já foram apresentados ao aprendiz. Esta é uma aproximação similar à da “overlay model” e seu objetivo é que o sistema não ofereça duas vezes a mesma informação, além de servir para que o aprendiz saiba o que ele já viu.

4.2.2 Obtenção das características

Uma vez definidas as características, esta seção tem por objetivo apresentar os procedimentos utilizados para que o sistema seja capaz de detecta-las. Estes procedimentos estão principalmente baseados em entrevistas e questionários, no contexto de atividades de diagnóstico que são apresentadas a todos os aprendizes na sua primeira interação com o sistema.

Características Gerais

As características gerais foram extraídas da teoria interacionista, principalmente no que se refere à Aprendizagem Contextualizada. Elas podem ser determinadas de forma bastante simples, mediante um questionário que pode ser preenchido diretamente pelo aprendiz ou por alguma pessoa que o auxilie. Os números entre parênteses indicam o número de variáveis dentro de cada grupo.

- **Estágio de Desenvolvimento (3):** A idade é solicitada ao usuário e é utilizada para inferir seu estágio de desenvolvimento. Para isto, pensou-se em utilizar um esquema de referência e construir uma escala utilizando valores fuzzy que permitam trabalhar com o estágio a partir da idade do aprendiz. Esta escala é apresentada na figura 4.2. Neste projeto, somente os três últimos estágios são considerados. As variáveis deste grupo são Estágio Pré-Operacional (PreOp), Operacional Concreto (OpC) e Operacional Formal (OpF).

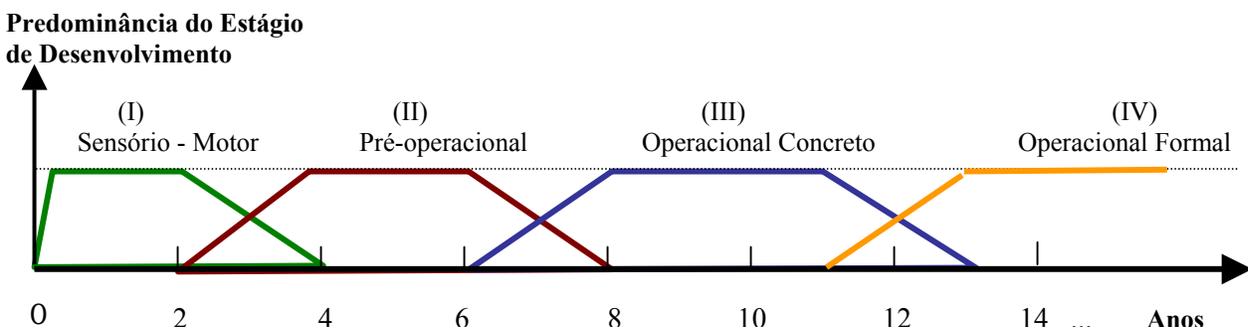


Figura 4.1 Estágios de Desenvolvimento e Idade do aluno

- **Cultura (2):** Esta característica é inferida a partir da informação da cidade onde o indivíduo mora. Inicialmente duas cidades foram contempladas, por terem sido estabelecidos contatos com importantes centros de saúde, dispostos a colaborar com o presente projeto. Trata-se de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina no Brasil e de Temuco, capital da IX Região do Chile.
- **Nível sócio-econômico (2):** Esta informação é pesquisada mediante um questionário (GRACIANO, 1980) utilizado pelas assistentes sociais do Hospital Universitário e permite determinar o nível sócio-econômico do aprendiz. Os exemplos que serão oferecidos ao aprendiz dependem desta variável. Inicialmente, dois níveis são avaliados, poucos recursos ou disponibilidade de recursos.

- **Interesses (7):** Para determinar esta variável será apresentado ao aluno, um conjunto de perguntas sobre os diversos temas do conteúdo. Ele deverá selecionar a pergunta que mais se adequa a suas inquietudes e interesses. Desta forma as perguntas propostas devem focalizar aspectos específicos da matéria, orientando o aluno nos temas que ele deseja ser capaz de dominar ao final de suas atividades com o Tutor. O aluno tem a liberdade de selecionar, ou não, estes temas. No caso de não selecionar nenhum deles, o sistema terá a responsabilidade de estabelecer os objetivos do processo, segundo outras características detectadas no aprendiz, ou deixará o conteúdo livre para ele. No projeto inicial, 7 perguntas foram elaboradas.
- **Sexo (2):** Esta variável é diretamente perguntada ao aprendiz.

Estilos de Aprendizagem

Para determinar os Estilos de Aprendizagem, utilizou-se um questionário desenvolvido pelos autores desta teoria (FELDER, 1997). Trata-se de determinar as preferências de um aluno analisando as respostas a certas perguntas. Este questionário pode ser encontrado no ANEXO I. Ele possui 44 perguntas que medem os 8 Estilos de Aprendizagem, agrupados de dois em dois:

- A) Estilos de aprendizagem Visual ou Verbal
- B) Estilos de aprendizagem Seqüencial ou Global
- C) Estilos de aprendizagem Reflexivo ou Ativo
- D) Estilos de aprendizagem Sensitivo ou Intuitivo

Para determinar os Estilos de Aprendizagem, das 44 perguntas 11 correspondem especificamente a cada par de estilos. Para cada pergunta o participante deve escolher entre a opção A ou a opção B. Um processamento matemático simples das respostas dos participantes permite obter os resultados. Estes são entregues em uma grade como a apresentada no exemplo da figura 4.3. Neste exemplo pode-se observar que o indivíduo avaliado tem uma preferência marcada pelo estilo Ativo (7), é fortemente Verbal (11) e não apresenta uma preferência significativa pelas demais dimensões.

	11	9	7	5	3	1	1	3	5	7	9	11	
ACT			X										REF
SEN						X							INT
VIS												X	VRB
SEQ					X								GLO

Figura 4.2 Exemplo dos resultados do processamento de um questionário

- Se o resultado está entre 1-3, não há preferência significativa entre as duas dimensões medidas.
- Se o resultado está entre 5-7, existe uma preferência marcada pela dimensão correspondente e a pessoa aprenderá mais facilmente em ambientes que favoreçam essa dimensão.
- Se o resultado está entre 9-11, existe uma preferência muito forte pela dimensão correspondente e a pessoa pode ter dificuldade em aprender em ambientes que não contenham essa dimensão.

Inteligências Múltiplas

Para avaliar as Inteligências Múltiplas, em ANTUNES (2001) pode ser encontrado um questionário que permite identificar as inteligências de um indivíduo. Este questionário tem por objetivo fornecer um valor numérico entre 1 e 4 que determina a força com que cada uma das inteligências está presente no indivíduo que está sendo analisado. O questionário é apresentado no ANEXO I.

- A) Inteligência Verbal
- B) Inteligência Visual
- C) Inteligência Lógico-Matemática
- D) Inteligência Ecológica

- E) Inteligência Interpessoal
- F) Inteligência Intrapessoal
- G) Inteligência Musical
- H) Inteligência Cinestésica

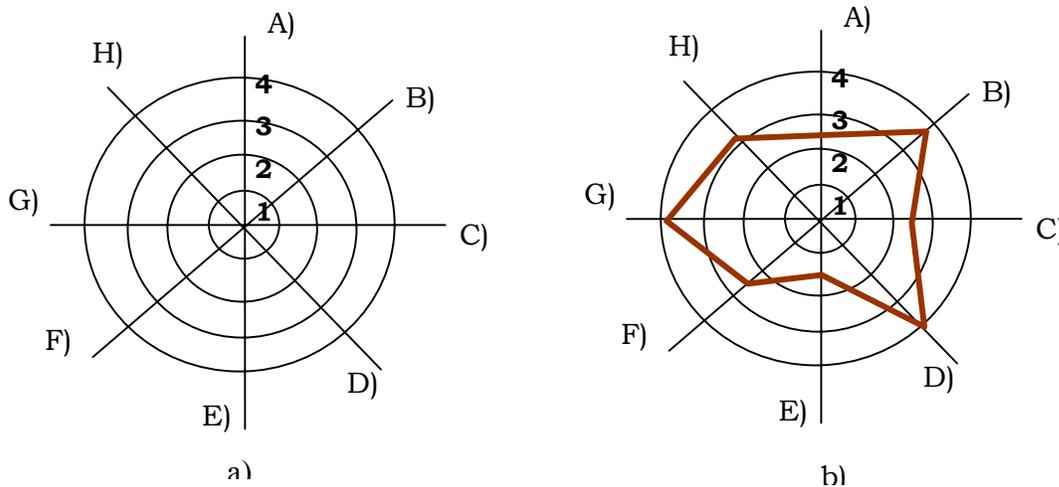


Figura 4.3 a) Grade para a visualização dos resultados do Questionário das Inteligências Múltiplas. b) Exemplo para um caso específico. Modificado de ANTUNES (2001).

- Se a média é superior a 3, a inteligência correspondente está fortemente presente no sujeito.
- Se a média está entre 2 e 3, a inteligência está presente no sujeito, mas não é determinante.
- Se a média é inferior a 2, a inteligência correspondente não é significativa no sujeito.

Cada Inteligência é analisada através de um sub-questionário que contém 18 perguntas, pelo que o Questionário 2 possui um total de 90 perguntas. O usuário deve responder a cada pergunta com um S se ele se identifica fortemente com o colocado, com um s se ele se identifica fracamente, com um n se ele não se identifica muito e com um N se, absolutamente, ele não se identifica com o colocado. São atribuídos os valores 4, 3, 2, e 1 respectivamente para as respostas S, s, n e N. A média das respostas de cada sub-questionário é então calculada e

fornece uma nota que identifica o tipo de inteligência em questão. Os resultados podem ser analisados e comparados em um gráfico especial como o apresentado na figura 4.4.

4.2.3 Consideração Especial

Considera-se que alguns aprendizes, em particular crianças devem ter liberdade para explorar diversos ambientes oferecidos pelo sistema. Neste caso o sistema dará a elas mais autonomia para decidir sobre os meios de apresentação e atividades pedagógicas. Isto porque os autores das teorias dos Estilos de Aprendizagem e Inteligências Múltiplas, por exemplo, consideram que o ideal é o equilíbrio entre as características que eles definem. Portanto, as crianças devem se exercitar a receber informações mediante uma rica gama de meios e atividades, fortalecendo assim vários estilos e inteligências. Por esta razão as características anteriores não serão pesquisadas em crianças. Esta liberdade de escolha se refere aos meios e ambientes, sendo que os conteúdos continuarão sendo sugeridos pelo sistema, segundo os interesses, etc. Crianças Pré-operacionais não poderão escolher várias mídias simultaneamente e o número de mídias e atividades que estão disponíveis para eles é limitado, mas eles têm a escolha.

Acredita-se que um processo de identificação detalhado esteja principalmente orientado a adultos. Estes aprendizes possuem características cognitivas muito mais definidas que as crianças e suas preferências cognitivas são, geralmente, mais focalizadas. Os adultos têm menos tempo para pesquisar alternativas e explorar ambientes. Seu interesse se concentra nos conhecimentos que eles devem adquirir, geralmente para utilizar eles na prática, rapidamente. Para este grupo, o sistema deve tentar determinar o mais exatamente possível, suas características cognitivas, para poder sugerir atividades altamente compatíveis, tentando assim aumentar a eficiência do processo. Por esta razão, para estes aprendizes, a identificação das características deve ser um processo mais exato.

O fato de não pesquisar algumas características cognitivas em crianças não invalida a necessidade de considerar estas características na construção das atividades. Pelo contrário, para aumentar o reforço dos diferentes estilos cognitivos, devem ser apresentados ambientes altamente focalizados a eles. Isto implica que atividades visuais, verbais, etc. devem ser oferecidas às crianças. A

única diferença é que não é o sistema quem decide qual dessas atividades deve ser oferecida, como no caso de adultos, mas sim a própria criança.

4.3 Atributos da Interface

Como visto na seção 4.1.1, os atributos da Interface estão formados por todas as variáveis que definem os elementos que constituem a Interface e que podem ser controlados independentemente pelo sistema. Como se deseja a obtenção de uma ergonomia didática, foram escolhidos atributos que influem na criação de ambientes pedagógicos orientados a diferentes tipos de aprendizes. O fato de dividir a interface em atributos permite um controle mais fino da interface, com vistas a sua adaptação, tanto com respeito as preferências de apresentação (formas) como das necessidades de navegação (conteúdos) dos aprendizes.

Da mesma forma que para as características, a definição dos atributos é flexível e depende das concepções pedagógicas dos projetistas do sistema e do domínio de aplicação. Mais atributos podem ser definidos permitindo mais controle do sistema sobre a forma de apresentação, ou alguns atributos podem ser eliminados. Por exemplo, podem ser considerados de forma independente, cores, tamanho de letras, diferentes tipos de personagens animadas, além de adicionar mais possibilidades de navegação e interação, etc. O conjunto de atributos da interface definido no presente trabalho representa uma proposta inicial que pode ser ampliada e modificada conforme mais elementos do processo de ensino-aprendizagem sejam considerados e em função dos requisitos da área de aplicação.

4.3.1 Definição dos Atributos da Interface

Como visto na seção 3.5, a interface é, geralmente, definida pelo seu conteúdo, pelos links que estão disponibilizados e que permitem acessar outros conteúdos e pela forma de apresentação, determinada principalmente pelas mídias. Neste trabalho os atributos que definem a Interface estão agrupados da forma apresentada na tabela 4.2. Embora estes atributos representem os três elementos anteriores (conteúdo, links e mídias), a forma de ter sido agrupados permite um controle mais preciso destes elementos. Nesta tabela, entre

parênteses são colocadas as abreviações de cada atributo. Estas poderão ser utilizadas nas referências que se façam a eles a seguir em todo o trabalho.

Tabela 4.1 Atributos da Atividade

GRUPOS	ATRIBUTOS
Conteúdo	Conteúdo 1 (Cont1); Conteúdo 2 (Cont2); etc.
Mídia	Texto (TXT), Fala (FAL), Som (SOM), Música (MUS), Vídeo (VID), Animações (ANI), Imagens (IMG), Personagens Animadas (PER)
Cenário	Pré-Operacional (CPOp), Cidade1 (Ccult1), Cidade2 (Ccult2), Ecológico (Ceco)
Ambientes	Exemplos (AEX), Perguntas-Respostas (APER), Dicionário/Enciclopédia (ADIC), Exercícios e Resolução de Problemas (ARES), Jogos (AJOG), Explicação seqüencial (ASEQ), Ambiente de exploração (ACON).
Navegação	Livre (NL), Controlada (NC), Predeterminada (NP)
Interatividade	Alta (IA), Média (IM), Baixa (IB), etc.

Os atributos definidos na tabela 4.2 definem três aspectos da interface: o que será apresentado (conteúdo), como será apresentado (ambientes, mídias e cenários) e que ações pode realizar o usuário para interagir com os conteúdos (interação, navegação). Estes aspectos são apresentados a seguir:

- **Conteúdo:** O Atributo Conteúdo representa o tema específico que será apresentado ao aluno. Trata-se de um tópico específico da matéria, pelo que esta deve ser dividida para formar uma estrutura que permita a apresentação de temas específicos.
- **Atividades Pedagógicas:** As atividades pedagógicas permitem materializar as estratégias e as táticas pedagógicas. As atividades consideradas neste trabalho foram apresentadas na seção 3.2.
- **Mídia:** O Atributo Mídia define os meios que o sistema utilizará para se comunicar com o aluno. O sistema pode selecionar uma ou várias mídias. Cada conteúdo deve ser representado utilizando todas as mídias disponíveis de forma a poder oferecer a cada aprendiz as mídias mais adequadas a suas preferências.
- **Cenário:** O Atributo Cenário é a metáfora ou o entorno gráfico que é oferecido ao aluno. Este Atributo pode ser considerado como o fundo de tela, sobre o qual se desenvolverão as atividades pedagógicas, ressaltando-se que, no entanto, ele pode ter um papel mais ativo materializando uma metáfora. Por ser um Atributo que influi na definição dos ambientes pedagógicos, um grande número deles deve ser projetado para poder responder melhor às

características do aluno, principalmente para atrair sua atenção e estimular suas interações.

- **Interação:** este atributo indica a quantidade de links que estarão disponíveis para as ações do usuário. Desta forma, o atributo estabelece o Grau de Liberdade de ação do aluno dentro do sistema. A interação pode ser baixa ou alta. A primeira impõe ao aluno uma atividade quase estática, onde o aprendiz é geralmente passivo e o sistema tem o controle sobre a apresentação. Estas atividades de baixa interação podem ser associadas ao paradigma de Tutor e estão projetadas respondendo ao Comportamentalismo. Com uma interação alta o aluno possui grande liberdade de ação sobre o que lhe está sendo apresentado. Ele pode escolher as atividades e estas estão projetadas para responder às ações do aluno. O sistema cede seu controle para o aluno. Estas atividades respondem ao paradigma construtivista e estão projetadas com base nos micromundos. A diferença deste atributo com a navegação é que ele não permite um deslocamento para outros conteúdos, mas sim proporciona meios para interagir com um determinado conteúdo, permitindo manipular os objetos de estudo, obter mais informações sobre um determinado conceito, modificar a forma de apresentação, mudar o ambiente pedagógico, etc.
- **Navegação:** A navegação se refere à possibilidade de se deslocar pelos conteúdos disponibilizados no sistema. Este deslocamento nem sempre é recomendado. O sistema pode estabelecer, segundo as características do aluno, uma seqüência preestabelecida pelos conteúdos ou deixar a navegação livre. O primeiro tipo de navegação oferece uma atividade onde o aluno pode avançar ou voltar atrás, de forma linear, sem poder passar a ver tópicos que o sistema não tenha determinado. No segundo tipo de navegação, o aprendiz escolhe os tópicos de seu interesse, podendo se deslocar livremente pelo domínio inteiro. Uma navegação controlada da liberdade para o deslocamento em um subconjunto dos tópicos do domínio completo.

4.3.2 Configuração das telas

Cada atributo influi na forma final da interface, ou seja, no aspecto que terá a tela visualizada pelo aprendiz. Um exemplo da configuração de uma tela, a partir dos atributos da interface, é apresentado na figura 4.5.

A configuração dos atributos deve permitir uma grande flexibilidade na criação das telas. O número total de telas disponíveis, criadas durante a execução do sistema, é o resultado da combinação dos atributos da interface, o que implica num número muito grande de possibilidades. No entanto, embora cada ambiente pedagógico tenha sua especificidade, as atividades pedagógicas propostas ao usuário mediante as diferentes telas que lhe são apresentadas devem manter alguns padrões para facilitar o uso do sistema. Procura-se, por exemplo, manter em lugares específicos alguns controles, como os controles de navegação, os links para outras atividades e a identificação do tópico atual. Quando o conteúdo é apresentado mediante várias mídias, procura-se que a mídia mais afim com as preferências do usuário fique no centro da tela e as demais são colocadas na periferia.

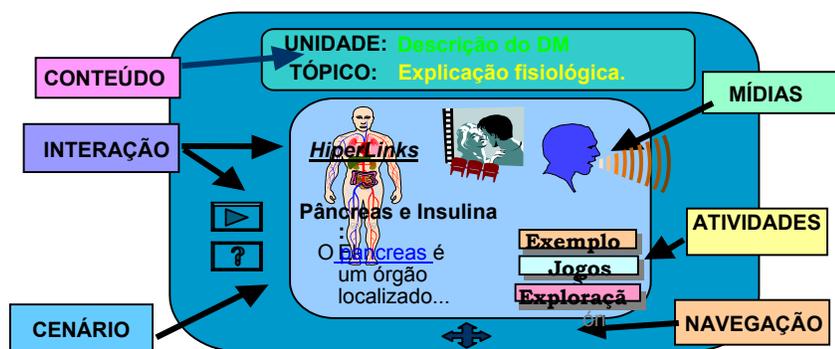


Figura 4.1 Atributos de uma Atividade Pedagógica

A ferramenta a ser usada no projeto das telas do sistema deve permitir manipular de forma independente cada atributo e sua posição relativa na tela. Por sua vez, os projetistas do sistema devem considerar todas as possibilidades que dão os atributos para representar consequentemente os conteúdos. O fato de ter um máximo de possibilidades para cada atributo aumenta a flexibilidade da tela, aumentando o poder de apresentação dos conteúdos e seu possível impacto no aprendiz.

4.4 Definição do problema

A decomposição do problema em variáveis e relações facilita sua representação computacional. Portanto, uma vez definido o problema, é possível analisar os requisitos de um mecanismo de adaptação e os paradigmas de IA que

devem ser considerados para sua implementação. Este processo é apresentado a seguir.

4.4.1 Relações entre as variáveis

Uma vez definidas as variáveis do problema é preciso estabelecer as relações entre elas para projetar o sistema. As relações entre as características do aprendiz e os atributos da interface são resumidas nesta seção. Na tabela 4.3 apresenta-se um resumo de como foram estabelecidas estas relações, lembrando que elas foram explicadas na seção 4.1.2. Esta tabela contém o conhecimento que o sistema deve ter sobre o que fazer quando ele detecta alguma característica do aluno.

Tabela 4.1 Resumo da Atividade do Tutor

		ATRIBUTOS DA ATIVIDADE						
	CARACTERÍSTICAS DO ALUNO	CONTEÚDO	ATIVIDADE	NAVEGAÇÃO	CENÁRIO	INTERAÇÃO	MÍDIA	EXEMPLO
CARACTERIS T. GERAIS	Estagio	X	X	X	XX	X		XX
	Cultura				XX			XX
	Interesses	XX	XX	X				
	Sexo	X						
	Nível Sócio-Econôm.							XX
ESTILOS DE APRENDIZAGEM	Visual				X		XX	X
	Verbal				X		XX	X
	Seqüencial			XX				X
	Global		X	XX				X
	Intuitivo		X					XX
	Sensitivo		X					XX
	Ativo		X	X		XX		X
	Reflexivo		X	X		XX		X
INTELIG. MÚLTIPLAS	Lógico-Matem.		X					X
	Musical						XX	
	Ecológica		X		XX			X
	Cinestésica		X		XX	X	X	
	Interpessoal				X		X	X

X: A característica influi sobre o Atributo

XX: A característica é determinante sobre o Atributo

Na tabela 4.3, as características estão nas linhas e os atributos nas colunas. Para simplificar a apresentação das relações entre as variáveis do problema, os atributos estão representados por grupos. Apesar de formar parte do grupo de ambientes pedagógicos, os exemplos estão em uma coluna separada, para salientar a importância de implementar estes ambientes, satisfazendo a um grande número de características. A influência das características sobre os

atributos está apresentada mediante um X quando a característica tem alguma influência e mediante um XX quando a característica é determinante sobre o atributo. Uma representação mais exata da influência de uma variável sobre outra será apresentada no próximo capítulo.

4.4.2 Projeto de pesquisa

A primeira etapa da pesquisa permitiu estabelecer as variáveis e suas relações. Este processo definiu as três fases do ciclo de adaptação da interface. Por um lado, a determinação do conjunto de características que identificam um usuário e a forma de obter essas informações permitiu estabelecer como deve ser realizada a tarefa de “Aquisição” dos dados do aluno. Por outro lado, a determinação dos atributos da interface permitiu saber como “adaptar” as telas apresentadas ao aprendiz. Por último, as relações entre atributos e características permitem estabelecer as condições da etapa de “Análise” dos dados do aluno para decidir que tipo de adaptação será realizado. O ciclo de adaptação na visão do presente projeto está esquematizado na figura 4.6.

A segunda etapa da pesquisa permitiu estabelecer como serão implementadas as fases do ciclo de adaptação, ou seja, como serão armazenados os conhecimentos relativos a cada fase do ciclo. Para isto, foi utilizada a estrutura tradicional dos STI. Para adquirir informações sobre as características de um aluno, o Módulo Aluno armazena os mecanismos que permitem analisar suas respostas às entrevistas além de armazenar o Modelo do Aluno. Para realizar a análise das características do aluno, o Módulo Tutor armazena os mecanismos que relacionam as características aos atributos. Por último, o Módulo Interface reflete o processo de adaptação criando, em tempo de execução, uma tela adaptada ao usuário.

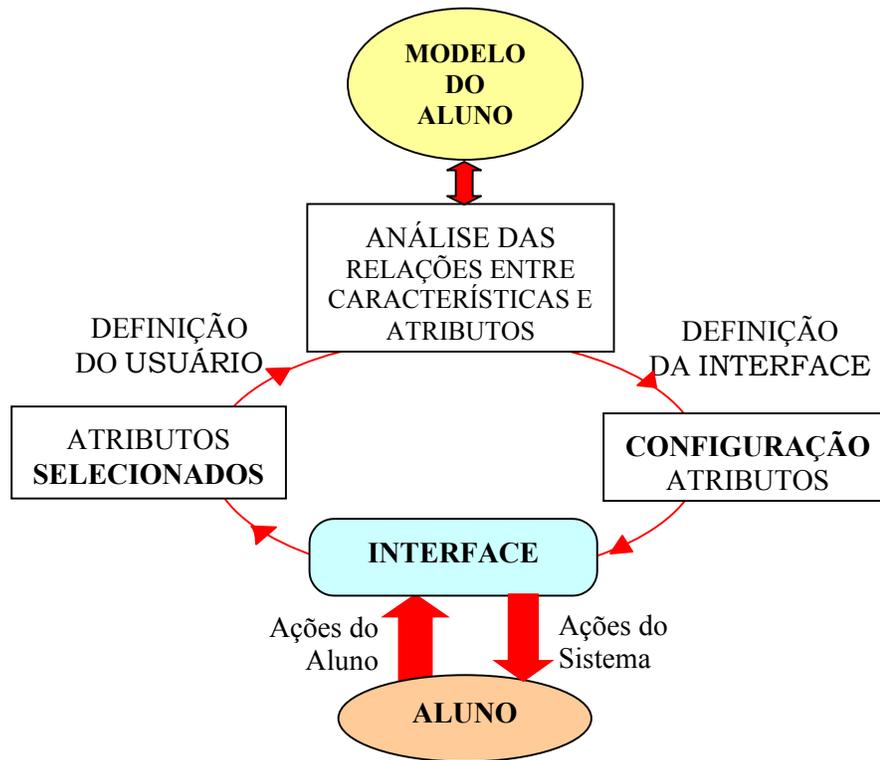


Figura 4.1 Estágios do Processo de Adaptatividade da Interface

A complexidade da tarefa de implementar os módulos do STI se deve às características do problema:

- O aprendiz é definido por uma entrevista inicial, onde é avaliado um grande número de respostas às numerosas perguntas que realiza o sistema. Para diminuir o número de perguntas relativas a algumas características a avaliação das respostas adquire um carácter qualitativo.
- O aprendiz é definido por várias características simultaneamente, o que dificulta a utilização dos critérios obtidos da tabela 4.3. Com efeito, quando mais de uma característica se refere ao mesmo atributo, pode haver dificuldades em determinar o valor deste.
- As características do aluno não são valores “crisp”, ou seja, pode ser detectada uma característica, mas esta pode ser fraca ou forte nesse aprendiz. Por esta razão existe a necessidade de incorporar, à análise, o tratamento de incertezas.
- O número de possibilidades de modelos de aluno e interfaces afim é muito alto para estabelecer uma relação direta entre eles.

- A técnica usada para implementar as relações entre características e atributos deve permitir que possam ser incluídas ou eliminadas algumas destas variáveis, sem que isto represente uma redefinição do problema.
- A forma de armazenar os conhecimentos sobre as relações entre características e atributos deve permitir uma atualização contínua das características do aprendiz e, portanto, uma adaptação contínua da interface.
- Uma vez determinados os atributos, é preciso armazenar os conteúdos em um grande número de formas e utilizando uma grande variedade de meios.

Para lidar com a complexidade do problema conforme descrito anteriormente, pensou-se no uso da IA para implementar alguns dos módulos do STI, em particular os módulos que processam grandes quantidades de informação. Para simplificar a tomada de decisões por parte do sistema, estes módulos devem armazenar conhecimentos que lhes permitam processar tanto as respostas dos aprendizes a respeito de suas características, quanto analisar o tipo de interface correspondente. A IA foi utilizada para implementar o Módulo Aluno e o Módulo Tutor, pela grande quantidade de variáveis e possibilidades de alunos e interfaces que estes módulos manipulam. Na seção a seguir, são apresentadas as ferramentas que foram utilizadas para armazenar os conhecimentos e informações relativas às tarefas de cada módulo e uma descrição detalhada de sua implementação é apresentada nos Capítulos 5 e 6.

O presente trabalho está focalizado na problemática de construção de um sistema que possa tomar decisões sobre a configuração da interface, considerando todos os critérios antes mencionados e as orientações das estratégias pedagógicas. O objetivo do presente projeto não é analisar a veracidade destas orientações, nem avaliar pedagogicamente a eficiência de um software implementado mediante elas. O objetivo do presente trabalho é estabelecer uma metodologia que permita implementar de forma dinâmica os ambientes sugeridos pelas teorias consideradas neste projeto, estabelecendo uma forma de implementar uma ergonomia didática para a configuração das interfaces. Parte-se, portanto, da suposição que as teorias e estudos relacionados a elas estão certos. Uma análise do impacto desta visão pode ser realizado posteriormente, principalmente para comprovar que os ambientes efetivamente respondem às características detectadas nos usuários. Isto corresponde, no entanto, a uma linha de pesquisa futura do trabalho.

4.5 Breve descrição dos Paradigmas de IA considerados

Uma vez definido o problema, passou-se à procura das ferramentas computacionais que permitem implementar as variáveis e suas relações. A seguir são brevemente descritas dois paradigmas que foram selecionados para o desenvolvimento dos objetivos da presente pesquisa. As razões que determinaram a seleção destes paradigmas são explicadas nos Capítulos 5 e 6, junto com a forma de utilização.

4.5.1 Sistemas Especialistas

A IA estuda principalmente áreas onde são requeridas atividades de resolução de problemas. Tradicionalmente este domínio é da IA simbólica, dando origem aos Sistemas Especialistas (SE). Um SE é um programa de computador projetado para modelar a habilidade de resolução de problemas de um especialista humano. Os Sistemas Especialistas estão compostos por duas componentes principais: o conhecimento sobre o tema e o raciocínio (DURKIN, 1992):

1.- A **base de conhecimento** contém conhecimento altamente especializado sobre a área em questão, e que foi adquirido do especialista a través de um trabalho de Engenharia do Conhecimento. Ela inclui fatos, regras, conceitos e relações. A Representação do Conhecimento é a forma de codificar a base de conhecimento.

2.- O **motor de inferência** é o processador do conhecimento que é modelado segundo o raciocínio do especialista. Este motor trabalha com a informação disponível sobre o problema, associada ao conhecimento existente na base para deduzir conclusões e recomendações. As Técnicas de Inferência são as formas de processar o conhecimento.

Existe uma grande variedade de formas de representação do conhecimento (DURKIN, 1992), sendo a mais usada aquela que usa **regras de produção**, ou seja, expressões da forma:

Condição(ões) (ou premissa) \Rightarrow Ação(ões) (ou conclusão).

O conhecimento é representado pelas duplas Condição(ões)-Ação(ões). O disparo de uma regra consiste em provocar uma ação depois da identificação de uma situação que cumpre uma certa condição. As regras tomam a forma de “Se... Então...”. A ação desencadeada pode levar à uma nova situação que pode

desencadear outras regras e, assim, sucessivamente. O motor de inferência constitui o centro do SE: ele procura na base de conhecimento os conhecimentos que se aplicam de forma a estabelecer novos fatos, por dedução. Enfim, a base de fatos reúne os dados do problema, os resultados das deduções e das ações. A dedução é geralmente obtida pela aplicação de uma regra de tipo *Modus Ponens*: “Se p pertence à base de conhecimento e se a regra $p \Rightarrow m$ também pertence à base de conhecimentos, então o motor de inferência permite adicionar o novo fato m à base de fatos”. Outro método utilizado pela máquina de é o Princípio da Resolução que consiste em uma única regra de inferência, baseada na técnica de refutação: “Se a ou b e não a , então b ”.

4.5.2 Redes Neurais Artificiais

Quando os especialistas não conseguem formular regras apropriadas para a resolução de um determinado problema ou para a tomada de decisões, eles podem, em muitos casos, fornecer exemplos de decisões, e pode ser possível inferir regras desses exemplos. As Redes Neurais Artificiais têm a característica de aprender, a partir de exemplos, um modelo que pode simular as decisões do especialista. Os exemplos oferecidos nas entradas e saídas das redes são usados para treinar as redes até gerar a regra correspondente (DE AZEVEDO, 1993).

Em 1943, o neurofisiologista Warren McCulloch e o matemático Walter Pitts, propuseram um modelo de neurônio que poderia ser equivalente a uma “Máquina de Turing”, o que constitui um salto cognitivo já que o cérebro, modelado não só como função mas, também, como estrutura, torna-se assimilável a um mecanismo (McCULLOCH, 1965). Está-se em busca de mecanismos materiais e lógicos que simulam a mente humana (DUPUY, 1996).

Segundo HAYKIN (2001), uma rede neural é um processador paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples (neurônios), que têm a propensão natural de armazenar conhecimento experimental e torna-lo disponível para o uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos:

O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente, através de um processo de aprendizagem.

Forças de conexão entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar os conhecimentos adquiridos.

Uma das características mais importantes das Redes Neurais Artificiais (RNA) é sua capacidade de aprender, mas também devem ser consideradas propriedades como comportamento emergente, capacidade de adaptação, evolução da excitação em redes com ciclos e sua importância para a psicologia (BARRETO, 1997).

Portanto, uma RNA é um sistema composto por vários neurônios, ligados por conexões chamadas conexões sinápticas. Alguns neurônios recebem excitação do exterior e são chamados neurônios de entrada. Outros usam suas respostas para alterar de alguma forma o mundo exterior e são chamados neurônios de saída. Existem neurônios internos, isolados das entradas e saídas, que são chamados neurônios intermédios ou escondidos. As conexões entre os neurônios são externas a eles, e geralmente são consideradas como formando parte de um subsistema constitutivo da RNA (de AZEVEDO, 1997).

Em cada momento, cada neurônio da rede está num estado de ativação determinado. O estado da Rede é determinado pelo *vetor estado* ou *padrão de ativação* da rede. Em uma rede em que os neurônios são sistemas a tempo contínuo, o modelo do neurônio é uma equação diferencial e a atividade da rede se propaga segundo a solução de um conjunto de equações diferenciais simultâneas. A conectividade da rede permite representar o conhecimento que a rede necessita para a resolução de um problema específico. Frequentemente a conectividade se estabelece por um mecanismo de aprendizagem, em que, de modo iterativo, a rede se ajusta para representar um certo conjunto de conhecimentos. Existem, no entanto, outras maneiras de estabelecer um padrão de conectividade.

Existem dois modos de representar conhecimento numa RNA, o modo localizado e o distribuído. O conhecimento é localizado quando a um neurônio, ou a uma sinapse é responsável por um conhecimento determinado e distribuído quando o conhecimento é compartilhado por vários neurônios ou sinapses. A representação distribuída é muito mais econômica do ponto de vista dos neurônios necessários, que a localizada, pelo que tem se tornado a mais utilizada em RNA.

4.5.3 Descrição das Redes Neurais de tipo IAC

As Redes Neurais de tipo Competição e Ativação Interativa (Interactive Activation and Competition, IAC) são um modelo de rede conexionista apresentada originalmente por Rumelhart e McClelland no livro PDP – “*Parallel Distributed Processing*” (McCLELLAND, 1986). Os mecanismos inerentes às redes IAC foram extensivamente estudados por Grossberg, sendo que este formalizou matematicamente estes sistemas (GROSSBERG, 1978). Mecanismos relacionados foram estudados por outros pesquisadores, entre eles, de AZEVEDO (1993) e BURTON (1994).

A arquitetura da rede neural IAC apresenta uma topologia particular com características de Memórias Associativas o que a torna bastante apropriada para a implementação de Sistemas Especialistas baseados nestes conceitos (De AZEVEDO, 2000).

Topologia geral : Modelo de Rumelhart e McClelland

Uma rede IAC, consiste de uma coleção de unidades de processamento (neurônios) organizadas em pools (grupos). As unidades dentro de um mesmo grupo representam hipóteses, conceitos ou características similares, que competem entre si. No modelo definido por Rumelhart e McClelland em McCLELLAND (1986), denominado neste trabalho, modelo Rumelhart, os pesos sinápticos podem tomar um dos três valores $\{-1, 0, 1\}$. Desta forma, os pesos dentro de um mesmo pool são inibitórios, ou seja iguais a -1 e os pesos entre unidades de diferentes pools são excitatórios ou nulos, ou seja, iguais a 1 ou 0 , respectivamente.

No modelo Rumelhart, existem geralmente duas classes de unidades: algumas que podem receber entradas externas e outras que não podem. As primeiras são chamadas unidades visíveis e as segundas são chamadas unidades ocultas. Nesta rede o usuário pode especificar um padrão de entradas para as unidades visíveis, mas, por convenção, não é permitido ao usuário especificar entradas externas para unidades ocultas, sendo para este caso, suas entradas obtidas apenas como a combinação das saídas das outras unidades com as quais elas estão conectadas. Desta forma, cada unidade de um pool visível tem três tipos de ligações:

- Ligações com as unidades do mesmo pool (“intrapool”)
- Ligações com as unidades de outros pools (“interpool”)
- Ligações com o exterior (externas)

Na figura 4.7 é apresentado um esquema que representa a topologia da Rede IAC, segundo o modelo de Rumelhart. Nela pode-se observar que as unidades do pool oculto não têm ligações externas. O pool oculto é também denominado pool intermediário e pool espelho. A primeira denominação se refere a que todas as ligações entre os pools se realizam mediante o pool oculto. Como apresentado na figura 4.7, não há ligações diretas entre os pools visíveis. As unidades destes pools interagem indiretamente utilizando as unidades do pool oculto como “ponte”. Portanto o pool oculto é um intermediário dos pools visíveis. A segunda denominação se refere a que, geralmente, para garantir a interconexão de todas as unidades, o pool oculto deve ser uma cópia do pool com o maior número de unidades, se tornando assim, “espelho” de outro pool.

Todas as conexões, internas e externas da rede são bidirecionais e, devido a isto, acabam criando condições para o surgimento de um processamento interativo, pois o processamento em um determinado pool influenciará e também será influenciado pelo processamento que ocorre nos outros pools da rede. Dentro de um pool, conexões inibitórias ocorrem de cada unidade para todas as demais, dentro de um mesmo pool, ocasionando assim, um processamento competitivo das ativações (McCLELLAND, 1986). Na figura 4.7, com o objetivo de facilitar a visualização, aparecem apenas as ligações em um sentido, no entanto, cada ligação representada nesta figura é bidirecional.

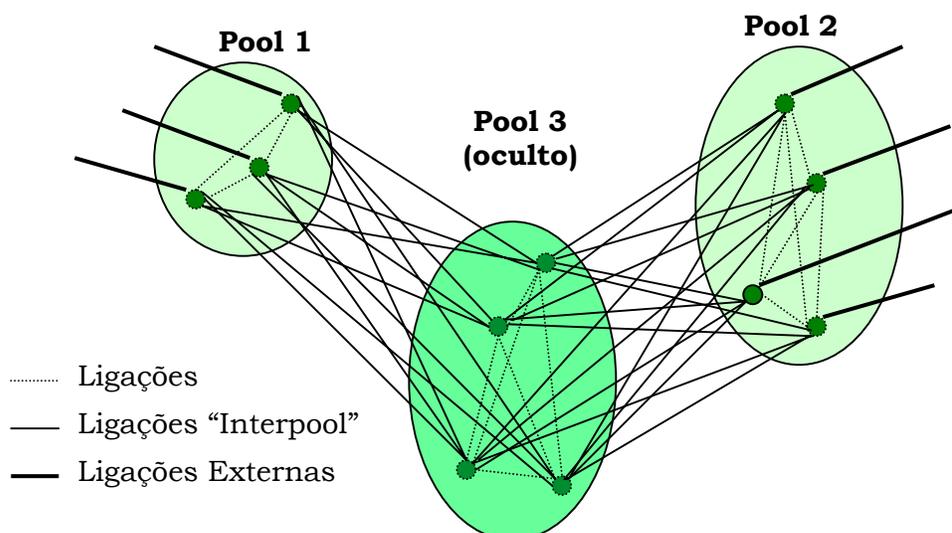


Figura 4.1 Topologia de uma rede IAC modelo Rumelhart

Ativação dinâmica

A ativação de uma unidade pode ser vista como o grau de crença, no conceito hipótese ou características que ela representa. Portanto, o peso que une uma unidade a outra representa a força com que a ativação da primeira influi na ativação da segunda unidade (DENNIS, 1997).

A ativação de um neurônio na rede IAC evolui gradualmente no tempo. Na idealização matemática do modelo, os autores pensaram em um processo de ativação contínuo, porém na simulação deste, fizeram uma aproximação do ideal pela “quebra” de tempo em seqüências de passos descontínuos chamados ciclos (de AZEVEDO, 2000).

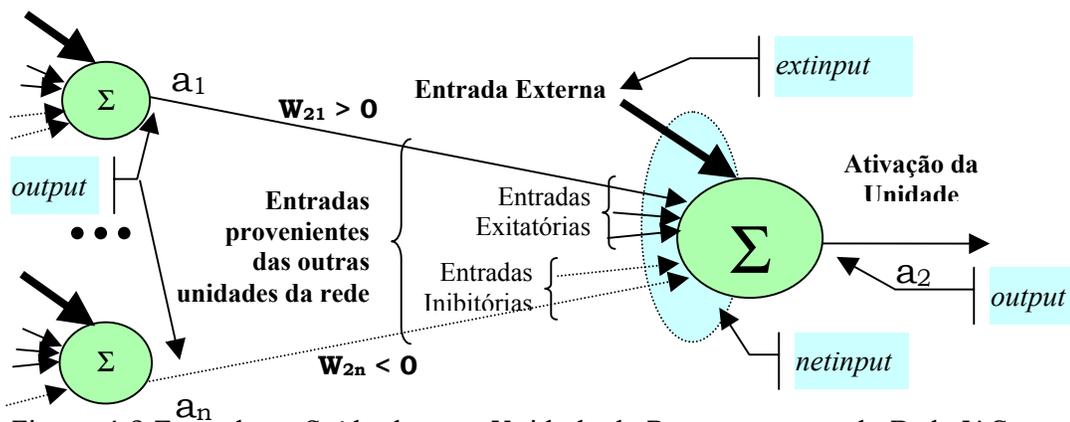


Figura 4.2 Entradas e Saída de uma Unidade de Processamento da Rede IAC

Os neurônios em uma rede IAC mudam suas ativações conforme uma função que considera tanto a ativação atual do neurônio como também as entradas da rede procedentes de outros neurônios e da entrada externa. Para calcular a entrada efetiva de um neurônio particular (neurônio_i), chamada *netinput*, calcula-se a soma da influência de todos os neurônios da rede, conectados ao neurônio_i mais a entrada externa, conforme a figura 4.8. A influência de um neurônio (neurônio_j) é o produto da saída do neurônio (*output_j*), vezes o peso da conexão entre o neurônio_i e o neurônio_j. Então a entrada efetiva de um neurônio_i é dada por (McCLELLAND, 1986):

$$Net_i = \sum_j w_{ij} output_j + extinput_i \quad (4.1)$$

Onde:

Net_i : Soma das entradas de uma unidade i ($netinput$)

w_{ij} : Peso da conexão entre a unidade j e a unidade i

$output_j$: Saída da unidade j

$extinput_i$: Entrada externa

Uma vez que a entrada de um neurônio ($netinput$) é calculada, esta mudará a ativação dos neurônios seguintes conforme as expressões a seguir:

$$\text{Se } net_i > 0 : \Delta a_i = (Max - a_i) net_i - decay(a_i - rest) \quad (4.2)$$

$$\text{Se } net_i \leq 0 : \Delta a_i = (a_i - min) net_i - decay(a_i - rest) \quad (4.3)$$

O ANEXO II apresenta o algoritmo de ativação dos neurônios da rede. Note que nesta equação, Max , min , $rest$, e $decay$ são todos parâmetros. Em geral, os valores são $Max = 1$, $min \leq rest \leq 0$ e $decay$ está entre 0 e 1. Note, também, que a_i assume valores para iniciar e para se estabilizar entre o intervalo $[min, max]$. Os parâmetros podem ser definidos pelo usuário. O significado destes parâmetros é brevemente explicado a seguir (McCLELLAND, 1986):

Max: Valor máximo que pode alcançar a ativação de uma unidade;

Min: Valor mínimo que pode alcançar a ativação de uma unidade;

Rest: Nível de ativação de repouso para o qual as ativações tendem a estabelecer-se na falta de uma entrada externa;

Decay: Taxa de decaimento, o qual determina a força da tendência de retorno ao nível de ativação de repouso;

Estr: Gradua a força das entradas externas;

Alpha: Gradua a força das entradas excitatórias sobre as unidades provenientes de outras unidades da rede;

Gamma: Gradua a força das entradas inibitórias sobre as unidades provenientes de outras unidades da rede.

Observa-se que o ideal seria a possibilidade de atribuir valores separados específicos a estes parâmetros para cada unidade. O modelo IAC não permite isto e os parâmetros afetam toda a rede.

A seguir serão feitas algumas suposições com relação à entrada do neurônio, verificando o que acontece com o passar do tempo com a equação de Δa_i (Equação 4.2) : supondo que o $netinput$ seja fixado com valor positivo. Então,

pode ser observado que Δa_i ficará cada vez menor quando a ativação for ficando maior. Para alguns valores de ativação do neurônio, Δa_i será negativo. Agora, considerando-se que o valor da ativação do neurônio seja igual ao valor de repouso do neurônio, valor *rest*, Δa_i será $(-decay)(max-rest)$. Entre estes extremos há um valor de equilíbrio para a_i , onde Δa_i é igual a zero. Para se encontrar o valor de equilíbrio de a_i , considera-se $\Delta a_i = 0$ e utiliza-se as seguintes equações:

$$0 = (\max - a_i)net_i - decay(a_i - rest)$$

$$0 = (\max)net_i + (rest)decay - a_i(net_i + decay) \quad (4.4)$$

$$a_i = \frac{(\max)(net_i) + (rest)(decay)}{(net_i + decay)}$$

Usando $\max = 1$ e $rest = 0$, a expressão fica simplificada em:

$$a_i = \frac{(net_i)}{(net_i + decay)} \quad (4.5)$$

A equação indica que a ativação de um neurônio irá se equilibrar quando o seu valor for igual a razão do *netinput* pela *netinput* mais o valor de *decay*. Observa-se que em um sistema onde a ativação dos outros neurônios está continuamente mudando, não há garantia de que a ativação de um neurônio se estabilize completamente, embora na prática isto freqüentemente aconteça.

A Equação 4.5 indica que o equilíbrio da ativação de um neurônio sempre aumenta quando o *netinput* aumenta, porém, o valor nunca pode ser maior do que 1 ou, em um caso geral, maior que *max*, caso o valor do *netinput* cresça muito. Então, *max* é sem dúvida o limite superior da ativação de um neurônio. Para valores pequenos do *netinput*, a equação é aproximadamente linear, pois, $x/(x+c)$ é aproximadamente igual a x/c para x suficientemente pequeno.

Pode-se perceber que o termo *decay* na Equação 4.5 está atuando como uma força de restauração que tende a trazer o valor da ativação do neurônio de volta para 0 ou para o valor *rest*, no caso geral. Este parâmetro é algumas vezes denominado esquecimento da rede, já que tende a devolver a ativação dos neurônios ao estado inicial. Para um valor maior do termo *decay*, esta força é maior, o que implica que o nível para o qual a ativação do neurônio alcança o equilíbrio é menor.

Uma análise similar à anterior, mas com um *netinput* negativo pode ser realizado. Esta análise demonstra que o equilíbrio na ativação obtida neste caso depende do valor *min*: a inibição é mais forte e diminui mais rapidamente a ativação quando *min* é menor.

Como a competição acontece

A complexidade do processo de ativação interativa e competitiva se deve a que o *netinput* de uma unidade muda conforme essa unidade e as outras unidades a ela conectadas respondem às mudanças de seus *netinputs*. Um efeito disto, dentro de um mesmo pool, é uma diferença amplificada do *netinputs* da unidade. Considerando duas unidades *a* e *b* que estão em competição, e ambas estão recebendo alguma entrada excitatória externa, mas que a entrada excitatória para *a* (e_a) é maior que a entrada excitatória para *b* (e_b). O símbolo γ representa a força da inibição (peso) que cada unidade exerce sobre a outra. Então o *netinput* para *a* é:

$$Net_a = e_a - \gamma \left(output_b \right) \quad (4.6)$$

e o *netinput* para *b* é:

$$Net_b = e_b - \gamma \left(output_a \right) \quad (4.7)$$

Enquanto a ativação fica positiva, $output_i = a_i$, tem-se que

$$Net_a = e_a - \gamma a_b \quad (4.8)$$

$$e, Net_b = e_b - \gamma a_a \quad (4.9)$$

Das equações 4.8 e 4.9, observa-se que a unidade *b* tende a estar em desvantagem desde que a força de excitação da entrada externa de *a* tende a dar para *a* uma ativação inicial maior. A ativação de *a* é maior que a de *b*, portanto aumenta a inibição de *a* sobre *b*, frente à inibição de *b* sobre *a*. Isto é, as unidades com pequenas vantagens iniciais, em relação a sua entrada externa, amplificam suas vantagens em relação a seus competidores que possuíam vantagens iniciais menores.

Devido as características intrínsecas deste modelo de rede, ela pode ser considerada como uma metáfora do raciocínio humano (BURTON et al.,1992).

Modelo de Azevedo

A rede IAC modelo de Azevedo foi inspirada no modelo de IAC proposto por Rumelhart e McClelland. Neste modelo, permitem-se conexões, não somente entre pools de unidades visíveis e escondidas, mas também entre pools de unidades visíveis, ou seja o Modelo de Azevedo permite a existência de relações diretas entre todos os pools e, eventualmente, não se faz necessário o pool escondido, como visto na figura 4.9 (de AZEVEDO et al., 2000).

Estas conexões são também bidirecionais, criando um processo interativo onde o processamento de cada pool influi e é influenciado pelo processamento dos demais grupos. Os pesos sinápticos estão compreendidos no intervalo $[-1,1]$, permitindo um ajuste maior da força da relação entre os conceitos ou hipóteses representados pelas unidades.

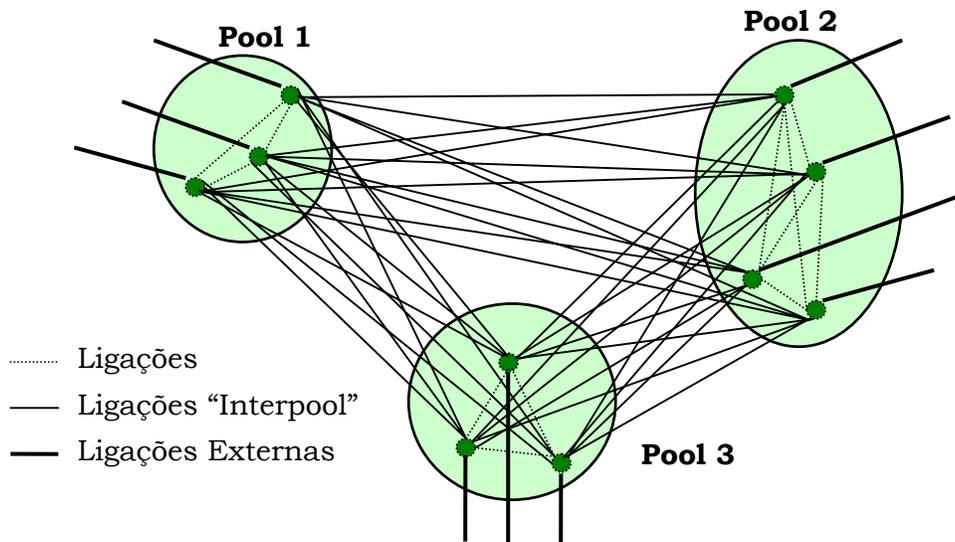


Figura 4.3 Topologia de uma rede IAC modelo de Azevedo

O problema principal da rede IAC modelo de Azevedo é a necessidade de um mecanismo de aprendizagem. Observa-se que no modelo original IAC, os pesos somente assumem 3 valores $\{-1, 0, 1\}$ e é muito bem definido quando é necessário cada valor. Portanto, este modelo não precisa de um algoritmo de aprendizagem. Por outro lado, os pesos no modelo de Azevedo pertencem ao intervalo $[-1, 1]$, o que implica a necessidade de um algoritmo de aprendizagem

que permita determinar os melhores valores, melhorando assim a resposta da rede. Este algoritmo não foi até o momento desenvolvido. Uma possível solução seria utilizar algoritmos genéticos para otimizar os pesos e os parâmetros da rede. No entanto, neste trabalho preferiu-se utilizar um procedimento semelhante àquele utilizado em sistemas especialistas, na definição dos fatores de certeza, ou seja os pesos representam a crença que o especialista tem do valor da relação entre os conceitos representados pelos neurônios da rede.

5. MECANISMO DE ADAPTAÇÃO

A pesquisa bibliográfica permitiu selecionar quais estratégias e táticas pedagógicas serão incorporadas à presente pesquisa. Estas permitiram delimitar o problema, definindo as variáveis envolvidas e suas relações. Este capítulo descreve a terceira etapa do projeto, ou seja, como o problema foi modelado computacionalmente, focalizando especificamente a implementação do mecanismo de adaptação da interface. Para isto, é apresentado um estudo de caso que permitiu materializar as variáveis e realizar testes com vistas a comprovar o funcionamento de algumas ferramentas tecnológicas. O mecanismo de adaptação orchestra o trabalho do sistema e controla os fluxos de informação que circulam entre todos os módulos. Para uma tomada de decisões baseadas em critérios pedagógicos, devem ser implementados os conhecimentos sobre as relações entre as variáveis do problema. Desta forma o sistema pode tomar decisões sobre como e que conteúdos devem ser oferecidos ao aprendiz, em cada situação. No presente capítulo serão apresentados os testes e simulações que foram desenvolvidos com o objetivo de verificar se uma rede neural de tipo IAC pode modelar o problema.

5.1 Estudo de Caso

O estudo de caso foi projetado para satisfazer as necessidades educativas de portadores de Diabetes Mellitus. Como será apresentado a seguir, o sistema deve se adaptar às necessidades de portadores do distúrbio, de suas famílias, dos profissionais da saúde, etc. o que ressalta a necessidade de personalização das informações oferecidas nas atividades pedagógicas.

5.1.1 Diabetes Mellitus

O Diabetes Mellitus (DM) é uma condição crônica caracterizada por alterações metabólicas decorrentes da secreção deficiente de insulina, o que acarreta um desequilíbrio da homeostase do controle glicêmico (ARDUINO, 1980; TORRES, 1992). A insulina é um hormônio produzido pelo pâncreas que permite a utilização da glicose pelas células musculares e o fígado. O processo denominado “metabolismo do açúcar” permite a utilização da glicose para a geração da

energia vital para o funcionamento das células. A ausência de insulina impede o metabolismo do açúcar. Esta é acumulada no sangue provocando uma série de sintomas e de complicações a longo ou médio prazo.

Existem dois tipos de DM. O Tipo 1, também denominado Diabetes Mellitus Insulino Dependente (Insulin Dependent Diabetes Mellitus, IDDM) atinge, geralmente, pessoas com idade entre 0 e 30 anos, principalmente na adolescência. Neste caso, o organismo não produz insulina, pelo que é preciso injetar insulina para garantir a utilização da glicose. O Tipo 2, inicialmente não insulino dependente (Non Insulin Dependent Diabetes Mellitus, NIDDM) atinge geralmente uma população com mais de 40 anos e é tratada com medicação oral anti-diabética. Neste tipo de diabetes, o organismo ainda secreta insulina, mas esta não é suficiente ou não pode atuar normalmente. Além destes dois tipos, existe o Diabetes Secundário que está associado a outras condições, tal como o diabetes gestacional. Do total de casos de diabetes, a incidência de cada tipo é diferente. 90% do total de casos são do Tipo 2. De 5 à 10% dos casos são do Tipo 1. Aproximadamente 2% dos casos são do tipo secundário (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1996).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), há no mundo 150 milhões de diabéticos. Até o ano 2025 deverão ser 300 milhões. Estima-se que no Brasil existam 5 milhões de diabéticos, sendo 140 mil somente em Santa Catarina. Do total dos casos, metade desconhece o seu diagnóstico. Em termos da América Latina, segundo a “Declaração das Américas sobre Diabetes”, em 2010 estima-se que o número de casos atingirá 45 milhões. Os fatores que influenciam este aumento são a urbanização e a industrialização, o maior sedentarismo da população, o aumento da frequência de excesso de peso, o aumento da esperança de vida da população em geral e, em especial, das pessoas diabéticas. Os pacientes diabéticos estão continuamente em risco de desenvolverem as condições de hiperglicemia (excesso de açúcar no sangue) as quais dão origem a inúmeras complicações, ou de hipoglicemia (falta de açúcar no sangue) que se não tratada adequadamente e de forma imediata, pode ocasionar o comprometimento da função cerebral conduzindo a inconsciência, coma ou mesmo a morte. São muitas as complicações derivadas do Diabetes Mellitus, entre elas a hipertensão, insuficiência renal, amputações de membros inferiores, problemas cardíacos, cegueira, etc. Estas complicações, além de diminuir a

vida produtiva da pessoa afetada, representam uma deterioração de sua qualidade de vida, assim como da qualidade de vida das pessoas de seu entorno. O DM atinge pessoas de qualquer condição sócio-econômica, educacional, cultural, etc., sendo como sempre, as pessoas com menores recursos as mais vulneráveis. A falta de recursos retarda o diagnóstico do distúrbio e dificulta o tratamento pela dificuldade de obter os materiais requeridos para a medicação e os exames que devem ser freqüentes e as dificuldades de acesso às informações necessárias para seu tratamento. A “Declaração das Américas sobre Diabetes” salienta que: “O diabetes, especialmente quando inadequadamente controlado, pode representar um pesado encargo econômico para o indivíduo e a sociedade. A maior parte dos custos diretos do diabetes relaciona-se com suas complicações, que muitas vezes podem ser reduzidas, retardadas, ou em certos casos evitadas. Dependendo do país, as estimativas disponíveis indicam que o diabetes pode gerar de 5% a 14% das despesas de atenção à saúde.”

5.1.2 STI para apoiar o Tratamento do DM

Como o DM é uma doença crônica é de vital importância que tanto os portadores de diabetes como as pessoas que convivem diariamente com eles, estejam familiarizados com as características da doença (ZAGURY, 1984). Em particular, hábitos e precauções, assim como o que fazer em caso de situações especiais, devem ser muito bem conhecidos. Os jovens devem ter consciência de como sua vida cotidiana precisa ser planejada e organizada para ter uma vida saudável. Desconhecer esta realidade representa uma das maiores dificuldades para a prevenção de complicações ou manejo correto das situações especiais.

Um grande estudo nos Estados Unidos, 'The Diabetes Control and Complications Trial' (DCCT, 1993), mostrou que a incidência de complicações decorrentes do DM é reduzida em 50%, se o controle glicêmico rigoroso for adotado. Os resultados do DCCT validaram o conceito de que um melhor controle metabólico pode reduzir significativamente as complicações microvasculares e neuropáticas. Os requisitos para o autocontrole do Diabetes estão compostos por dietas, exercícios e medicação. A combinação correta destes três elementos garante um bom controle da glicemia. A abordagem educativa tem como objetivo contribuir para o entendimento do tratamento, possibilitando a participação efetiva da pessoa portadora deste distúrbio. Segundo o diabetólogo e educador Elliot

Joslim, “A educação sobre o diabetes tem se tornado não só um elemento do tratamento, mas o próprio tratamento”.

O Grupo Multidisciplinar de Atendimento ao Diabético do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (GRUMAD/HU/UFSC) vê como uma necessidade básica o ensino para o portador jovem, e pessoas que convivem com ele, dos sintomas e cuidados, bem como dos tratamentos, exames clínicos e acompanhamento periódico que ele deve realizar. Uma proposta de Sistema Tutor Inteligente para auxiliar as pessoas diabéticas na convivência com este distúrbio metabólico, poderá contribuir para elevar o nível de educação e suporte, necessários para cada grupo que o utiliza, adequando-o às necessidades individuais. Utilizando ferramentas computacionais para a implementação do sistema, poderá ser criado um ambiente atraente e eficaz para transferir os conhecimentos desejados.

Os usuários alvo do sistema são pessoas portadoras de DM Tipo 1, crianças, adolescentes, adultos jovens e suas famílias. Apesar de ter menos incidência que o DM Tipo 2, foi escolhido o DM Tipo 1 porque as pessoas com este distúrbio deverão aprender a conviver com ele por um tempo muito longo, em alguns casos, toda a vida. Portanto, a intervenção educativa tem um impacto decisivo na qualidade de vida destas pessoas a médio e longo prazo. Estes portadores devem adquirir conhecimentos que lhes permitam manejar uma série de situações, com o objetivo de controlar os níveis de glicose no sangue, o que é fundamental para preservar o organismo das complicações derivadas da hiperglicemia. Como colocado na Introdução deste trabalho, eles devem se tornar especialistas em DM. Do sucesso do processo educativo depende o bem estar destas pessoas e de suas famílias.

Apesar de estar dirigido principalmente às pessoas diretamente afetadas pelo DM, o sistema também contempla outras pessoas que, de forma direta ou indireta, convivem com as primeiras. O sistema disponibiliza informações básicas, que podem ser utilizadas de forma a difundir conhecimentos sobre este distúrbio que afeta a cada dia mais pessoas. Isto favorece a criação de ambientes mais acolhedores, com menos preconceitos e idéias errôneas sobre o distúrbio, contribuindo assim a uma melhor inserção social e segurança da pessoa diabética.

A grande heterogeneidade do grupo de pessoas alvo deste sistema impõe flexibilidade e adaptabilidade do processo de ensino-aprendizagem, de forma a disponibilizar informações compatíveis com suas características cognitivas e apropriadas para sua realidade e entorno. Trata-se de propiciar uma transferência de conhecimentos mais efetiva e permitir que as informações oferecidas sejam mais significativas e possam ser aplicadas com maior facilidade a contextos reais. O processo deve, por tanto, identificar o usuário antes de tomar decisões sobre o que apresentar e como fazê-lo.

5.1.3 Estrutura dos Conteúdos

Para lograr seus objetivos educativos, o sistema apresenta informação fisiológica e clínica detalhada sobre a doença. O sistema pode deixar aberta a possibilidade de desenvolver futuros módulos para veicular o conhecimento sobre o Diabetes a profissionais da área de saúde, tais como: enfermeiras, estudantes de medicina, etc. A informação e conhecimentos foram extraídos de diversos manuais e outras fontes de informação como Internet, assim como da experiência pedagógica e profissional dos membros do GRUMAD que participam do projeto.

Conteúdo

Na tabela 5.1 estão descritos os conteúdos que foram selecionados para formar o domínio do sistema. As unidades são temas gerais que são apresentados mediante temas mais específicos que foram denominados Tópicos. Acessar uma Unidade equivale a acessar todos os tópicos nela contidos.

Tabela 5.1 Estrutura do Conteúdo do Sistema

	UNIDADES	TÓPICOS
1	Descrição do Diabetes Mellitus	Origens do Nome Explicação fisiológica Os diferentes tipos de DM Causas Estatísticas História do descobrimento do DM

2	Sintomas do Diabetes Mellitus	Fisiologia da Hiperglicemia Causas Sintomas e Sinais O que fazer em caso de... Como evitar Conseqüências da Hiperglicemia Fisiologia da Hipoglicemia Causas ... Fisiologia da Cetoacidose Causas ...
3	Complicações do Diabetes Mellitus	Sistema Cardiovascular Sistema Nervoso Olhos Rins Pé diabético
4	Importância de Conhecer o Diabetes Mellitus	Fisiologia do Controle Situações de risco Etapas psicológicas Fases do Diagnóstico Componentes do tratamento
5	Controle do Diabetes Mellitus	Objetivos do Controle Vida Saudável e Qualidade de Vida Regras Básicas Componentes do Controle
6	Alimentação	Importância da Alimentação Principais Nutrientes Processo Fisiológico da Alimentação Princípios da Alimentação Saudável Planejamento da Alimentação Situações Especiais Aspectos Importantes Trilogia: Alimentação-Medicação-Exercício
7	Exercício Físico	Importância do Exercício Tipos de Exercício Processo Fisiológico do Exercício Planejamento do Exercício Precauções Especiais Aspectos Importantes Trilogia: Alimentação-Medicação-Exercício
8	Medicação	Objetivo da Medicação Apresentação da Insulina Processo Fisiológico da Medicação Aplicação de Insulina Planejamento da Medicação Situações Especiais Trilogia: Alimentação-Medicação-Exercício
9	Exames	Importância dos Exames Diferentes Variáveis e seus Indicadores Diferentes Produtos Fisiologia dos Exames Planejamento e Registro dos Exames O que fazer em caso de... Situações Especiais

10	Situações Especiais	Gravidez Doença Viagens Esportes Puberdade
11	Aspectos Sociais	Na Escola No Trabalho Aspectos Legais (direitos e deveres) Associações de Diabetes Mellitus Atendimento nos Postos de Saúde Como obter mais Informações Problemas de Discriminação Problemas de Recursos Econômicos Culturas e Diabetes Mellitus Convivendo com os Amigos Convivendo com uma Pessoa Diabética

Pode ser observado que não somente foi considerada informação fisiológica e clínica do Diabetes Mellitus. Informações sobre aspectos mais gerais, como aspectos sociais envolvidos no distúrbio e a importância da educação, também foram considerados. Estes aspectos têm por objetivo oferecer informações de apoio à convivência pessoal com o diabetes, tentando resgatar elementos psicológicos e emocionais que formam parte da convivência (SILVA, 2001). Estes elementos estão presentes em todo o processo educativo. Os portadores e suas famílias passam por etapas muito diversas e complexas como, por exemplo, a negação, a rebelião e a depressão (VERSTEGEN, 1996; DANEMAN et al, 1999). Somente em um contexto de aceitação do distúrbio pode haver aceitação do tratamento e predisposição para a aprendizagem. As etapas psicológicas não são seqüenciais e algumas já superadas podem voltar a aparecer, pelo que um processo de ensino-aprendizagem deve tomar em consideração estes elementos, porque eles afetam diretamente a aprendizagem.

Interesses

Foram definidos 7 tipos de interesse. Cada usuário pode selecionar um interesse particular, relacionado com suas inquietudes. Como explicado no Capítulo 4, os interesses permitem criar uma hierarquia dos conteúdos, de forma a ressaltar alguns aspectos específicos da matéria, aspectos que foram considerados relevantes para o usuário. Os interesses funcionam como um filtro para as informações disponíveis. Embora 7 interesses não englobem todos os aspectos contidos nos conteúdos antes definidos, é um número aceitável para implementar os testes.

Os interesse são apresentados na tabela 5.2, junto com as unidades que contêm as informações a eles relacionadas. Portanto, ao selecionar um dos interesses apresentados nesta tabela, o sistema disponibilizará ao aprendiz as unidades correspondentes.

Tabela 5.2 Descrição dos Interesses disponíveis no sistema.

	INTERESSE	UNIDADES
1	O que é o Diabetes Mellitus?	1.- Descrição do Diabetes Mellitus 2.- Sintomas do Diabetes Mellitus 3.- Complicações do Diabetes Mellitus 5.- Controle do Diabetes Mellitus
2	Como controlar a Glicemia?	2.- Sintomas do Diabetes Mellitus 5.- Controle do Diabetes Mellitus 6.- Alimentação 7.- Exercício Físico 8.- Medicação 9.- Exames
3	O que fazer em caso de sinais preocupantes?	2.- Sintomas do Diabetes Mellitus 8.- Medicação 9.- Exames
4	Como conviver com o Diabetes Mellitus?	4.- Importância de Conhecer o Diabetes Mellitus 10.- Situações Especiais 11.- Aspectos Sociais
5	Porque devo saber o que é o Diabetes Mellitus?	4.- Importância de Conhecer o Diabetes Mellitus 11.- Aspectos Sociais
6	Como planejar uma alimentação adequada?	5.- Controle do Diabetes Mellitus 6.- Alimentação
7	Não tenho interesse específico.	Todas as unidades ficam disponíveis. É preciso usar outros critérios para a seleção dos conteúdos.

5.1.4 Definição das Variáveis

Cada problema específico possui um conjunto próprio de variáveis que o definem. A definição das variáveis é uma tarefa essencial: uma adequada definição aumenta a confiabilidade da representação do problema. No caso de um sistema para educação em DM, o conjunto de variáveis consideradas é apresentado a seguir.

Características Consideradas

Consideraram-se todas as características definidas no capítulo anterior, exceto a Cultura, o Nível Sócio-econômico e o Sexo do aprendiz. Isto porque se procurou reduzir o problema com vistas a se focalizar no projeto e facilitar a implementação dos testes. Portanto, as variáveis que definem o aluno e que serão utilizadas nos testes estão apresentadas na tabela 5.3.

Tabela 5.1 Características incorporadas aos testes

GRUPOS	CARACTERÍSTICAS	QUANTIDADE
Estágios de desenvolvimentos	Pré - operacional (PreOp); Operacional Concreto (OpC); Operacional Formal (OpF).	3
Interesses	Interesse 1(Int1); Interesse 2 (Int2) ... Interesse 7 (Int7)	7
Inteligências Múltiplas	Lógica - matemática (L/M); Musical (MUS); Cinestésica (CIN); Interpessoal (INTP); Ecológica (ECO).	5
Estilos de Aprendizagem	Ativos (ACT); reflexivos (REF); sensoriais (SEN); intuitivos (INT); visuais (VIS); verbais (VRB); seqüenciais (SEQ); globais (GLO).	8
Unidades	Conteúdo1 (Cont1)... Conteúdo11 (Cont11)	11
Fases	Fase1; Fase2	2
TOTAL	CARACTERÍSTICAS	36

Destas Inteligências, somente 5 serão pesquisadas, na Atividade de Diagnóstico devido a que as inteligências Verbal e Visual são pesquisadas no Questionário 2 e que a Inteligência Intrapessoal não apresenta uma influência direta e significativa com a Interface da Atividade Pedagógica. Esta inteligência é mais facilmente atingida através da seleção de conteúdos que tratem de temas intrapessoais.

Uma característica especial, relacionada à problemática da saúde, foi adicionada às características antes mencionadas. Trata-se da Fase de diagnóstico. Ela mede o tempo que transcorreu desde que o aprendiz (pessoa com diabetes ou familiar) passou a conhecer o diagnóstico. Quando se trata de atender um processo de aprendizagem na área da saúde, esta informação é muito importante para identificar as necessidades do aprendiz, do ponto de vista dos conteúdos (OLIVEIRA et al., 2000). Considera-se que um aprendiz numa fase inicial conhece pouco sobre o distúrbio, pelo que informações consideradas prioritárias devem ser disponibilizadas a ele.

No caso do Diabetes, uma pessoa recentemente diagnosticada precisa restabelecer o mais rapidamente possível, os níveis de glicemia ao normal. Portanto toda a informação referente a este objetivo deve ser disponibilizada. Já em fases mais avançadas, o processo de seleção dos tópicos pode ser guiado pelos interesses específicos do aprendiz. A fase fornece, portanto, outro critério para hierarquizar os conteúdos a serem expostos pelo Tutor devido a que há informações críticas que devem ser transmitidas o mais cedo possível e outras que podem ser expostas numa fase posterior.

O sistema considera duas fases: a fase 1, ou diagnóstico recente, e fase 2, ou fase de convivência com o distúrbio. No projeto foi estabelecido que as fases terão

menos influência que os interesses para determinar os conteúdos. Desta forma, as unidades referentes aos interesses serão fortemente ativadas e as unidades referentes às fases serão ativadas, mas de forma mais fraca.

Atributos Considerados

Os atributos Cenário e Exemplos foram descartados da implementação original. Os atributos considerados são apresentados na tabela 5.4.

Tabela 5.2 Atributos incorporados aos testes

GRUPOS	ATRIBUTOS	QUANTIDADE
Unidades	Conteúdo1 (Cont1); Conteúdo2 (Cont2) ... Conteúdo11 (Cont11)	11
Mídia	Texto (TXT), Fala (FAL), Som (SOM), Música (MUS), Vídeo (VID), Animações (ANI), Imagens (IMG), Personagens Animadas (PER)	8
Atividades	Exemplos (AEX), Perguntas-Respostas (APER), Dicionário/Enciclopédia (ADIC), Exercícios e Resolução de Problemas (ARES), Jogos (AJOG), Explicação Sequencial (ASEQ), Ambiente de exploração (ACON).	7
Navegação	Livre (NL), Predeterminada (NP)	2
Interatividade	Alta (IA), Baixa (IB)	2
TOTAL	ATRIBUTOS	30

5.2 Implementação do Mecanismo de Adaptação

Dentro das pesquisas sobre Interfaces Adaptáveis as Redes Neurais começam a ser estudadas para implementar os mecanismos de adaptação deste módulo. Em NONG YE (1997) pode ser encontrado uma análise destes sistemas e um estudo comparativo de vários tipos de rede e seu rendimento.

No capítulo anterior, foi definido o problema mediante um conjunto de variáveis e suas relações e foi explicada a estrutura e funcionamento das redes neurais de tipo IAC. A partir destas duas definições, observou-se que existe um nível muito alto de similaridade entre o problema colocado e a abordagem neural de tipo IAC. O problema pode ser modelado implementando as variáveis como unidades visíveis de uma rede IAC e as relações como valores de ligações entre as variáveis. Os fatores que caracterizam o problema e sua equivalência em uma rede neural de tipo IAC são apresentados na seção a seguir.

5.2.1 Justificativa do uso de uma rede IAC

A rede escolhida para implementar o mecanismo de adaptação deveria apresentar, entre outras características:

- Ser dinâmica para poder representar a dinamicidade do STI formalizado como autômata. A rede deve portanto armazenar os sucessivos estados do sistema.
- Implementar o funcionamento de uma Memória Associativa, devido a que é preciso que a ativação de uma característica ou atributo aja sobre os demais.

Além de apresentar estas características, as Redes Neurais de tipo IAC apresentam outros aspectos considerados indispensáveis para a representação do problema proposto. Estes são explicados a seguir.

Para lograr seus objetivos, o sistema deve ter conhecimentos sobre as relações entre as características do aprendiz e os atributos da interface. Quando é detectada uma característica específica no aprendiz, este conhecimento permite ao sistema determinar que atributos devem ser selecionados. Mas, quando é ativado um atributo da interface, este conhecimento também permite identificar as características relacionadas a ele. Desta forma, as relações entre características e atributos são bidirecionais. Portanto o conhecimento sobre as relações permite, em um sentido, configurar as saídas e, em sentido inverso, identificar as características do aprendiz, ou seja, configurar o Modelo do Aluno. Se as relações entre as variáveis são implementadas como ligações entre unidades de uma rede neural IAC, a bidirecionalidade é garantida, pois todas as ligações são bidirecionais neste tipo de rede.

O problema colocado está formado por um conjunto de variáveis que formam grupos dentro dos quais as variáveis tendem a competir. Em cada grupo de características, uma característica predomina sobre as demais (por exemplo um estágio ou um interesse é mais acentuado que os outros). Nos atributos, esta situação não é tão acentuada, mas também existe: a identificação de uma característica faz com que somente alguns atributos se ativem em cada grupo. Quanto maior o domínio de uma característica, mais exata será a configuração dos atributos correspondentes na saída e inversamente. Portanto é preciso salientar a competição entre as variáveis de um mesmo grupo para melhorar a obtenção dos resultados. Isto equivale a melhorar a seletividade do sistema e é compatível com a noção de estereótipos. Se os grupos de variáveis são implementados como pools de uma rede IAC, esta competitividade dentro dos pools é garantida pela arquitetura da rede.

Para obter os atributos da interface, devem ser processadas simultaneamente todas as características do aprendiz e, inversamente, quando são procuradas as

características, devem ser processados simultaneamente todos os atributos. Portanto o problema colocado requer um mecanismo de processamento paralelo. Como toda rede neural, a rede IAC realiza um processamento paralelo das entradas.

A identificação de aprendizes é uma tarefa inerentemente incerta, devido às limitações das ferramentas de diagnóstico e às incertezas dos pressupostos pedagógicos que, em muitas ocasiões, deixam em aberto elementos do processo. Por outra parte, as características dos aprendizes não podem ser determinadas de forma “crisp” (como existente ou não existente), mas devem ser quantificadas, por exemplo, com valores fuzzy. Isto implica uma gama muito ampla de possibilidades de combinações nas entradas e saídas. O tratamento desta quantidade de possibilidades seria muito complexo com uma abordagem diferente à abordagem conexionista. Como toda rede neural, a rede de tipo IAC trabalha com incertezas. Isto permite obter resultados razoáveis nas saídas tanto com dados incompletos nas entradas como com entradas incertas.

Nã o se dispõe de exemplos que permitam extrair o conhecimento das relações entre características e atributos em um aprendiz. Portanto, este não pode ser obtido a partir de casos reais e sim a partir da interpretação das teorias pedagógicas consideradas no estudo. Por esta razão o conhecimento sobre as relações não é estático nem fechado, mas varia para cada educador. Com efeito, segundo o paradigma que predomine e segundo a experiência pedagógica do educador, as concepções sobre como se relacionam as variáveis do processo são diferentes. O conhecimento armazenado numa rede de tipo IAC é diretamente inserido nos pesos da rede, sem um processo de aprendizagem. Desta forma a falta de grupos de treinamento não limita o uso desta rede e permite que as ligações sejam configuradas segundo os pressupostos dos projetistas do sistema. Como o problema tratado depende de pressupostos pedagógicos que são geralmente diferentes nos educadores, o sistema deve ser flexível e assumir estas diferenças. O mecanismo de implementação das relações entre características e atributos deve, portanto, permitir a inclusão ou a exclusão de variáveis e permitir mudar a força das relações, segundo as concepções dos educadores responsáveis pelos processos de ensino-aprendizagem. Na arquitetura IAC, a organização dos neurônios em pools, permite que, sem mudar o restante da rede, possam ser incorporados e eliminados de forma simples, pools ou unidades, inserindo ou

eliminando linhas e colunas da matriz dos pesos. Além disto, trabalhando diretamente no valor dos pesos, podem ser mudadas as forças das relações entre as variáveis, o que permite ajustes as configurações iniciais das relações entre as variáveis.

Tendo em mente a compatibilidade entre o problema proposto e as redes de tipo IAC, considerou-se que estas poderiam se adaptar ao problema colocado e, portanto, deveria ser realizado um estudo mais aprofundado sobre a utilização desta ferramenta para implementar o Módulo Tutor de um STI. Um estudo foi, portanto, realizado implementando uma rede IAC e analisando seu comportamento, uma vez que ela armazena conhecimento sobre as relações entre as características e o atributos. Os resultados deste estudo estão detalhados a seguir.

5.2.2 Estrutura dos Testes

Foi realizada uma serie de testes com o objetivo de verificar se a rede tem capacidade para armazenar e processar corretamente as relações entre características e atributos. Para isto, foram analisados dois modelos de rede IAC, o modelo de Rumelhart e o modelo de Azevedo. Nos dois casos foram apresentadas à rede diversas entradas e foi analisada a coerência das respostas na saída. Analisou-se, em particular, se as relações estabelecidas entre as características e os atributos são respeitadas.

Como mencionado no Capítulo 4, a dificuldade desta tarefa reside no fato que as respostas do problema não são lineares. As características influem de forma diferente sobre os atributos quando ativadas simultaneamente do que quando ativadas separadamente. Por exemplo, se a característica Interesse 1 é ativada sozinha, ela ativa os atributos Conteúdos 1, 2, 3 e 5, como foi mostrado na tabela 5.2. Porém, se ela é ativada junto com a característica Pré-operacional, ela não ativa o conteúdo 3, devido a que este conteúdo não foi considerado adequado para crianças pré-operacionais. Portanto, se as características pré-operacional e Interesse 1 estão ativas e o conteúdo 3 não é ativado, apesar de estar relacionado à característica Interesse 1, considera-se que o resultado está correto, pois é coerente com os pressupostos.

Portanto, para determinar se a rede está respondendo adequadamente às entradas, cada resposta da rede é analisada individualmente, verificando o

cumprimento das relações entre variáveis. Esta análise permite determinar se a saída é ou não consistente com os pressupostos estabelecidos nas relações e cujo conhecimento está armazenado nos pesos da rede IAC.

Implementação das Redes

As redes IAC que foram implementadas para testar as entradas anteriores, foram criadas em Matlab (The MathWorks Inc.). A tela principal do sistema é apresentada na figura 5.1. Na figura 5.2 é apresentada a tela que permite ativar ou desativar unidades independentemente. Embora este sistema tenha sido desenvolvido unicamente com o objetivo de implementar os testes sobre as redes IAC, ele tem uma interface amigável que permite de forma interativa:

- modificar os parâmetros da rede;
- selecionar o número de ciclos de processamento;
- ativar ou desativar unidades visíveis da rede;
- visualizar gráficos do comportamento das unidades selecionadas;
- visualizar e modificar os pesos da rede;
- iniciar e reinicializar o processamento;
- processar seqüências de entradas.
- aprender novos exemplos (um mecanismo de aprendizagem, extraído de BURTON (1994) e baseado no postulado de Hebb (HAYKIN, 2001), foi criado. Comprovou-se que este mecanismo incorpora corretamente novos exemplos à rede. No entanto, sua análise não foi aprofundada na presente etapa. A opção de aprendizagem ficou disponível para futuras pesquisas).

Uma vez realizados os testes às seqüências de entradas definidas, as respostas são analisadas uma a uma, com o objetivo de:

- verificar que a ativação de um conjunto de características ative os atributos (teste $C \rightarrow A$), de forma conseqüente com as relações estabelecidas.
- se o anterior se cumpre, verificar que a ativação de um conjunto de atributos ative as características (teste $A \rightarrow C$), conseqüentemente às relações.
- se o anterior se cumpre, verificar que as variações nos atributos, em tempo de execução, modificam o Modelo do Aluno de forma conseqüente com as relações estabelecidas.

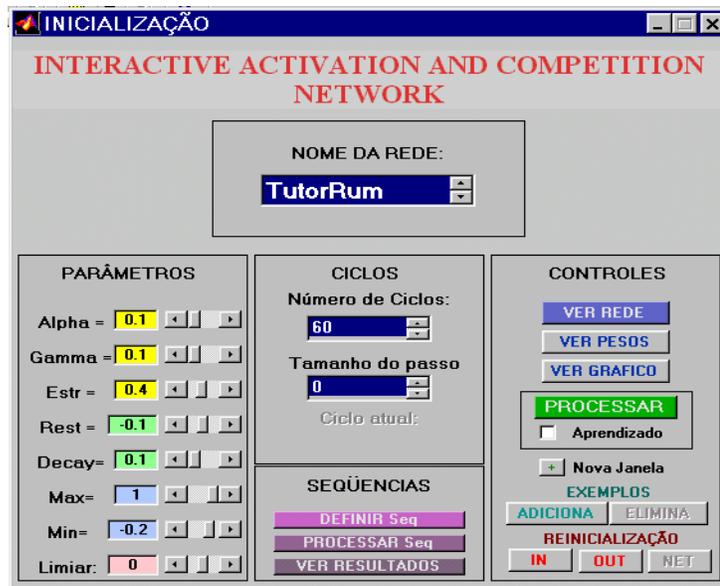


Figura 5.1 Tela Principal do sistema para processamento da Rede IAC

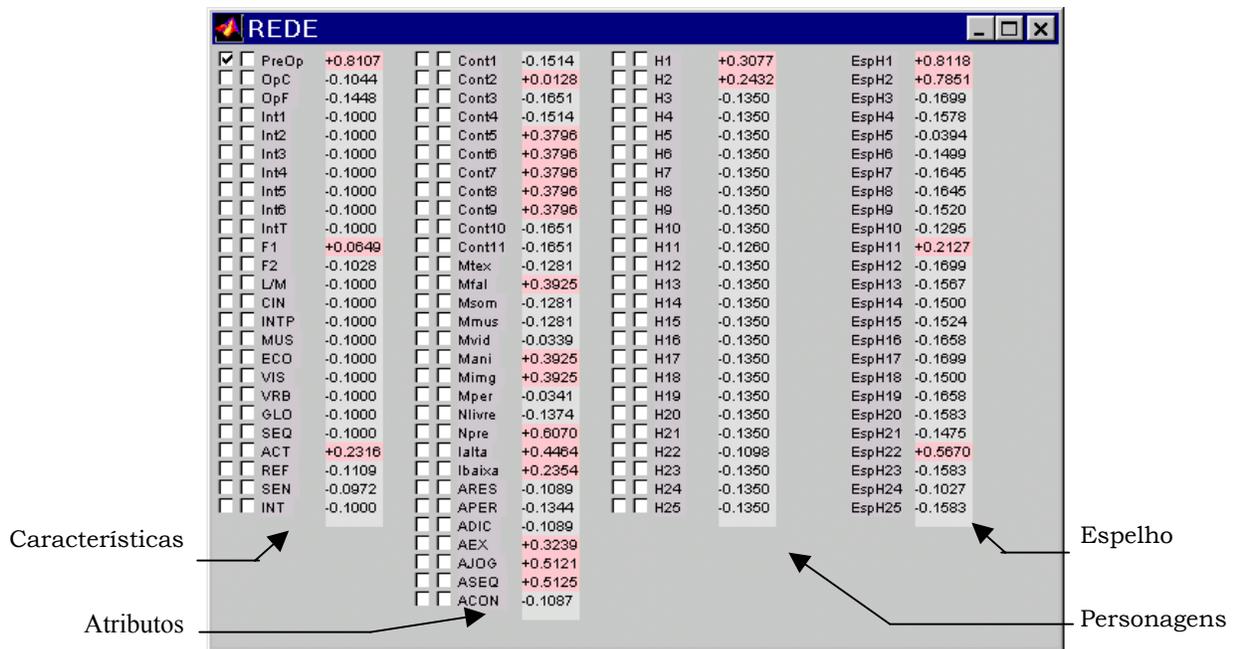


Figura 5.2 Tela de configuração das entradas e visualização das respostas da Rede IAC.

Configuração das Entradas

Para simplificar o processo de teste, foram consideradas entradas que podem tomar unicamente os valores -1, 0 ou 1. Isto diminui drasticamente o número de

possibilidades de combinações de entradas, pelo fato de não considerar valores intermediários. O parâmetro *estr* que pondera a influência das entradas na rede IAC foi colocado em 0.4. Este valor reduz a força das entradas ativadas com 1. Uma vez que se utilizem valores no intervalo [-1,1] nas entradas, este parâmetro pode aumentar, para aumentar a influência das entradas.

Por outra parte, para formar as entradas dos testes, nem todas as combinações das características foram consideradas. Com efeito, como em crianças pré-operacionais e operacionais concretas não são pesquisadas as Inteligências Múltiplas nem os Estilos de Aprendizagem, o número de combinações diminui, nestes casos. Portanto, o conjunto total de entradas foi determinado da forma a seguir:

- Para aprendizes pré-operacionais e operacionais concreto foram consideradas as características interesses e fase. A combinação dessas características dá 14 tipos de entradas diferentes para cada estágio.
- Para aprendizes operacionais formais, todas as características são consideradas, pelo que o número de possibilidades na entrada aumenta para 1120.

Na tabela 5.5, são apresentados os resultados das combinações válidas de características para cada estágio de desenvolvimento. Por exemplo, a primeira combinação do estágio pré-operacional é PreOp-Int1-Fase1, o que significa que as unidades que representam essas variáveis serão ativadas com 1 e todas as demais entradas permanecerão em 0.

Tabela 5.1 Combinações das Características para cada Estágio

Pré-Operacional	Operacional Concreto	Operacional Formal
1. PreOp - Int1 - Fase 1	1. OpC - Int1 - Fase 1	1. OpF - Int1 - Fase1 - L/M - VIS - GLO - ACT - SEN
2. PreOp - Int1 - Fase 2	2. OpC - Int1 - Fase 2	2. OpF - Int1 - Fase1 - L/M - VIS - GLO - ACT - INT
...
14. PreOp - Int7 - Fase 2	14. OpC - Int7 - Fase 2	1120. OpF - Int7 - Fase2 - ECO - VRB - SEQ - REF - INT

Deste conjunto total formado por 1148 entradas, foram selecionadas, de forma aleatória, 50 combinações para realizar os testes, representando uma amostra de 4,36% das combinações totais. Destas 50 combinações, 5 correspondem a combinações do estágio pré-operacional, 5 ao estágio operacional concreto e 40 ao estágio operacional formal. Como as 50 entradas foram selecionadas

aleatoriamente, supõe-se que elas são representativas da totalidade das entradas. Portanto, os resultados dos testes realizados sobre elas podem ser generalizados para as demais entradas válidas da rede.

Para gerar as entradas de teste o procedimento a seguir foi realizado:

- Todas as entradas possíveis foram criadas e armazenadas nas colunas de uma matriz.
- Os índices que indicam quais entradas (colunas) serão selecionadas foram gerados aleatoriamente, utilizando a função correspondente do Microsoft Excel 2000.

Na tabela 5.6 está descrita a geração aleatória dos índices das entradas.

Tabela 5.2 Geração dos Índices das Entradas de Validação

Estágio	Função utilizada	Índice das Entradas
PreOp	Inteiro[14*Aleatorio()]	9; 4; 2; 11; 5
OpC	Inteiro[14*Aleatorio()+14]	18; 24; 26; 15; 27
OpF	Inteiro[1120*Aleatorio()+28]	237; 778; 91; 871; 583; 529; 1056; 138; 312; 685; 937; 332; 121; 365; 390; 393; 1122; 571; 1008; 1001; 1006; 326; 777; 853; 969; 740; 321; 773; 376; 1025; 74; 573; 638; 904; 29; 52; 191; 899; 410; 57

No restante deste capítulo são descritos em detalhe os testes realizados com estas entradas e os resultados obtidos.

5.3 Teste 1: Modelo Rumelhart

A seguir é apresentado o projeto de uma Rede Neural IAC modelo Rumelhart para implementar o mecanismo de adaptação do STI. Também são apresentados os resultados dos testes realizados com esta rede e as possíveis soluções pesquisadas.

5.3.1 Arquitetura da Rede

Através da implementação de testes procura-se determinar se a abordagem neural pode ser utilizada para representar o conhecimento pedagógico de um STI. Como o objetivo não é validar as relações entre características e atributos, nem todas as variáveis precisam ser incorporadas nos testes. Portanto, como mencionado anteriormente, para facilitar o processo de implementação da rede IAC, foram descartados da análise alguns dos grupos que formam parte das características e dos atributos. Baseada nas tabelas 5.3 e 5.4, que apresentam

as características e os atributos considerados, a tabela 5.7 apresenta os pools da rede neural que implementam essas variáveis.

A rede está, portanto, constituída por 8 pools de Características e 5 pools de Atributos. O grupo dos Estilos de Aprendizagem foi decomposto em 4 grupos, porque as variáveis desse grupo competem de dois em dois. Desta forma, para guardar correspondência com este fato, os pools dessas características contêm dois estilos cada um.

Tabela 5.1 Pools da rede IAC formados pelas variáveis do problema

POOLS DAS CARACTERÍSTICAS	Nº de unidades	POOLS DOS ATRIBUTOS	Nº de unidades
1.- Estágios de desenvolvimentos	3	1.- Conteúdo	11
2.- Interesses	7	2.- Mídia	8
3.- Fase de Diagnóstico	2	3.- Atividade	7
4.- Inteligências Múltiplas	5	4.- Navegação	2
5.- Estilos VIS-VRB	2	5.- Interatividade	2
6.- Estilos SEQ-GLO	2	Cenário (*)	0
7.- Estilos ACT-REF	2	Exemplos (*)	0
8.- Estilos SEN-INT	2		
Cultura (*)	0		
Nível Sócio – Econômico (*)	0		
Sexo (*)	0		
TOTAL CARACTERÍSTICAS	25	TOTAL ATRIBUTOS	30

(*) Grupos descartados dos testes de implementação.

Nenhum dos 13 pools considerados garante a conexão de todas as unidades, pelo que nenhum pôde ser usado como pool intermediário. Foi necessário criar um pool adicional que relacione todas as unidades e que permita obter o pool intermediário. Este pool foi denominado pool de Personagens. Como não se dispunha de exemplos reais de personagens que materializem as relações entre as unidades, o pool de personagens foi criado com indivíduos ideais. Cada indivíduo é representado por um neurônio e cada indivíduo apresenta uma única característica, pelo que o pool de personagens é constituído de 25 unidades.

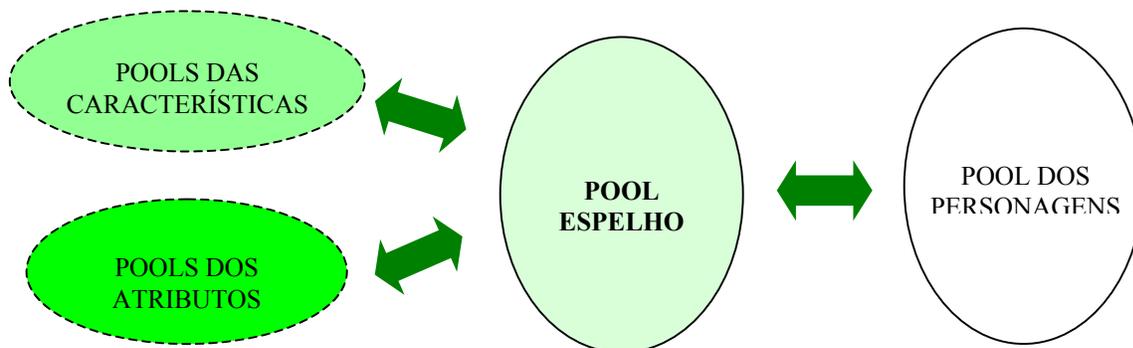


Figura 5.1 Esquema da estrutura da rede IAC modelo Rumelhart.

A figura 5.3 apresenta a estrutura da Rede IAC modelo Rumelhart. Para simplificar sua representação, os pools das características e dos atributos foram agrupados. A figura 5.4 apresenta a estrutura da matriz dos pesos que correspondem às relações características/atributos. Os valores seguem os requisitos do Modelo Rumelhart.

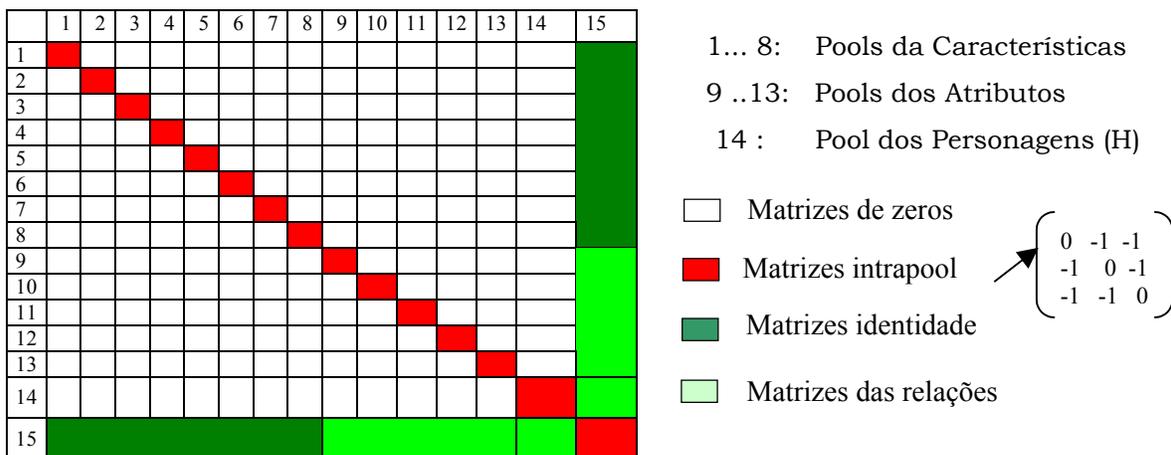


Figura 5.2 Estrutura geral da Matriz dos Pesos, modelo Rumelhart.

As matrizes das relações armazenam o conhecimento sobre as relações entre as características e os atributos. Uma das matrizes das relações é apresentada em detalhe na tabela 5.8, sendo que a segunda é a transposta da primeira. Na tabela 5.8, as linhas apresentam as unidades do pool espelho (pool 15) que são denominadas personagens espelho (EspH1 ... EspH25). Nas colunas estão apresentados os pools dos atributos (pools 9 até 13), com seus atributos correspondentes. Como cada personagem tem unicamente uma característica, o nome desta foi apresentado na coluna vizinha à coluna com os nomes dos personagens. Desta forma, é mais fácil visualizar as relações entre características e atributos. Nas células, os 1 representam que existe uma relação entre as variáveis correspondentes e os 0 indicam a ausência de relação entre as variáveis correspondentes.

Para assegurar a estabilidade das respostas da rede, foram realizados vários testes preliminares que estabeleceram os valores dos parâmetros e o número de ciclos que garantem esta estabilidade. Estes valores são apresentados a seguir:

- Alpha = 0,1
- Gamma = 0,1
- Estr = 0,4
- Rest = -0,1
- Decay = 0.1
- Max = 1
- Min = -0,2
- Número de Ciclos = 60
- Limiar = 0. Este valor representa o limite acima do qual uma unidade é considerada ativada.

Tabela 5.2 Relações entre Características e Atributos na Rede IAC de tipo Rumelhart

5.3.2 Testes e Resultados

Foi elaborada uma tabela onde estão apresentadas as entradas e saídas da rede, obtidas a partir dos testes realizados sobre as 50 entradas selecionadas aleatoriamente. Nesta tabela, cada caso apresenta as entradas que foram ativadas externamente e o resultado do processamento da rede nas unidades dos atributos. Um exemplo da análise dos resultados é apresentado a seguir, para o primeiro caso. Todos os valores dos atributos são apresentados. Os atributos precedidos por um * são os que passaram o limiar de ativação. Utiliza-se a matriz das relações apresentada na tabela 5.8, para verificar se estas estão sendo respeitadas pela rede. Somente os erros foram salientados.

PreOp	Cont1	-0.1562
Int5	* Cont2	+0.2293
F1	Cont3	-0.1674
	Cont4	-0.1562
	* Cont5	+0.3759
	* Cont6	+0.3759
	* Cont7	+0.3759
	* Cont8	+0.3759
	* Cont9	+0.3759
	Con10	-0.1674
	Con11	-0.1674
	Mtex	-0.1281
	* Mfal	+0.3912
	Msom	-0.1281
	Mmus	-0.1281
	Mvid	-0.1140
	* Mani	+0.3912
	* Mimg	+0.3912
	Mper	-0.1140
	Nlivre	-0.1395
	* Npre	+0.6548
	* Ialta	+0.3593
	* Ibaixa	+0.2787
	ARES	-0.1184
	APER	-0.1313
	ADIC	-0.1184
	* AEX	+0.3568
	* AJOG	+0.4640
	* ASEQ	+0.4656
	ACON	-0.1184

Análise do Caso 9: as características ativadas definem o aprendiz como pré-operacional (PreOp), com o interesse 5 (Int5) e fase 1 (F1). As características PreOp e F1, determinam que os conteúdos que devem ser ativados são Cont2, Cont5, Cont6, Cont7, Cont8, Cont9. O Int5 determina que os conteúdos que devem ser ativados são Cont4 e Cont11. Pode ser observado que a rede priorizou

o primeiro conjunto de conteúdos que foram mais excitados que o segundo. O critério seguido aqui é que os interesses deveriam ser mais determinantes que as outras características para decidir os conteúdos, pelo que os conteúdos Cont4 e Cont11 deveriam ter sido ativados. As mídias são conseqüentes com as características ativadas, assim como a navegação e as atividades. No entanto, a interatividade alta foi erroneamente ativada, porque a característica PreOp requer de uma interatividade baixa. Finalmente, pode se concluir que existem três erros nas saídas neste primeiro caso.

5.3.3 Problemas Detectados

A análise detalhada dos resultados destas simulações permitiu generalizar alguns dos problemas detectados no processamento das relações da rede. Estes problemas estão resumidos a seguir:

- **Problema de separabilidade de padrões:** quando duas características ativam aproximadamente o mesmo grupo de atributos, a rede ativa ambas características e tende a confundir as saídas de uma com as saídas da outra. Isto se deve à capacidade de generalização da rede e à semelhança de seu funcionamento com o de uma rede de tipo BAM. A rede não pode distinguir casos diferentes quando as saídas são similares. Isto ocorre, por exemplo, com o Interesse2 e o Interesse3. A ativação do primeiro ativa o segundo, provocando que, na saída, os atributos de ambos sejam ativados.
- **Problema de sensibilidade às variações da entrada:** o problema anterior implica que a rede discrimina pouco as variações nas características. Em muitos dos casos analisados, várias combinações diferentes na entrada ativam os mesmos atributos, na saída. A sensibilidade da rede a mudanças nas ativações das entradas é muito fraca. Desta forma, dois indivíduos com características semelhantes são confundidos pela rede. Este problema pode ser crítico, por exemplo, se ambos os indivíduos têm estilos antagônicos e diferem somente nesse estilo. A rede não consegue selecionar os atributos adequados para cada caso.
- **Problema do número de conexões excitatórias:** quando um atributo é ativado por poucas características, ele se ativa unicamente quando todas as características relacionadas a ele são ativadas. Uma vez mais, isto se deve à capacidade de generalização da rede. Quando um conjunto qualquer de

características é ativado, os atributos com mais conexões excitatórias serão ativados mais rapidamente, sendo vencedores em detrimento dos atributos com um menor número de ligações excitatórias. Desta forma, atributos com poucas conexões excitatórias serão rara vez ativados. Isto ocorre, por exemplo, com o atributo Música pois, mesmo quando o aprendiz é musical, este atributo não é ativado, porque ele só tem uma ligação excitatória: ele sempre perde a competição frente às outras mídias.

- **Problema da ativação diferenciada:** a rede não pode diferenciar relações fracas de relações determinantes entre variáveis, devido a que os valores das relações só podem ser -1, 0 ou 1. O problema colocado requer valores diferenciados nas relações. Por exemplo, as relações entre Interesses e Unidades devem ser mais fortes do que as relações entre Estágios e Unidades ou entre Fases e Unidades. Isto determina que os Interesses são determinantes e que as outras características têm uma influência menor. O presente modelo não atende este requisito.
- **Problema da competitividade diferenciada:** a competitividade entre as unidades de um mesmo pool deve ser alta, em particular para as características. No entanto, em alguns pools de atributos, por exemplo, as Mídias e as Atividades, ela deve ser moderada, permitindo que mais de um atributo seja ativado simultaneamente. O parâmetro Gamma pondera a força da inibição. Porém ele atua simultaneamente em todas as conexões, por esta razão ele não pode ser usado para aumentar a competitividade de algumas unidades.

5.3.4 Soluções Propostas

A análise dos resultados obtidos da implementação das variáveis e suas relações, mediante uma rede neural de tipo IAC, modelo Rumelhart, permitiu observar que, apesar do grande número de erros nas respostas da rede, em geral ela reflete o conhecimento das relações à saída. Os problemas apresentados na seção anterior permitiram determinar que tipos de solução deveriam ser procuradas. Estas soluções e suas limitações são apresentadas nesta seção.

Para resolver o problema da separabilidade de padrões e o problema do número de conexões excitatórias realizou-se um estudo sobre os códigos ortogonais. O estudo sugeriu a utilização de códigos ortogonais para codificar as relações entre

características e atributos. Foi necessário para isto, e seguindo o teorema de Cover (HAYKIN, 2001), aumentar a dimensionalidade do problema, aumentando o número de unidades dos pools. Este aumento permitiu também aumentar o número de conexões excitatórias das unidades menos excitadas, de forma a fazer com que todas as unidades de um mesmo pool tenham o mesmo número de conexões excitatórias. Os testes com códigos ortogonais foram realizados com o pool das Mídias. Um 98% das combinações das características colocadas na entrada da rede ativaram, à saída, os atributos correspondentes às relações. Portanto, a taxa de acerto da rede foi de 98%.

A pesar dos excelentes resultados obtidos com códigos ortogonais, esta solução não foi considerada satisfatória. Por uma parte o número de unidades em cada pool aumentou muito. Para as 8 unidades do pool Mídias, foram necessárias 8 unidades adicionais para garantir a ortogonalidade dos códigos resultantes. Por outra parte, considerou-se que a codificação das relações distancia o problema de sua implementação. Lembra-se que a razão principal da utilização da abordagem neural é que a rede de tipo IAC tem uma estrutura adequada para representar, de forma muito natural, o problema. Por estas razões o projeto não continuou na linha dos códigos ortogonais e outras alternativas foram procuradas.

O problema da sensibilidade às mudanças da rede foi analisado. Pôde-se observar que, quando são ativadas características, devem ser ativados primeiramente os personagens do pool intermediário, antes de poder ativar os atributos correspondentes. É o pool intermediário quem atua diretamente sobre os atributos. A análise deste processo permitiu observar que o pool intermediário ativa os atributos com valores inferiores aos valores que ele recebe das características. Portanto, o pool intermediário atua como um atenuador das ativações externas. Desta análise surgiu a necessidade de testar uma arquitetura que não tenha pool intermediário. Procurou-se, desta forma, aumentar a sensibilidade da rede, permitindo a conexão direta das características com os Atributos. A rede neural IAC modelo de Azevedo permite este tipo de conexão, devido a que, neste modelo, o pool intermediário pode ser eliminado. Além disto, esta rede permite que os pesos possam tomar qualquer valor dentro do intervalo $[-1,1]$. Desta forma esta rede permite, também, procurar uma solução para os problemas de ajuste dos pesos, da competitividade e da ativação diferenciadas.

5.4 Teste 2: Modelo de Azevedo – Matriz 1

Analisando os problemas da rede anterior, foi implementada uma rede neural de tipo IAC modelo de Azevedo, para representar as variáveis e suas relações e realizar os testes que permitem determinar se este tipo de rede resolve os problemas colocados. Este segundo conjunto de testes é explicado a seguir.

5.4.1 Arquitetura da Rede

A rede está constituída por 8 pools de Características e 5 pools de Atributos. Estes pools são idênticos aos pools da rede modelo Rumelhart, apresentados na tabela 5.7. A principal diferença na topologia da rede, respeito à anterior é que ela não apresenta pool intermediário, não tem pool de Personagens e cada pool tem ligações com todos os demais.

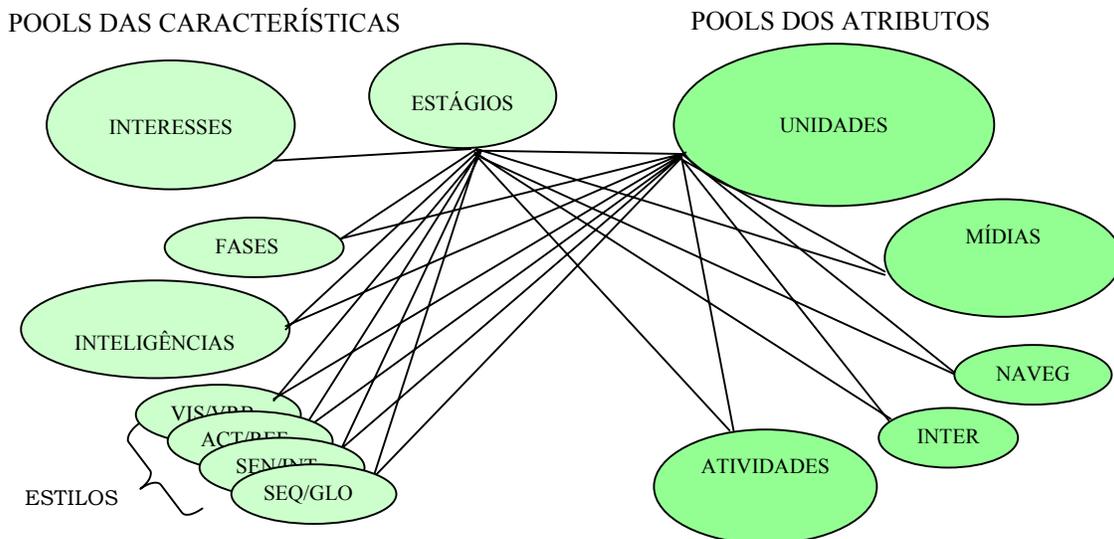


Figura 5.1 Esquema da estrutura da rede IAC modelo Rumelhart.

A figura 5.5 apresenta a estrutura da Rede IAC modelo de Azevedo. Para simplificar a representação da arquitetura desta rede, somente algumas ligações entre os pools foram representadas. Na figura 5.6 é representada a estrutura da matriz dos pesos que correspondem às relações entre características e atributos. Estes valores seguem os requisitos do Modelo de Azevedo.

Na estrutura da matriz de pesos, as matrizes de zero não são um requisito, como no caso do modelo de Rumelhart. Poderiam ser colocados valores dentro do

intervalo $[-1,1]$ nestas matrizes, devido a que o modelo de Azevedo permite relações entre todos os pools. No entanto, nesta implementação não foram estabelecidas relações entre os pools das características nem entre os pools dos atributos. Dentro da matriz dos pesos, as matrizes das relações armazenam o conhecimento sobre as relações entre as características e os atributos. Uma destas matrizes é apresentada em detalhes na tabela 5.10. A segunda matriz das relações é a transposta da primeira. Nas linhas da tabela 5.10, estão apresentados os pools das Características (pools 1 até o 8). Nas colunas estão apresentados os pools dos atributos (pools 9 até o 13), com seus atributos correspondentes. Nas celas da matriz os valores representam a força da relação entre características e atributos, sendo que o “0” indica que não há ligação.

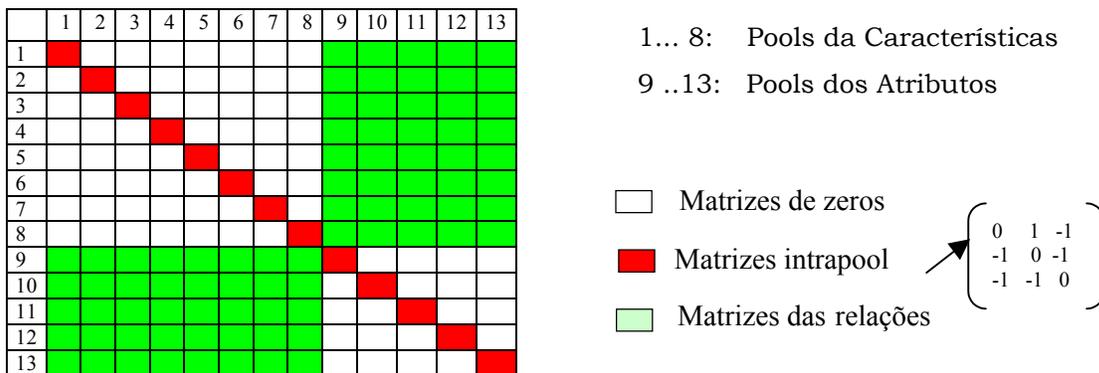


Figura 5.2 Estrutura geral da Matriz dos Pesos, modelo de Azevedo.

Para assegurar a estabilidade das respostas da rede, os valores dos parâmetros e o número de ciclos são os mesmos que para os testes com a rede IAC modelo Rumelhart.

Uma das dificuldades para projetar uma rede IAC utilizando o modelo de Azevedo é que existe uma infinidade de possibilidades de valores nas ligações entre as unidades. Por esta razão foi realizada uma série de testes utilizando diferentes conjuntos de valores, todos eles entre $[-1,1]$. Os resultados destes testes permitiram definir como serão estabelecidos os valores fuzzy da rede. Estes valores e seus significados são apresentados na tabela 5.9 a seguir.

Tabela 5.1 Valores fuzzy dos pesos e seus significados

Significado	Valores
Relação excitatória forte	1

Relação excitatória moderada	0.5; 0.7
Relação fraca	0.05; 0.10; 0.15
Sem relação	0
Relação inibitória forte	-1

Tabela 5.2 Relações entre Características e Atributos na Rede IAC modelo de Azevedo 1

5.4.2 Testes e Resultados

Uma segunda tabela foi construída para armazenar as entradas e saídas da rede obtidas a partir dos testes realizados com a segunda implementação, sobre as 50 entradas selecionadas aleatoriamente.

5.4.3 Problemas Detectados

A possibilidade de ajuste dos pesos que este modelo de rede oferece, permitiu resolver o problema da ativação diferenciada, assim como o problema do número de conexões excitatórias colocados pela rede modelo Rumelhart. O primeiro problema foi resolvido aumentando o valor dos pesos que, segundo os pressupostos considerados, deviam ter maior influência nas respostas. O segundo problema foi resolvido aumentando o número de conexões excitatórias das variáveis com menos conexões. As conexões estabelecidas a mais têm valores muito baixos, porém, suficientes para aumentar o limiar de ativação da variável. Por exemplo, quando um aprendiz é visual, esta característica ativa levemente o atributo música. Se a característica musical não é ativada, isto não influi na saída, no entanto se a característica é ativada, o atributo Musical se ativa pois ele já estava com um nível suficiente de excitação.

A pesar de poder melhorar muitas respostas mediante o ajuste dos pesos, esta rede não deu uma solução adequada ao problema de separabilidade dos padrões e ao problema de sensibilidade. Uma análise detalhada dos resultados da rede permitiu generalizar um novo problema. Este foi denominado **problema da “retropropagação” das ativações** e é explicado a seguir: quando um conjunto de características é ativado externamente, esta ativação se propaga para os atributos, respeitando o valor dos pesos. Uma vez que os atributos são ativados, sua ativação se propaga novamente para as entradas (“retropropagação”), ativando algumas características que não tinham sido ativadas externamente. Estas ativações se propagam novamente para a saída, ativando novos atributos. Quando a rede alcança a estabilidade, várias características e atributos foram incorretamente ativados, oferecendo uma resposta incorreta da rede.

A análise deste problema permitiu chegar à conclusão de que, se a competitividade entre os pools aumenta o suficiente, a retropropagação, que é mais fraca que a ativação externa, não teria a força suficiente para ativar as características que não foram ativadas na entrada. Portanto, as soluções pesquisadas devem ser orientadas a aumentar esta competitividade.

Neste tipo de rede, aumentar a competitividade dentro de um pool não se refere unicamente a aumentar o valor do peso da inibição, mas também ao fato de que, se uma característica ativa um atributo, ela inativa os outros atributos do mesmo pool. Desta forma existe um maior poder de ajuste das respostas da rede. Esta facilidade permitiu corrigir um grande número de erros na ativação dos atributos, no entanto, estes ajustes não foram suficientes.

Não foi mais possível aumentar a competitividade aumentando o valor da inibição dos pesos, pois estes já tinham o valor máximo. Por outra parte, o aumento do valor do parâmetro Gamma não deu bons resultados, devido a que aumenta a competição dentro de todos os pools aumentando o número de respostas incorretas da rede. Outras soluções deveriam, portanto, ser implementadas e analisadas. Vários testes foram realizados. Os resultados dos testes mais significativos são brevemente apresentados a seguir.

5.4.4 Soluções Propostas

a) Pool Intermediário

Foi implementada uma rede neural de tipo IAC modelo de Azevedo, similar à anterior, mas com um pool de personagens adicional. Este pool foi configurado como pool intermediário, estabelecendo a conexão dos atributos com as características. O objetivo deste pool é poder atenuar a retroalimentação da ativação. Quando a retroalimentação da ativação volta ao pool intermediário, em direção às características novamente, estas ativações, em geral fracas, terão que competir, dentro do pool intermediário, com as ativações fortes que vêm das características. Desta forma, tentou-se aumentar a competitividade dos pools das características, estabelecendo uma etapa intermediária de competição.

Esta alternativa não deu os resultados esperados, devido a que a competição que se realiza no pool intermediário, afeta as excitações das características. Em alguns casos, isto inibe alguns atributos que deveriam ter sido ativados. Portanto, esta solução foi descartada da análise.

b) Vetores de Entrada

Sempre com o objetivo de aumentar a competitividade nos pools das características uma solução foi procurada analisando o comportamento da rede frente às entradas. Quando uma unidade é ativada, ela recebe como entrada o valor 1 e as demais unidades recebem o valor 0. No entanto, se em vez de 0 fosse colocado um valor de entrada inferior a 0, neste exemplo igual a -1 , o nível de ativação das unidades não ativadas externamente desce. Os pesos negativos das ligações entre unidades de um mesmo pool aumentam o nível de ativação das unidades ativadas positivamente. Desta forma, conformando um vetor de entrada que ative algumas unidades e simultaneamente iniba as demais, fortalece as unidades ativadas externamente. O fato de oferecer à rede vetores de entradas formados por 1 e -1 equivale a colocar um vetor de entrada e obter um vetor de saída correspondente. Isto é similar ao endereçamento de uma rede de tipo BAM. Os testes $C \rightarrow A$ foram realizados com as 50 entradas antes definidas. Os resultados foram armazenados numa terceira tabela, similar às duas anteriores, apresentando as entradas e saídas da rede. Nesta terceira tabela pode-se observar que a rede oferece um alto nível de acerto: quando as entradas são as características, os atributos ativados refletem corretamente as relações estabelecidas.

Como este passo foi cumprido, passou-se à análise das respostas da rede quando as entradas são colocadas nos atributos, ou seja realizaram-se os testes $A \rightarrow C$. Esperava-se verificar, na resposta da rede, a ativação das características correspondentes às relações estabelecidas. No entanto, isto não pôde ser verificado. Para obter as respostas nas características estimulando os atributos, os -1 que melhoravam a competição entre essas variáveis deveram ser eliminados, voltando novamente ao problema original da competição entre características. Desta forma, quando se ativa um conjunto de atributos, muitas características são ativadas, sem manter a coerência com a tabela das relações.

5.5 Teste3: Modelo de Azevedo – Matriz 2

A análise do comportamento da rede anterior permitiu concluir que a matriz das relações não estava implementando adequadamente a competição entre as variáveis e que, portanto, de alguma forma o valor dessas relações deveria ser modificado. Entre várias tentativas de ajuste destes pesos, é apresentada a seguir a que deu melhores resultados.

5.5.1 Modificação dos pesos

Como a competição não pode ser aumentada mediante o aumento do valor dos pesos que relacionam as unidades de um mesmo pool, porque estes já atingiram o valor máximo, decidiu-se diminuir os pesos de toda as demais ligações. Foram criadas novas matrizes de pesos, a partir da primeira, cujos valores são uma porcentagem dos valores originais. Unicamente os valores de inibição entre os pools das características se mantiveram em -1. Várias porcentagens foram calculadas e testadas, sendo 30% a mais adequada.

A nova matriz de pesos é apresentada na tabela 5.11. Esta tabela apresenta as mesmas unidades que a tabela 5.10, porque a arquitetura e a topologia da rede não mudaram. A diferença está nos valores das relações.

5.5.2 Testes e Resultados

As 50 entradas apresentadas na tabela 5.6 foram utilizadas para realizar um novo conjunto de testes com a rede modificada. A partir da análise destes resultados, alguns ajustes em diversos pesos foram realizados. Após estes ajustes, os testes mostraram um rendimento excelente da rede: quando ativadas as características, a rede ativa os atributos consequentemente às relações estabelecidas, em um 94% dos casos. Com esta modificação dos pesos a rede adquiriu um comportamento similar ao que ela tinha quando era ativada por vetores de entrada de 1 e -1. A separabilidade de padrões e a sensibilidade da rede é adequada. Não se produz o problema da “retroalimentação” da ativação.

Cumprida a condição anterior, passou-se a verificar se, considerando os atributos como entrada, a rede ativa adequadamente as características. Para realizar este estudo utilizaram-se as saídas obtidas do processamento dos 50 casos dos testes $C \rightarrow A$: os atributos ativados como resultado dos teste $C \rightarrow A$,

foram colocados na entrada da rede para os testes $A \rightarrow C$. Desta forma, para resumir o processo de teste, as seqüências a seguir foram realizadas para cada uma das 50 entradas de teste.

1. Ativar externamente as características.
2. Processar estas entradas (teste $C \rightarrow A$).
3. Obter os atributos correspondentes.
4. Reinicializar as entradas e as saídas da rede.
5. Ativar externamente os atributos ativados na etapa 3.
6. Processar estas entradas (teste $A \rightarrow C$).
7. Obter as características correspondentes

Uma quarta e última tabela foi elaborada para analisar os resultados do teste anterior. Para facilitar a análise dos resultados, cada teste $C \rightarrow A$ foi colocado ao lado do teste $A \rightarrow C$ correspondente.

Tabela 5.1 Relações entre Características e Atributos na Rede IAC modelo de Azevedo 2

Problemas Detectados

Esperava-se observar que se um conjunto de características C1 ativou um conjunto de atributos A1 nos testes $C \rightarrow A$, uma vez que o conjunto A1 é ativado externamente, a rede deveria ativar o conjunto inicial de características C1, nos testes $A \rightarrow C$, ou seja:

$$\text{se } \mathbf{C1} \rightarrow \mathbf{A1} \text{ e } \mathbf{A1} \rightarrow \mathbf{C2} \text{ então } \mathbf{C1}=\mathbf{C2}$$

No entanto, os testes $A \rightarrow C$ permitiram observar que, em alguns casos, a rede ativa mais características das que foram inicialmente ativadas, no teste $C \rightarrow A$. Portanto o resultado demonstra que:

$$\text{se } \mathbf{C1} \rightarrow \mathbf{A1} \text{ e } \mathbf{A1} \rightarrow \mathbf{C2} \text{ então } \mathbf{C1} \neq \mathbf{C2}$$

Esta aparente “assimetria” da rede se deve, em parte, a que os atributos foram estimulados externamente com valores superiores aos que eles tinham como resultado do processamento. Isto pode ser evitado, no entanto, a análise considerou valores máximos, considerando que isto garante um funcionamento adequado para valores inferiores a 1.

Apesar de ativar características inadequadas, na maior parte dos casos, as características que foram ativadas incorretamente, têm valores inferiores ou iguais às características, do mesmo grupo, que foram ativadas corretamente.

Foi realizado um estudo com o objetivo de avaliar quantitativamente os resultados obtidos. Nele foi feita uma comparação das características ativadas nos conjuntos C1 e C2. Seu objetivo é determinar, para cada característica, quantos erros ocorreram, nos 50 casos de teste. Para configurar C2, foi considerada a característica de cada grupo que se ativou com o valor mais alto. O resultado desta análise comparativa é apresentado na tabela 5.12. O valor nas células representa a quantidade de vezes que a característica correspondente teve um valor diferente na comparação entre C1 e C2. A coluna “Resultado Comparação 1” corresponde aos resultados obtidos com a matriz da tabela 5.11. A coluna “Resultado Comparação 2” corresponde aos resultados obtidos uma vez ajustados os pesos, como será explicado mais adiante, nesta seção.

A tabela 5.12 mostra que as características Fase1 e Fase 2 têm taxas muito altas de erro. Este problema se deve a que estas duas características influem sobre os conteúdos, mas elas não são determinantes. Quando os Interesses determinam

quais Conteúdos serão ativados, as Fases não são respeitadas. Portanto, os resultados são conseqüentes com esta consideração. Se fosse necessário aumentar a influência das Fases, os pesos da rede deveriam ser modificados e estas características seriam respeitadas durante o processamento das entradas, diminuindo a sua taxa de erro.

Tabela 5.2 Número de vezes que a característica é confundida nos testes C→A e A→C.

Características	Resultado Comparação 1	% Erro	Resultado Comparação 2	% Erro
PreOp	0	0%	0	0%
OpC	0	0%	0	0%
OpF	0	0%	0	0%
Int1	1	2%	0	0%
Int2	20	40%	2	4%
Int3	6	12%	0	0%
Int4	5	10%	0	0%
Int5	7	14%	0	0%
Int6	8	16%	0	0%
IntT	5	10%	2	4%
F1	28	56%	29	58%
F2	28	56%	29	58%
L/M	5	10%	4	8%
CIN	10	20%	2	4%
INTP	6	12%	5	10%
MUS	3	6%	0	0%
ECO	6	12%	9	18%
VIS	0	0%	0	0%
VRB	0	0%	0	0%
GLO	11	22%	0	0%
SEQ	11	22%	0	0%
ACT	14	28%	10	20%
REF	14	28%	10	20%
SEN	10	20%	9	18%
INT	10	20%	9	18%
Média do % Erro		16.64%		9.60%

Por outro lado, pôde ser observado que algumas características são sistematicamente associadas pela rede, ou seja, em um grande número de casos, quando uma é ativada a outra também o é. A tabela 5.12 mostra que a rede tende a confundir estas características, por exemplo, L/M, ACT-REF ou SEN-INT. Esta ocorrência permitiu observar que essas características não diferem substancialmente, com relação aos atributos que elas ativam. Uma análise mais aprofundada deste fenômeno pode sugerir que algumas delas podem ser eliminadas, devido a que não aportam critérios de decisão para configurar a interface.

Tabela 5.3 Pesos entre Conteúdos e Interesses

		4	5	6	7	8	9	10
		Int1	Int2	Int3	Int4	Int5	Int6	Int7
26	Cont1	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	0.18
27	Cont2	0.50	0.50	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	0.18
28	Cont3	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	0.18
29	Cont4	-0.30	-0.30	-0.30	0.50	0.50	-0.30	0.18
30	Cont5	0.50	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	0.50	0.18
31	Cont6	-0.30	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	0.50	0.18
32	Cont7	-0.30	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	0.18
33	Cont8	-0.30	0.50	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	0.18
34	Cont9	-0.30	0.50	0.50	-0.30	-0.30	-0.30	0.18
35	Cont10	-0.30	-0.30	-0.30	0.50	-0.30	-0.30	0.18
36	Cont11	-0.30	-0.30	-0.30	0.50	0.50	-0.30	0.18
	Σ	2	3	1.5	1.5	1	1	1.98

Tabela 5.4 Pesos modificados entre Conteúdos e Interesse

		4	5	6	7	8	9	10
		Int1	Int2	Int3	Int4	Int5	Int6	Int7
26	Cont1	0.50	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.18
27	Cont2	0.50	0.33	0.66	-1.00	-1.00	-1.00	0.18
28	Cont3	0.50	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.18
29	Cont4	-1.00	-1.00	-1.00	0.66	0.99	-1.00	0.18
30	Cont5	0.50	0.33	-1.00	-1.00	-1.00	0.99	0.18
31	Cont6	-1.00	0.33	-1.00	-1.00	-1.00	0.99	0.18
32	Cont7	-1.00	0.33	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.18
33	Cont8	-1.00	0.33	0.66	-1.00	-1.00	-1.00	0.18
34	Cont9	-1.00	0.33	0.66	-1.00	-1.00	-1.00	0.18
35	Cont10	-1.00	-1.00	-1.00	0.66	-1.00	-1.00	0.18
36	Cont11	-1.00	-1.00	-1.00	0.66	0.99	-1.00	0.18
	Σ	2	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98

A partir da tabela 5.12, observou-se também que o somatório dos valores dos pesos, realizado nas linhas e nas colunas da matriz, influi fortemente nas respostas. Para mostrar esta influência será utilizado como exemplo o caso dos interesses. Na tabela 5.13 são apresentados os pesos que relacionam os conteúdos com os Interesses. Quando as unidades dos atributos Cont2 e Cont5 são ativadas simultaneamente, elas ativam, com o **mesmo** valor de ativação, as características Int1 e Int2. Isto não deveria acontecer e Int1 deveria ser ativado mais fortemente (Int1 está associado a 4 conteúdos e Int2 está associado a 6). No entanto, se a matriz de pesos é modificada como apresentado na tabela 5.14,

o erro é corrigido e a rede processa melhor os conteúdos, ativando mais fortemente as características adequadas.

Uma vez obtidos os resultados destes testes, os pesos foram novamente ajustados, o que melhorou a resposta da rede. Um estudo comparativo entre C1 e C2 foi realizado para os pesos modificados utilizando o critério do somatório. Os resultados deste estudo são apresentados na tabela 5.12, na coluna “Resultados Comparação 2”.

Considera-se que a análise e ajuste dos pesos da rede pode continuar até que as respostas aos testes $A \rightarrow C$ sejam tão boas quanto as $C \rightarrow A$. Outra alternativa ao ajuste dos pesos é projetar um mecanismo de comparação nas saídas da rede. Como as variáveis ativadas corretamente têm valores superiores aos das variáveis ativadas incorretamente, pode ser projetada uma etapa de comparação à saída da rede. O resultado da comparação determinaria que variáveis foram efetivamente ativadas.

No entanto, apesar dos ajustes que precisam ser feitos, considerou-se que os valores obtidos neste último teste são satisfatórios para os objetivos colocados. Desta forma, passou-se a analisar a última condição que a rede deve cumprir.

5.5.3 Teste das Mudanças de Modelo

Uma série de testes foi realizada para comprovar como a rede reage a diversas mudanças nos atributos. Foram testadas as mesmas entradas definidas na tabela 5.6. Os testes foram realizados de forma interativa, pois o objetivo era testar a dinâmica das respostas da rede. Os testes foram realizados atuando sobre o sistema implementado em Matlab. O processo é explicado a seguir:

1. Um conjunto de características é estimulado, colocando os 1 correspondentes na entrada da rede.
2. A rede processa as entradas e fornece na saída os atributos correspondentes (teste $C \rightarrow A$).
3. Os estímulos das características são retirados; todas as entradas externas das características voltam a zero.
4. Os atributos são manualmente modificados: alguns atributos ativados são desativados e inversamente.

5. A rede processa estas mudanças e ativa as características correspondentes (testes $A \rightarrow C$).
6. Uma análise é realizada sobre as características que foram ativadas e desativadas, como resultado das mudanças nos atributos.

As mudanças foram realizadas em todos os atributos, mas uma ênfase maior à análise foi feita para as mídias e os conteúdos. A modificação dos atributos mídias provocou mudanças nas características correspondentes, em particular, a Visual, Verbal e Musical. Por outro lado, se o aprendiz seleciona alguns conteúdos novos, como estes estão relacionados a interesses específicos, outros interesses podem ser ativados. Esta ativação ativará, por sua vez, novos conteúdos correspondentes ao interesse ativado. Portanto a seleção de um conteúdo pode implicar na ativação de vários outros, relacionados ao primeiro pelos interesses. Esta situação é adequada e é equivalente a oferecer mais conteúdos relacionados ao conteúdo que o aprendiz selecionou.

Em 84,6% dos casos de mudança, as características com valores mais altos de saída foram corretamente ativadas pela rede. As características incorretamente ativadas mantêm os valores mais baixos. Estes resultados foram idênticos em dois casos: a rede processa os novos atributos a partir de seu estado atual e a rede é reinicializada antes de processar os novos atributos. Nos casos considerados incorretos, a rede IAC ativa ao menos um atributo considerado inapropriado para as características dos aprendiz, ou ao menos uma característica incorreta, quando ativados um conjunto de atributos. Salienta-se portanto, que mesmo nos casos considerados incorretos, a maior parte das saídas (atributos, no caso de testes $C \rightarrow A$, ou características, no caso de testes $A \rightarrow C$) estão certas.

Estes resultados permitiram comprovar que a rede pode modificar as características de um aprendiz, processando as mudanças que acontecem nos atributos da interface. O que era o objetivo procurado nesta etapa.

5.6 Conclusões sobre o Mecanismo de Adaptação

Para a rede IAC modelo de Azevedo, Matriz 2, foram comprovados resultados aceitáveis, nos três testes realizados sobre os 50 casos selecionados aleatoriamente, ou seja nos testes que verificaram:

- que a ativação de um conjunto de características ativa os atributos de forma conseqüente com as relações estabelecidas.
- que a ativação de um conjunto de atributos ativa as características, conseqüentemente às relações.
- que as variações nos atributos, em tempo de execução, modificam o Modelo do Aluno de forma conseqüente com as relações estabelecidas.

É importante ressaltar que as Redes Neurais Artificiais apresentam como característica fornecer boas soluções aos problemas tratados e não necessariamente soluções ótimas, mimetizando o comportamento humano. Por esta razão, a pesar de não ter conseguido uma resposta ótima da rede a todas as possibilidades de entrada, considera-se que a rede proposta teve um desempenho aceitável. Por outra parte, o ajuste dos pesos, seja mediante o método empírico utilizado nesta pesquisa, seja mediante a criação de um algoritmo de aprendizagem, pode ainda ser melhorado, melhorando assim o rendimento desta rede.

A realização dos três testes anteriores comprovou que a rede IAC, modelo de Azevedo, pode ser utilizada para modelar computacionalmente o problema colocado na tese. Em particular, esta técnica permite a tomada de decisões pedagógicas de um sistema, que atua configurando a interface (atributos), segundo a identificação de um determinado aprendiz (características). Desta forma o mecanismo de adaptação personaliza a interface para cada aprendiz, usuário do sistema.

No entanto, além da adaptação ao aprendiz, a rede permite personalizar as concepções pedagógicas do sistema. Com efeito, o processo de ajuste dos pesos colocou em evidência que os pesos da rede armazenam o conhecimento pedagógico do sistema. Este conhecimento determina a força das relações entre características e atributos. Desta forma, se um educador tem uma concepção diferente de como devem ser configurados os atributos dado um conjunto de características do aprendiz, os pesos da rede podem ser ajustados para esta nova visão.

Por último, é importante salientar que o fato de que a rede implemente simultaneamente as funções η e λ , representa uma vantagem muito grande para a solução de problemas de adaptação da interface. Isto da ao mecanismo de

adaptação a capacidade de configurar a interface e processar a interação do aprendiz de forma quase instantânea. O mecanismo de adaptação resultante desta pesquisa oferece uma alternativa testada e comprovada de como pode ser seguido o comportamento de um aprendiz, durante um processo de ensino-aprendizagem.

6. RESULTADOS

Como um software pedagógico trata, de alguma forma, de simular um educador, a pobreza dos canais de comunicação oferecidos pelos primeiros sistemas limitavam fortemente este projeto. Isto porque as interações humanas são altamente multimodais - fala, gestos, expressões do rosto, etc. (BRUILLARD, 1997). Apesar de que atualmente a multimídia é amplamente utilizada nos softwares pedagógicos, permanece até hoje a questão de como integrar textos, imagens, fixas e animadas, sons, etc. nas aplicações educativas. Muitas questões técnicas foram resolvidas, para a incorporação de mais e mais meios de apresentação, mas permanece o questionamento sobre a real pertinência educativa das diversas modalidades e sua complementaridade (PAOLUCCI, 1998; RASMUSSEN et al., 1998). Como foi colocado em várias oportunidades, o objetivo da presente pesquisa foi procurar um mecanismo de adaptação da interface a um aprendiz, baseado em teorias que estabelecem uma pertinência educativa de diversos ambientes. O resultado da pesquisa consiste na criação de uma metodologia para construção destes ambientes, criando interfaces que cumpram com os critérios da ergonomia didática. Esta metodologia é apresentada neste capítulo, salientando como deve ser implementado cada módulo do Sistema Tutor Inteligente, para responder aos requisitos do mecanismo de adaptação definido no capítulo anterior.

6.1 Objetivo Geral da Metodologia

O principal resultado desta pesquisa é a obtenção de uma metodologia para implementar interfaces adaptáveis em STI. O objetivo geral desta metodologia é aplicar as contribuições da psicologia cognitiva para a construção de um mecanismo de adaptação da interface. A metodologia permite modelar o problema incorporando uma grande gama de critérios para a tomada de decisões, permitindo aprofundar nos aspectos cognitivos e orientando sobre o uso mais consequente de ferramentas e tecnologias para a construção de interfaces. A metodologia incorpora critérios de teorias cognitivas, algumas delas muito recentes e focalizadas na criação de ambientes significativos para diversos tipos de usuário, como apresentado no Capítulo 2. Esta incorporação tem como

resultado a obtenção de uma interface que cumpre com a definição de ergonomia didática.

Em todo o projeto de pesquisa que resultou na presente metodologia, não foi questionada a veracidade das teorias pedagógicas consideradas. Estas teorias foram tomadas como base para implementar o mecanismo de adaptação do STI. Elas forneceram um conjunto de variáveis que definem um aprendiz e os ambientes mais propícios para sua aprendizagem. Apesar disto, a metodologia pode ser utilizada se baseando em outros princípios, considerados mais pertinentes à aplicação específica. Assim, a metodologia que será explicada a seguir, se torna independente dos pressupostos pedagógicos dos projetistas do STI e pode ser aplicada a um grande espectro de problemáticas educativas.

A metodologia propõe um projeto específico para cada módulo que constitui o STI. Por esta razão, a metodologia será explicada para cada módulo separadamente. Por outra parte, para ser conseqüente com a teoria de autômatas utilizada para formalizar a proposta, cada módulo será descrito como uma componente do autômata completo que representa o STI.

6.2 Módulo Especialista

Nesta seção serão discutidos os principais requisitos que deve cumprir o Módulo Especialista para a configuração personalizada das telas da interface. A flexibilidade e variedade com que as informações serão representadas e armazenadas por este módulo salientam a relevância do mecanismo de adaptação e determinam a eficiência do sistema.

6.2.1 Objetivo do Módulo Especialista

O Módulo Especialista armazena o conjunto de arquivos que permitirão formar as saídas do autômata. Estes arquivos contêm todas as informações e conhecimentos que serão apresentados ao aprendiz, através da interface, assim como a forma de apresentação, os cenários, o tipo de atividade etc. Os elementos que permitirão a ação do aluno, como links, botões e outros controles, também são armazenados nestes arquivos. Portanto o Módulo Especialista armazena os arquivos que contêm os atributos da interface, definidos na seção 4.3.

Para flexibilizar a configuração da interface, o sistema deve poder acessar de forma independente todos os atributos da interface. Neste trabalho, pelas características do sistema de autoria da interface que foi utilizado, todos os atributos devem ser armazenados em arquivos independentes. Cada conteúdo está representado, portanto, mediante um conjunto de arquivos que armazenam as informações ou conhecimentos a serem apresentados, em diversos meios, atividades e cenários.

6.2.2 Estrutura dos tópicos

Com o objetivo de poder acessar eficientemente as informações, estas são estruturadas em *unidades* e tópicos. Uma unidade se refere a um tema específico dentro do domínio. Esse tema está constituído por informações que conformam sub-unidades de informação chamadas, aqui, tópicos. Desta forma, um tópico é uma informação específica referente a uma unidade determinada. Cada tópico, por sua vez, está constituído por vários arquivos. Cada arquivo armazena a informação do tópico em um ambiente e mediante uma mídia específica. Por exemplo, como foi apresentado no Capítulo 5, existe uma unidade chamada “O que é o diabetes mellitus”. Ela possui vários tópicos, por exemplo “Tipos de diabetes mellitus”, “Causas do diabetes mellitus”, etc. Estes tópicos estão armazenados em vários arquivos, por exemplo, a informação referente ao tópico “Tipos de diabetes mellitus” está constituída por um arquivo onde a informação está representada mediante texto, outro arquivo mediante uma animação, outro mediante fala, etc. Existe um cenário ecológico para esse tópico, assim como uma simulação interativa e uma atividade de tipo tutorial. Alguns arquivos armazenam música e outros contêm links que podem ser carregados na tela e que permitem a interação do usuário com alguns conteúdos do tópico.

A estrutura resultante tem a forma de um grafo. Os nós do grafo representam um tópico determinado, formado por vários arquivos. As ligações entre os nós representam a relação “próximo tópico a ser apresentado”. Inicialmente, todas as ligações entre os nós estão desativadas. As ligações entre os nós irão sendo ativadas segundo o andamento do aprendiz, ou seja, segundo suas ações e segundo o estado do sistema. Teoricamente, qualquer nó pode ter uma ligação com qualquer outro. A estrutura resultante é esquematizada na figura 6.1. Nela pode-se observar que a matéria está constituída por um conjunto de nós

independentes (figura 6.1.a). Uma vez alcançado o estado inicial do sistema, um nó se torna o primeiro a ser apresentado. A partir dele, as ligações vão sendo estabelecidas, de forma dinâmica, segundo as ações do aprendiz e a avaliação de suas características (figura 6.1.b). Desta forma, o sistema gera um grafo específico para cada aluno, respondendo a suas necessidades e preferências (figura 6.1.c). Uma base de dados permite que o sistema gerencie o carregamento na tela dos arquivos correspondentes a cada situação.

A importância da geração de um grafo específico para cada aprendiz se deve a que ele é o resultado das seleções do mecanismo de adaptação. Desta forma, o sistema “filtra” as atividades, selecionando um pequeno grupo delas, dentre a grande quantidade de possibilidades disponíveis. A “filtragem” se faz baseada no Modelo do Aluno e nas ações do aprendiz sobre a Interface.

A figura 6.1.b apresenta algumas situações que podem acontecer no estabelecimento das ligações. Uma situação comum ocorre quando o próximo nó é selecionado e vários arquivos desse nó devem ser carregados simultaneamente na tela. Outra situação pode estabelecer que, a partir de um nó, vários outros nós sejam oferecidos ao aprendiz como “próximo nó”. Nesse caso o sistema pode dar liberdade de escolha ao aprendiz, se o atributo navegação tomou o valor “livre”, ou o sistema escolhe o primeiro nó, segundo uma numeração preestabelecida deles. Desta forma, se estabelece uma seqüência, mesmo quando um nó tem ligações com mais de um nó ao mesmo tempo. Por último, se um aprendiz não consegue ter sucesso na avaliação de um nó, o mesmo nó é oferecido novamente, mas desta vez carregando outros arquivos na tela, o que equivale a modificar a forma da apresentação. Cabe lembrar aqui, que focalizando unicamente a forma de apresentação, a presente metodologia não considerou critérios pedagógicos que permitam inferir porque o aluno não passou corretamente um determinado tópico, pelo que a estratégia seguida quando o aprendiz falha numa avaliação, é repetir o mesmo conteúdo usando outros meios. Um diagnóstico cognitivo mais aprofundado do aluno, forma parte de trabalhos futuros. A inserção de critérios pedagógicos que avaliem possíveis causas de erros nos aprendizes pode ser facilitada pela formalização de autômatas. Modelado como autômata o STI pode, mais facilmente, integrar ou ser integrado a um tutor mais completo, do ponto de vista psicopedagógico.

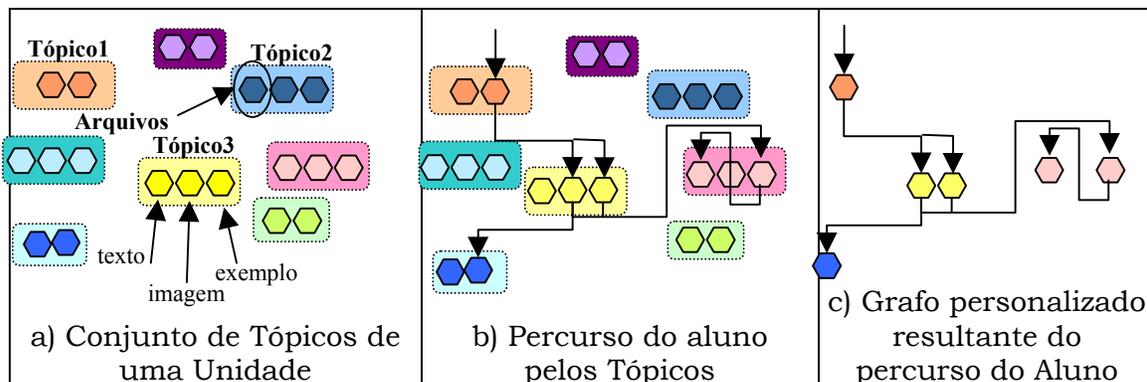


Figura 6.1 Organização dos conteúdos, mídias e ambientes.

6.2.3 Construção dos conteúdos

Uma das vantagens da estruturação dos conteúdos é que permite que a orquestração das tecnologias utilizadas para representar as informações seja dirigida por critérios pedagógicos. Os diversos tipos de alunos considerados determinam quais atividades devem ser implementadas. Pode ser construída uma tabela que considere as características dos aprendizes e permita planejar, a partir delas, as atividades que podem ser oferecidas. Desta forma propõe-se um método para projetar o Módulo Especialista, constituído pelos seguintes passos:

1. **Subdivisão dos conteúdos:** A subdivisão da matéria em tópicos e nós se faz em função das características que influem na seleção dos conteúdos. Por exemplo, se alguns tópicos não são adequados para alguns tipos de aprendizes eles devem ser separados, para poder ser eventualmente excluídos do conjunto de tópicos oferecidos. A matéria deve ser dividida em tópicos que possam articular os diferentes interesses que são considerados. Também se deve separar conteúdos que contenham informações referentes às diferentes fases de diagnóstico que tenham sido contempladas. Devem ser separados conteúdos mais teóricos dos mais práticos, para atingir estilos globais, intuitivos e sensitivos. Devem ser separadas problemáticas sociais, para aprendizes interpessoais, de problemáticas mais específicas do indivíduo para aprendizes intrapessoais. Devem ser projetados conteúdos apresentando

informações de forma a atingir algumas características específicas (por exemplo, agrupar números e estatísticas para apresentar dados numéricos para pessoas com inteligência lógico-matemática, inserir depoimentos de pessoas para aprendizes verbais, etc.).

2. **Projeto de Atividades:** Idealmente, todos os tópicos deveriam ser implementados em todas as atividades pedagógicas, em particular, as apresentações seqüenciais e os ambientes de exploração. No entanto, existem alguns conteúdos que se adaptam mais a um ambiente que a outro, pelo que essa adequação deve ser considerada para projetar o mínimo de ambientes possível, em especial ambientes de exploração visto que eles têm um alto custo de desenvolvimento. A apresentação seqüencial pode ser utilizada para todos os nós, tendo preferência nos temas bem estruturados e que apresentem fatos como “História do Diabetes Mellitus”. Ambientes de exploração devem ser projetados para tópicos que tratam de temas referentes a metodologias ou processos, por exemplo, informações sobre “Como ajustar a dieta às atividades cotidianas” de uma pessoa diabética. Este tipo de ambientes pode também ser projetado para agrupar as informações e conhecimentos de vários tópicos, de forma a criar atividades que integrem conhecimentos.
3. **Outras atividades:** Para cada tópico o maior número de cenários e exemplo deve ser implementado, respeitando os requisitos impostos pelas características do aprendiz dirigidas a essas atividades.
4. **Mídias:** Cada atividade pedagógica deve ser implementada utilizando todas as mídias consideradas para formar a interface.
5. **Navegação e Interação:** A liberdade de navegação determina que controles serão disponibilizados na tela: controles de navegação livre, ou controles que permitem unicamente o avanço e retrocesso dos conteúdos. Os primeiros permitem carregar uma tela contendo todos os tópicos disponíveis e permitindo ao usuário se deslocar para qualquer um deles. Os segundos permitem somente um avanço para a próxima tela e um retrocesso, sem permitir o deslocamento manual de um tópico para outro. Os controles serão carregados pelo sistema segundo a determinação de se a navegação deve ser livre ou predeterminada. Por outra parte, o máximo número de links deve ser projetado para cada atividade pedagógica e esses links devem ser

disponibilizados para que o sistema possa carrega-los na tela, segundo o nível de interação que tenha sido determinado para o aprendiz.

6.

Tabela 6.1 Arquivos que compõem um tópico

Conteúdo	Atividade	Mídia	Arquivos	Links	Navegação	
Tópico1	ASEQ	(VERBAL) TXT FALA	ASEQTXT01 ASEQFAL01	Hipertexto Menu Comandos	Listagem dos tópicos Palavras: avançar/ Voltar	
		(MUSICAL) SOM MUSICA	ASEQSOM01 ASEQMUS01	Controles de CD player		
		(VISUAL) VÍDEO ANIMAÇÃO IMAGENS	ASEQVID01 ASEQANI01 ASEQIMG01	Hipermídia Ícones Botões	Mapa da estrutura Setas de deslocamento	
		(INTERPESSOAL) PERSONAGENS	ASEQPER01	Hipermídia		
	ACON	(VERBAL) TXT FALA	ACONTXT01 ACONFAL01	Hipertexto Menu Comandos	Descrição dos tópicos Palavras: avançar/ Voltar	
		(MUSICAL) SOM MUSICA	ACONSOM01 ACONMUS01	Controles de CD player		
		(VÍSUAL) VÍDEO ANIMAÇÃO IMAGENS	ACONVID01 ACONANI01 ACONIMG01	Hipermídia Ícones Botões	Mapa da estrutura Setas de deslocamento	
		(INTERPESSOAL) PERSONAGENS	ACONPER01	Hipermídia		
	ADIC		etc...			

Uma tabela pode ser construída para facilitar a combinação de todos os fatores que intervêm na construção do Módulo Especialista e que conformarão a Interface. Esta tabela facilita a implementação de uma base de dados com os nomes dos arquivos correspondentes às diversas atividades, mídias e links que devem ser projetados. Um exemplo é apresentado na tabela 6.1, onde somente algumas características foram consideradas. Dado um tópico, a tabela permite determinar que atividades serão projetadas, considerando todas as características que se desejam atingir. Portanto, a tabela 6.1 permite definir o tipo de atividade pedagógica, as mídias, a interatividade e os controles de navegação.

Quando a tabela 6.1 está completa, ela oferece todas as alternativas possíveis, ou seja, todas as combinações possíveis de características e todos os ambientes correspondentes. Isto não significa que todas as alternativas devam, obrigatoriamente, ser implementadas. Os links e controles de navegação são armazenados em arquivos independentes. Seu número e forma variam de uma atividade para outra. Os exemplos e os cenários devem ser os mais diversos possíveis, ou seja, devem responder ao maior número de características consideradas no projeto. Na tabela 6.2 são apresentadas algumas características que influem no projeto dos exemplos e dos cenários. Um cenário ou um exemplo pode ser construído para cada linha da parte direita da tabela 6.2.

Tabela 6.2 Construção de Exemplos e Cenários

Estagio	Cultura	Fase	Sexo	Nível Sócio-Econôm.	Estilo de Aprendizagem	Inteligências Múltiplas
PreOp	Florianópolis	Fase I	Feminino	Baixo	-	-
				Médio	-	-
		Masculino	Baixo	-	-	
			Médio	-	-	
		Fase II	Feminino	Baixo	-	-
				Médio	-	-
	Masculino	Baixo	-	-		
		Médio	-	-		
	Temuco	Fase I	Feminino	Baixo	-	-
				Médio	-	-
		Masculino	Baixo	-	-	
			Médio	-	-	
		Fase II	Feminino	Baixo	-	-
				Médio	-	-
Masculino	Baixo	-	-			
	Médio	-	-			
OpF	Florianópolis	Fase I	Feminino	Baixos	VIS	LOG-MAT
						MUS
						ECO
						CIN
						INTP
					VRB	LOG-MAT
						MUS
						ECO
						CIN
						INTP
					SEQ	LOG-MAT
						MUS
						ECO
						CIN
						INTP
Etc.						

6.2.4 Conclusões sobre o Módulo Especialista

Como visto nas seções anteriores, o Módulo Especialista armazena os conteúdos que serão apresentados ao aprendiz. Estes conteúdos não podem ser armazenados sem uma forma, pelo que o estudo salientou a necessidade de implementar, para cada tópico, uma grande variedade de arquivos, com mídias, atividades, cenários e links diferentes. O método proposto para a construção das atividades permite assegurar que nenhuma variável do processo de ensino-aprendizagem seja involuntariamente descartada. O processo continua sendo longo e complexo, mas o desenvolvimento da interface deixa de ser “cego” e passa a ser orientado, em cada etapa, pelas estratégias e táticas pedagógicas consideradas no projeto. Isto representa um grande esforço na criação dos arquivos e exige do sistema uma grande velocidade de processamento, assim como capacidade de armazenamento para tanta quantidade de informação em formatos diferentes.

O elevado ritmo de desenvolvimento dos sistemas computacionais permite pensar que a médio prazo, estas limitações deixarão de existir. Com efeito, existe um grande aumento no número de sistemas de autoria que permitem, de forma cada vez mais simples, manipular as diversas tecnologias para construir interfaces. Por outra parte, a velocidade de processamento e a capacidade de armazenamento são cada vez maiores, além de existirem técnicas de armazenamento distribuído, compactação, etc., que permitem manipular grandes quantidades de informação com as limitações atuais dos computadores. Por estas razões, estes requisitos não se tornam limitações ao desenvolvimento destes sistemas. Pelo contrário, caso se considere as comunidades de aprendizagem vistas na seção 3.4.4, pode-se pensar em especialistas implementando alguns dos tópicos, de forma remota, contextualizando, por exemplo à sua realidade, ou dando mais ênfase a alguns estilos, segundo os estilos próprios do projetista. O conjunto destas atividades poderia ser manipulado de forma centralizada pelo STI, aumentando fortemente o poder e a variedade das informações.

6.3 Módulo Aluno

A seguir são apresentados os requisitos que o Módulo Aluno deve cumprir para permitir o trabalho do mecanismo de adaptação. Em particular, para a implementação de uma atividade de diagnóstico inicial é apresentado um estudo estatístico realizado sobre os questionários desta atividade. Este estudo pode ser usado para diminuir a grande quantidade de perguntas que conformam, tradicionalmente, os questionários que tentam identificar características nos aprendizes. Também é proposta uma forma de implementação de um SE simbólico que analise as respostas dos questionários e deduza o Modelo do Aluno.

6.3.1 Objetivo do Módulo Aluno

O Módulo Aluno armazena os estados do sistema. Lembra-se que na formalização matemática proposta neste trabalho para os STI, cada estado do sistema corresponde a um Modelo do Aluno, ou seja, corresponde ao que o sistema identifica do aprendiz e que lhe permite planejar as saídas. O Módulo Aluno deve armazenar, portanto, o Modelo do Aluno, formado pelo seu conjunto de características conforme visto na seção 4.2.1. A cada instante, este Modelo do Aluno deve ser atualizado de forma que para cada ação do aprendiz, o sistema possa tomar uma decisão adequada a respeito de suas necessidades de apresentação, de estratégias e de conteúdos.

O Módulo Aluno tem também a tarefa de permitir que o sistema alcance o Estado Inicial. Portanto, ele deve ter conhecimentos sobre como diagnosticar o aprendiz para obter o primeiro Modelo que o identifica. O Módulo Aluno adquire as informações necessárias para iniciar seu trabalho mediante atividades de diagnóstico. O objetivo destas atividades é determinar os valores que tomam as características consideradas no projeto. Uma vez que o sistema identificou o aprendiz, o estado inicial é alcançado e o sistema está pronto para funcionar.

6.3.2 Atividade de Diagnóstico

Para poder determinar as características cognitivas do aprendiz, o sistema oferece uma Atividade de Diagnóstico, antes de entrar nas atividades Pedagógicas. Em sua primeira interação com o sistema, o aprendiz é submetido a

um diagnóstico baseado num conjunto de questionários. Estes questionários foram obtidos a partir do estudo bibliográfico e foram descritos na seção 4.2.2. Alguns deles foram adaptados com o objetivo de diminuir o número de perguntas e diminuir assim o tempo de diagnóstico. Cabe salientar que o sistema não pretende identificar de forma exata o aprendiz, mas sim obter informações qualitativas sobre ele que lhe permitam tomar decisões sobre a Interface. É importante lembrar novamente, que a validade das ferramentas para identificar o aprendiz pode ser questionada. No entanto, a metodologia se aplica a estas ferramentas ou pode ser aplicada a outras consideradas mais confiáveis.

Algumas características podem ser obtidas diretamente das respostas dos aprendizes aos questionários, mas outras devem ser submetidas a um processamento. É o caso dos questionários referentes aos Estilos de Aprendizagem e às Inteligências Múltiplas. As respostas a estes questionários devem ser processadas para poder detectar as características procuradas. Além disto, ambos questionários possuem um grande número de perguntas (44 e 90, respectivamente, ver ANEXO I), tornando necessário desenvolver algum método que permita diminuir o número de perguntas e obter as características processando um subconjunto de perguntas do questionário completo.

Para isto, foram realizadas duas atividades que são explicadas a seguir. Em primeiro lugar foi desenvolvido um estudo estatístico com o objetivo de reduzir o número de perguntas do questionário, identificando as perguntas mais significativas para a detecção das variáveis. Em segundo lugar foi projetado e implementado um Sistema Especialista, baseado em regras, que permite identificar os Estilos de Aprendizagem e as Inteligências Múltiplas, a partir da análise do subconjunto de perguntas obtido a partir do estudo estatístico da primeira atividade.

6.3.3 Estudo estatístico

Objetivo do Estudo

O objetivo deste estudo é diminuir o número de perguntas de dois questionários que foram extraídos da literatura e que permitem determinar os Estilos de Aprendizagem dos alunos e suas Inteligências Múltiplas. Para isto, as atividades que foram desenvolvidas são:

- Aplicar questionários a diversos usuários e profissionais que trabalham em conjunto com o GRUMAD-HU (Grupo Multiprofissional de Atendimento ao Diabético, do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina), assim como a diversos alunos do IEB-EEL (Instituto de Engenharia Biomédica do Depto. de Engenharia Elétrica da UFSC).
- Realizar um estudo estatístico sobre os resultados, com o objetivo de determinar quais são as perguntas mais significativas para a obtenção dos resultados.

Justificativa

A revisão bibliográfica permitiu obter questionários que permitem identificar algumas características como os Estilos de Aprendizagem e as Inteligências Múltiplas, nos usuários do sistema. O uso de questionários é compatível com uma consideração do projeto que determina que o sistema deverá identificar principalmente adolescentes e adultos. No entanto, a eficiência do sistema, assim como a motivação que este deve criar no usuário, é prejudicada se é oferecido um conjunto extenso de perguntas, as que, geralmente, não estão relacionadas com os conteúdos que são de seu interesse. Por esta razão, existe a necessidade de reduzir drasticamente o número de perguntas de cada questionário.

O projeto surge de duas constatações. Em primeiro lugar, na literatura analisada não foram achados critérios que permitam diminuir o número de perguntas dos questionários. Em segundo lugar o sistema não precisa obter uma identificação exata das características do usuário, devido a que o Sistema Especialista pode tomar decisões com graus de confiança pequenos. A aplicação do questionário e sua análise estatística se constituiu no meio para poder determinar que perguntas podem ser eliminadas, mantendo uma confiabilidade aceitável da ferramenta, para os objetivos colocados.

Critérios de seleção dos participantes

O único critério de exclusão de participantes assinala que o questionário não será aplicado a menores de 11 anos. Isto se deve a que o STI não tentará identificar características em crianças, dando a elas mais liberdade e meios de interação. Portanto participaram do estudo pessoas adultas e adolescentes, de

ambos sexos, pertencentes a qualquer faixa etária e de qualquer origem sócio-cultural.

As pessoas que concordaram em participar do estudo firmaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)¹. Para o caso de menores de Idade, um Termo para os Responsáveis Legais foi apresentado. Os participantes puderam responder ao questionário em casa, mas foi solicitado, na medida do possível, o preenchimento do questionário nas dependências do Hospital Universitário e do Centro Tecnológico, ambos da Universidade Federal de Santa Catarina, onde o estudo foi realizado. Os participantes não precisaram se identificar, no questionário.

Recursos disponíveis para o Estudo

O estudo foi realizado com o suporte do pessoal clínico do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU/UFSC), em particular, com a participação de uma médica e uma enfermeira do Grupo Multidisciplinar de Atendimento ao Diabético (GRUMAD/HU/UFSC), assim como de outros profissionais que trabalham nessa área (nutricionistas, psicólogos, assistentes sociais, professores de educação física, etc.). A infra-estrutura hospitalar, com acesso às pessoas diabéticas e suas famílias, permitiu a coleta de dados. O laboratório de microcomputadores do Instituto de Engenharia Biomédica (IEB/UFSC) foi utilizado para o desenvolvimento das análises estatísticas. O IEB e o GRUMAD já possuem experiência de trabalhos conjuntos, tendo formado equipes multidisciplinares para o desenvolvimento de vários projetos de pesquisa, entre eles MONTELLO (1999) e OGLIARI (1999).

Análise Estatística dos dados

O estudo estatístico contemplou um universo mínimo de 54 pessoas por questionário. Para isto, cada questionário foi oferecido a 70 pessoas, organizadas da forma a seguir:

- 18 profissionais da área de saúde do HU;
- 35 usuários do HU (pessoas com diabetes ou familiares);
- 17 alunos do curso de pós-graduação e funcionários do IEB.

¹ Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos – CEPESH da UFSC.

Deste universo total, o questionário sobre Estilos de Aprendizagem foi preenchido por 62 participantes e o questionário sobre as Inteligências Múltiplas foi preenchido por 55 participantes, originando 62 e 55 casos, respectivamente, para a análise estatística das 13 variáveis pesquisadas (aprendizes SEQ, GLO, ACT, REF, SEN, INT, VIS, VRB, ECO, MUS, CIN, LOGMAT, INTP).

Uma vez que os questionários preenchidos foram recuperados, as respostas foram digitalizadas e inseridas num Sistema Estatístico, o *SPSSWIN* para Windows, versão 6.0 (NORUSIS, 1993). Foi utilizada a análise do discriminante, que permite construir a combinação linear das variáveis independentes do problema. O discriminante calcula os coeficientes de cada variável. A combinação linear permite classificar os casos segundo os grupos que corresponda (visual ou verbal, por exemplo). As variáveis com coeficientes mais altos são as que mais influem na classificação, originando as que serão selecionadas, descartando as variáveis com coeficientes mais baixos. O número mínimo de variáveis deve garantir uma taxa aceitável de classificação correta dos grupos.

Neste problema, as variáveis independentes são as perguntas de cada questionário. Como visto na seção 4.2.2, o questionário dos Estilos de Aprendizagem está formado por quatro questionários, cada um de 11 perguntas que medem duas características simultaneamente: SEQ-GLO; ACT-REF; SEN-INT; VIS-VRB. Por sua vez, o questionário das Inteligências Múltiplas está formado por 5 questionários de 18 perguntas que medem se o aprendiz tem ou não a inteligência correspondente. Considera-se que as variáveis determinam a pertinência de cada caso, a um dos grupos definidos pelo problema. Com relação aos Estilos de Aprendizagem, o Grupo1 corresponde à primeira característica da dupla e o Grupo2 à segunda, sendo que no caso das Inteligências Múltiplas, o Grupo1 corresponde aos indivíduos que apresentam a inteligência em questão e o Grupo2, aos que não a apresentam. Será tomado o menor número de perguntas que garanta uma classificação correta dos usuários. Inicialmente considera-se um número superior ou igual a 95% de classificados corretamente. A função “Discriminante” do *SPSSWIN* realiza de forma automática todas as etapas do processo de análise, desde a validação dos dados de entrada até a obtenção das perguntas mais significativas para a construção dos questionários finais.

Resultados

Dentro da função discriminante, o método Wilks' Lambda foi utilizado para modelar o questionário com um subconjunto de perguntas. Quando as perguntas são analisadas individualmente, o valor lambda é calculado como a relação entre a soma dos valores quadrados entre os grupos (within-groups) sobre o total da soma dos valores quadrados. Valores altos de lambda indicam que a média da variável não é diferente entre um grupo e outro. No entanto, pequenos valores de lambda indicam que as médias do grupo são diferentes, significando que essas variáveis diferem grandemente quando se trata de um grupo ou do outro. Desta forma, elas podem ser bons indicadores (*“predictors”*) de um grupo determinado. A cada passo do processo os valores lambda são calculados, e as variáveis que têm o menor valor são selecionadas para entrar no modelo.

Utilizando este método, foram analisadas todas as respostas dos questionários. O sistema SPSS realizou todos os cálculos relativos a esta análise, sendo que a seguir foram colocadas unicamente as tabelas de resumo finais para cada característica que está sendo pesquisada. Para evitar redundância de informações, como o processo é o mesmo para todas as características analisadas, serão brevemente explicados, no parágrafo a seguir, os conteúdos das tabelas resumo, para depois serem colocadas as tabelas. Um conjunto de tabelas se refere aos Estilos de Aprendizagem e o outro às Inteligências Múltiplas.

O primeiro passo do processo permite selecionar os casos que serão incorporados a análise. Efetivamente, os questionários incompletos, onde algumas perguntas não foram respondidas são descartados. Este resultado é apresentado nas tabelas **“Resumo da análise dos casos”** (tabela 6.3 e tabela 6.7). Como o método Wilks' Lambda é utilizado, as *“F to enter”* mínima (mínimo valor para incluir uma variável) e *“F to remove”* máxima (máximo valor para excluir uma variável) são apresentadas nas tabelas **“Considerações do processamento”** (tabela 6.4 e tabela 6.8). Estes valores permitem ajustar o número de variáveis que são incluídas na análise, já que são os patamares usados como critério para incluir ou descartar as variáveis. O processamento acaba quando o valor de *“F to enter”* Mínimo ou *“F to remove”* Máximo é atingido, impossibilitando a análise de outro passo. Na tabela **“Variáveis na Análise”** (tabela 6.5 e tabela 6.9) estão apresentadas as perguntas mais significativas que foram incluídas bem como

aquelas que foram descartadas durante o cálculo do discriminante. Por último, para verificar a exatidão do modelo resultante, o sistema estatístico classifica novamente os casos, utilizando unicamente as variáveis incluídas na análise, ou seja, as perguntas mais significativas. A classificação de cada questionário reduzido é apresentada nas tabelas “**Resultados da classificação**” (tabela 6.6 e tabela 6.10).

Resultados: Questionário dos Estilos de Aprendizagem

Tabela 6.1 Resumo da análise dos casos do questionário dos Estilos de Aprendizagem

	SEQ-GLO	ACT-REF	SEN-INT	VIS-VRB
Casos incluídos	58	61	61	62
Casos excluídos	4	1	1	0
Total de Casos	62	62	62	62

Tabela 6.2 Considerações do processamento

	SEQ-GLO	ACT-REF	SEN-INT	VIS-VRB
Número máximo de passos	22	22	22	22
Número de passos efetuados	6	5	5	6
“ <i>F to enter</i> ” Mínima	3,00	3,81	3,00	5,00
“ <i>F to remove</i> ” Máxima	2,71	3,00	2,71	2,71

Tabela 6.3 Variáveis na Análise

	SEQ-GLO	ACT-REF	SEN-INT	VIS-VRB
Perguntas incluídas	PER8	PER33	PER10	PERG27
	PER16	PER41	PER14	PERG19
	PER28	PER37	PER42	PERG35
	PER44	PER5	PER18	PERG11
	PER32	PER21	PER26	PERG31
	PER20			PERG15
Perguntas excluídas	PER4	PER1	PER2	PERG3
	PER12	PER9	PER6	PERG7
	PER24	PER13	PER22	PERG23
	PER36	PER17	PER30	PERG39
	PER40	PER25	PER34	PERG43
		PER29	PER38	
Total de Perguntas	6 de 11	5 de 11	5 de 11	6 de 11

O questionário inicial foi reduzido em 50%: de 44 perguntas originalmente, o questionário reduzido ficou com 22 perguntas.

Tabela 6.4 Resultados da classificação utilizando o modelo reduzido

	SEQ-GLO	ACT-REF	SEN-INT	VIS-VRB
Certos Grupo 1	30	38	38	34
Errados Grupo 1	2	4	4	0
Total Grupo 1	32	42	42	34
Certos Grupo 2	26	18	18	25
Errados Grupo 2	1	1	1	3
Total Grupo 2	27	19	19	28
Percentagem de Acertos	94,9%	91,8%	91,8%	95,2%

Resultados: Questionário das Inteligências Múltiplas

Tabela 6.5 Resumo da análise dos casos do questionário das Inteligências Múltiplas

	ECO	MUS	CIN	LOG-MAT	INTP
Casos incluídos	52	53	55	54	53
Casos excluídos	3	2	0	1	2
Total de Casos	55	55	55	55	55

Tabela 6.6 Considerações do processamento

	ECO	MUS	CIN	LOG-MAT	INTP
Número máximo de passos	36	36	36	36	36
Número de passos efetuados	6	6	5	4	4
“ <i>F to enter</i> ” Mínima	2,00	2,84	3,00	3,84	3,00
“ <i>F to remove</i> ” Máxima	1,90	2,71	2,71	2,71	2,71

Tabela 6.7 Variáveis na Análise

	ECO	MUS	CIN	LOG-MAT	INTP
Perguntas incluídas	PERG4	PERG15	PERG1	PERG9	PERG4
	PERG8	PERG11	PERG16	PERG15	PERG11
	PERG18	PERG14	PERG6	PERG8	PERG13
	PERG13	PERG12	PERG10	PERG13	PERG3
	PERG2		PERG14		
	PERG3				
Perguntas excluídas	PERG1	PERG1	PERG2	PERG1	PERG1
	PERG5	PERG2	PERG3	PERG2	PERG2
	PERG6	PERG3	PERG4	PERG3	PERG5
	PERG7	PERG4	PERG5	PERG4	PERG6
	PERG9	PERG5	PERG7	PERG5	PERG7
	PERG10	PERG6	PERG8	PERG6	PERG8
	PERG11	PERG7	PERG9	PERG7	PERG9
	PERG12	PERG8	PERG11	PERG10	PERG10
	PERG14	PERG9	PERG12	PERG11	PERG12
	PERG15	PERG10	PERG13	PERG12	PERG14
	PERG16	PERG13	PERG15	PERG14	PERG15
	PERG17	PERG16	PERG17	PERG16	PERG16
		PERG17	PERG18	PERG17	PERG17
		PERG18		PERG18	PERG18
Total de Perguntas	6 de 18	4 de 18	5 de 18	4 de 18	4 de 18

O questionário inicial foi reduzido em 74,44%: de 90 perguntas originalmente, o questionário reduzido ficou com 23 perguntas.

Tabela 6.8 Resultados da classificação utilizando o modelo reduzido

	ECO	MUS	CIN	LOG-MAT	INTP
Certos Grupo 1	46	26	36	48	47
Errados Grupo 1	0	1	0	1	2
Total Grupo 1	46	27	36	49	49
Certos Grupo 2	7	26	19	6	5
Errados Grupo 2	2	1	0	0	0
Total Grupo 2	9	27	19	6	5
Porcentagem de Acertos	96,4%	96,3%	100%	98,2%	96,3%

6.3.4 Sistema Especialista

Objetivo do Sistema Especialista

O objetivo desta etapa é construir um Sistema Especialista, baseado em regras, inserido no Módulo Aluno e que permita a obtenção de algumas das Características do aprendiz. Este SE permite analisar os questionários reduzidos, obtidos a partir da análise estatística anterior e obter os Estilos de Aprendizagem e as Inteligências Múltiplas. Para isto, serão implementadas as seguintes atividades:

- Implementação da base de conhecimento do SE sobre Estilos de Aprendizagem, a partir das perguntas do questionário correspondente;
- Implementação da base de conhecimento do SE sobre Inteligências Múltiplas, a partir das perguntas do questionário correspondente;
- Realização de um processo de validação dos dois sistemas resultantes, utilizando os questionários preenchidos, para o ajuste das regras.

Justificativa

Como o número de perguntas diminuiu, não é mais possível utilizar as técnicas oferecidas pelos autores dos questionários para obter as características procuradas. Um SE pode, de forma qualitativa, analisar as respostas dos questionários reduzidos e determinar os resultados. Desta forma, foram implementados dois SE, um para determinar os oito Estilos de Aprendizagem considerados e o segundo para determinar as 5 Inteligências Múltiplas. Estes SE podem ser integrados em um SE, tendo sido desenvolvidos em separado para facilitar a etapa de validação.

Para inferir as características procuradas a partir das respostas às perguntas foram utilizadas regras. Estas foram obtidas da análise de cada pergunta e das

implicações que um tipo de resposta tem para o resultado final. As características inferidas pelo SE, como resultado do processamento, têm graus de confiança específicos, que determinam a importância da característica correspondente. Um SE baseado em regras representou uma ferramenta adequada para este problema de análise de questionários reduzidos, se adaptando a seus requisitos.

Recursos utilizados

Para implementar o Sistema Especialista foi utilizada a Shell *Expert Sinta*, versão 1.1b, desenvolvida pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Ceará (LIA/UFC). Esta shell permite a criação das regras, de forma interativa e possui um Motor de inferência que, entre outras características, permite a utilização do encadeamento para trás (backward chaining), tem ferramentas de depuração e possibilita a inclusão de ajudas on-line para facilitar o trabalho do usuário. O sistema trabalha com fatores de confiança que permitem o tratamento de incertezas. O intervalo de grau de confiança varia de 0 a 100.

Resultados

O SE para os Estilos de Aprendizagem foi implementado com 44 regras. Estas correspondem às 22 perguntas do questionário reduzido. O SE para as Inteligências Múltiplas foi implementado com 46 regras que correspondem às 23 perguntas do questionário reduzido. As regras analisam as respostas do usuário e atualizam os graus de confiança das características. No questionário sobre as Inteligências Múltiplas, o usuário tem acesso a colocar graus de confiança nas suas respostas. No questionário dos Estilos, o usuário pode unicamente selecionar uma ou outra das duas alternativas disponíveis para a seleção, sem acesso a graus de confiança. Por outra parte, a ordem das perguntas dos questionários originais é mantida para os questionários dos SE. Estas restrições permitem manter o máximo de similaridade entre os questionários originais e os questionários dos SE. No ANEXO III são apresentadas algumas regras dos dois Sistemas Especialistas.

A validação dos SE finais foi realizada utilizando os questionários preenchidos obtido na análise estatística. Foi feita uma comparação entre os resultados dos questionários completos e os resultados dos SE. Utilizou-se o critério de validar 10% dos casos disponíveis para cada conjunto de características, desta forma foram validados 7 casos, dos 62 correspondentes aos Estilos de Aprendizagem e 6 casos correspondentes aos 55 das Inteligências Múltiplas. O número referente a cada um dos casos de validação foi gerado aleatoriamente mediante a função correspondente do *Microsoft Excel*. O resultado é apresentado na tabela 6.11.

Tabela 6.1 Geração dos casos de validação

Questionário	Função utilizada	Casos
Estilos de Aprendizagem	Inteiro[62*Aleatorio()]	55; 27; 22; 32; 44; 30; 11
Inteligências Múltiplas	Inteiro[55*Aleatorio()]	13; 27; 26; 2; 33; 21

Os resultados obtidos mediante os dois métodos de análise (Questionário completo e Sistema Especialista) são apresentados a seguir. A tabela 6.12. apresenta os casos correspondentes aos Estilos de Aprendizagem e a tabela 6.13 apresenta os casos de validação correspondentes às Inteligências Múltiplas. Nestas tabelas estão apresentados, para ambos questionários, os resultados obtidos pela análise do questionário completo e os resultados obtidos pela análise do SE. Para facilitar a comparação qualitativa, os resultados da importância de cada característica estão organizados em ordem decrescente.

Tabela 6.2 Resultados para os 7 casos de validação (Estilos de Aprendizagem).

Resultados do Questionário Completo (44 perguntas)													
55		27		22		32		44		30		11	
VRB	9	VRB	9	ACT	5	SEN	5	SEN	3	SEQ	5	SEN	9
ACT	7	INT	3	GLO	1	VRB	3	SEQ	3	SEN	5	VIS	7
SEN	1	GLO	3	INT	1	SEQ	1	VRB	1	VIS	3	ACT	5
SEQ	1	REF	1	VRB	1	REF	1	ACT	1	REF	1	GLO	1
Resultados do Sistema Especialista (22 perguntas)													
55		27		22		32		44		30		11	
ACT	92,22	VRB	90,95	ACT	87,17	VRB	86,63	SEN	87,17	REF	87,17	SEN	92,22
SEN	87,17	INT	87,17	GLO	80,25	SEQ	80,25	SEQ	86,63	SEQ	80,25	VIS	86,63
VRB	86,63	GLO	80,25	INT	78,83	REF	78,63	VRB	86,63	VIS	80,25	ACT	78,83
SEQ	80,25	ACT	78,83	VRB	70,82	SEN	78,63	ACT	78,83	SEN	78,83	GLO	70,81
GLO	56,88	REF	65,07	VIS	70,82	ACT	65,07	REF	65,07	INT	65,07	SEQ	70,81
INT	42,36	SEQ	56,88	SEN	65,07	INT	65,07	INT	42,36	VRB	56,88	REF	65,07
VIS	36,28	SEN	42,36	SEQ	56,88	GLO	56,88	VIS	36,28	GLO	56,88	VRB	36,28
REF	4,90	VIS	5,85	REF	42,36	VIS	36,28	GLO	36,28	ACT	42,36	INT	4,90

Tabela 6.3 Resultados obtidos para os 6 casos de validação (Inteligências Múltiplas)

Resultados do Questionário Completo (90 perguntas)											
13		27		26		2		33		21	
L-M	3,2	L-M	2,7	INTP	3,8	L-M	2,8	CIN	3,9	INTP	3,9
INTP	3,1	INTP	2,7	MUS	3,3	ECO	2,7	ECO	3,6	ECO	3,2
ECO	1,7	CIN	2,3	L-M	3,1	INTP	2,2	MUS	3,3	L-M	2,7
CIN	1,3	ECO	1,8	ECO	3,1	CIN	2,1	INTP	3,3	CIN	2,7
MU	1,2	MUS	1,8	CIN	2,9	MU	1,6	L-M	2,4	MUS	2,6
Resultados do Sistema Especialista (23 perguntas)											
13		27		26		2		33		21	
L-M	72,96	L-M	90,92	INTP	93,10	L-M	91,09	CIN	93,37	INTP	94,68
INTP	46,46	INTP	76,70	L-M	91,06	ECO	82,65	MUS	91,14	L-M	91,06
ECO	18,20	CIN	63,50	MUS	89,46	INTP	65,06	ECO	89,80	ECO	88,22
MU	18,20	ECO	61,43	CIN	88,55	MUS	58,81	INTP	86,47	MUS	86,34
CIN	18,20	MUS	45,63	ECO	82,60	CIN	50,57	L-M	73,20	CIN	81,10

Como o questionário reduzido é um subconjunto do questionário original, não é possível que exista uma coincidência quantitativa exata nas respostas dos dois métodos. Com efeito, como acontece nos casos 55 e 30 dos estilos de Aprendizagem, as perguntas selecionadas no questionário reduzido, são exatamente as perguntas onde o usuário selecionou a mesma opção, pelo que a característica correspondente toma um valor mais alto do que ele toma quando todas as perguntas são consideradas. O mesmo acontece com o segundo questionário. Desta forma é preciso realizar uma análise qualitativa nas perguntas. Foi, no entanto, procurado o cumprimento das condições que são explicadas a seguir:

- Uma característica fortemente salientada como resultado da análise do questionário completo (índice maior que 7) deve implicar que ela seja também salientada como resultado da análise do SE (grau de confiança superior a 90);
- A ordem de importância das características mais acentuadas deve, aproximadamente, se manter entre a análise das respostas dos questionários completos e a análise das respostas do SE;

Um valor limite deve ser identificado, de forma a considerar que o usuário tem uma preferência pelas variáveis cujo valor está acima do valor limite.

Nos casos 27 e 11 da tabela 6.12 e nos casos 26, 33 e 21 da tabela 6.13, onde uma característica está muito próxima do valor máximo (superior ou igual a 7/11 para os Estilos de Aprendizagem e superior ou igual a 3,5/4 para as Inteligências Múltiplas) a primeira condição é cumprida. No caso 55 da tabela 6.12, embora a característica máxima não tenha o valor mais alto na segunda

análise, ela conserva um valor alto (86,63), implicando numa situação aceitável. Portanto, de 6 casos, 1 não cumpre com a condição 1, o que dá uma taxa de erro de 16,67%.

Em seis dos treze casos (22, 44, 11, 13, 27, 2) a ordem de importância das características mais acentuadas é exatamente mantida. Nos casos 26, 33 e 21 esta condição se cumpre aproximadamente, sendo que a troca de lugares não representa uma diferença significativa nos valores das variáveis. Nos casos 27, 55, 32 e 30, a ordem não é mantida. No caso 27 da tabela 6.12, o lugar que correspondia a uma característica foi ocupado pela característica oposta. Como o valor da característica trocada é de 1, isto significa que não há uma preferência notável por essa característica nem pela característica oposta, significando que a troca é aceitável. Portanto, de 13 casos, 3 casos não cumprem a condição 2, o que resulta numa taxa de erro de 23,07%

Um valor limite pôde ser identificado. Este corresponde a um grau de confiança de 65 (ou 0,65). Quando se faz a comparação entre os dois métodos de análise das respostas, aparece que, dividindo as variáveis neste valor, guarda-se semelhança entre os resultados: variáveis com valores superiores ao valor limite são consideradas acentuadas nos aprendizes e variáveis com valores inferiores ao valor limite são consideradas não relevantes no aprendiz.

Os casos analisados para verificar o sistema são representativos do conjunto de questionários preenchidos disponíveis. A taxa de erro é de 23,07%, no entanto, nos casos de erro a importância relativa das variáveis mais acentuadas é mantida, implicando que, qualitativamente, estes casos são aceitáveis, apesar da ordem não ser mantida. Salienta-se que em todos os casos analisados, a classificação de um usuário a respeito das características é correta. O erro antes mencionado se refere a uma análise quantitativa da classificação, especificamente à ordem de importância da característica. Pode-se dizer, portanto, que as condições que avaliam qualitativamente o resultado do questionário implementado com o SE são cumpridas de forma aceitável nos casos avaliados. Por esta razão, considera-se que o SE representa uma ferramenta adequada para o propósito de identificar os Estilos de Aprendizagem e as Inteligências Múltiplas dos usuários do sistema. Salienta-se, uma vez mais, que o STI trabalha com incertezas e que a avaliação inicial será reforçada por uma avaliação contínua durante o processo. Por estas razões, a obtenção de

informação qualitativa a partir dos questionários é suficiente para os propósitos da pesquisa.

Este estudo considerou a análise detalhada dos questionários dos Estilos de Aprendizagem e das Inteligências Múltiplas, devido a que eles são os questionários mais compridos e que estes dois questionários fornecem as características mais importantes para a tomada de decisões do sistema, a respeito da adaptação das interfaces. Além destes questionários, outros podem ser analisados da mesma forma, com o objetivo de obter um mecanismo que, com um mínimo de perguntas, consiga detectar as características do aprendiz, relevantes para o sistema.

6.3.5 Conclusões sobre o Módulo Aluno

Como visto nas seções anteriores, o Módulo Aluno armazena os estados do STI e tem, portanto, a importante tarefa de manter atualizado o Modelo do Aluno. O Modelo inicial do Aluno é obtido mediante uma entrevista que utiliza questionários, numa atividade chamada Atividade de Diagnóstico. A análise das respostas do aprendiz aos questionários permite dar valores a suas características configurando, assim, seu primeiro modelo e alcançando o estado inicial x_0 , do STI.

Uma Atividade de Diagnóstico baseada em questionários apresenta várias desvantagens importantes. Destas, três foram salientadas:

O usuário pode ficar aborrecido por ele ter que responder a um conjunto relativamente grande de perguntas;

Os resultados do diagnóstico podem ter pouca confiabilidade, devido à complexidade das perguntas o que dificulta sua compreensão;

O diagnóstico é pouco flexível, devido a que ele é feito no início e não considera as possíveis mudanças que podem acontecer no usuário durante o processo.

Com o objetivo de minimizar as desvantagens deste tipo de diagnóstico foram tomadas algumas decisões a respeito de como melhorar a atividade de diagnóstico.

Em primeiro lugar, nos casos de questionários excessivamente longos o número de perguntas foi diminuído em uma alta porcentagem. Para isto, foi preciso identificar as perguntas mais significativas e implementar um Sistema Especialista. Este deve inferir as características do aprendiz, a partir de um

subconjunto de perguntas dos questionários originais. Este processo permitiu uma alta redução dos questionários (mais de 62%) e obtiveram-se resultados aceitáveis de classificação dos usuários com os questionários reduzidos.

Em segundo lugar, uma consideração especial do projeto estabeleceu que crianças não serão submetidas à Atividade de Diagnóstico completa. Características como Estilos de Aprendizagem e Inteligências Múltiplas não serão pesquisadas, pelas razões expostas na seção 4.2.3. Desta forma, crianças responderão a perguntas mais diretas, diminuindo a dificuldade de compreensão das perguntas do diagnóstico.

Em terceiro lugar, para que o STI seja adaptável e dinâmico, é preciso que ele mude de estado, o que implica na necessidade de mudar o Modelo do Aluno. Para isto, a Atividade de Diagnóstico inicial foi complementada com uma avaliação constante das ações do aprendiz. Estas ações permitem identificar usuários estereótipos. Quando uma ação do aprendiz gera uma mudança no seu estereótipo, o Modelo do Aluno muda e o sistema alcança um novo estado. Os conhecimentos sobre como as ações do aprendiz afetam o Modelo do Aluno estão armazenados no Módulo Tutor, e serão explicados mais adiante.

6.4 Módulo Tutor

O módulo Tutor implementa o mecanismo de adaptação. Nesta seção será apresentado um resumo das principais características e capacidades deste módulo, considerado o módulo central dos STI.

6.4.1 Objetivo do Módulo Tutor

O Módulo Tutor armazena conhecimentos que permitem implementar a função de saída e a função de transição de estados do STI. A primeira função define o comportamento externo do sistema, ou seja, em todo momento, o Módulo Tutor determina quais são os valores dos atributos da interface. A segunda função define como o sistema classifica o aprendiz, ou seja, em todo momento, o Módulo Tutor determina quais são os valores das características do Modelo do Aluno.

O Módulo Tutor está permanentemente processando as entradas para detectar mudanças nas saídas ou nos estados. Este módulo é o módulo principal do sistema, tomando decisões baseadas nas teorias pedagógicas para configurar a

interface. O Módulo Tutor gerencia o funcionamento dos demais módulos do STI: dada uma ação do aprendiz e dado um Modelo de Aluno, o Módulo Tutor deve tomar decisões que lhe permitam selecionar os arquivos do Módulo Especialista e configurar o Módulo Interface, assim como, eventualmente, atualizar o Módulo Aluno. Este processo é explicado a seguir.

O Módulo Tutor processa as características que formam o Modelo do Aluno. O resultado deste processamento ativa um conjunto de atributos da interface. Estes atributos determinam o planejamento das atividades pedagógicas que serão oferecidas ao aprendiz. Ele influi diretamente nas saídas, habilitando conteúdos, mídias, links e atividades pedagógicas. O módulo estabelece uma hierarquia que permite selecionar quais destes atributos serão colocados primeiro na tela. Os demais atributos ativados estarão disponíveis mediante links, como botões, menus, etc. Desta forma o aprendiz pode selecioná-los a qualquer instante.

Se o aprendiz seleciona um dos atributos disponíveis na tela, seja um novo conteúdo, uma nova mídia ou uma nova atividade pedagógica, ou se ele ativa um link, tudo isto provoca uma mudança na saída do sistema. A interface deverá ser reconfigurada para responder a esta ação. O arquivo correspondente ao novo atributo será carregado na tela, e o anterior será disponibilizado mediante um novo link. Portanto, quando o aprendiz atua sobre os elementos disponíveis na tela, suas ações são consistentes com o planejamento estabelecido pelo sistema. Este modifica as saídas trabalhando sobre atributos já ativados, mas o Modelo do Aluno permanece sem mudanças.

Pode acontecer, no entanto, que o aprendiz selecione um atributo que não tinha sido habilitado pelo sistema, ou seja, que não formava parte de seu planejamento inicial. O Módulo Tutor deve processar esta seleção de forma a reconfigurar a saída. Neste caso, o módulo deve processar o novo conjunto de atributos com o objetivo de atualizar o Modelo do Aluno. Esta atualização provoca a seleção de um novo conjunto de atributos na saída (mantendo ativada a seleção do aprendiz). O planejamento inicial é modificado, o que permite ajustar as próximas saídas. Desta forma, o Módulo Tutor modifica o Modelo do Aluno, ou seja, muda o estado do sistema para permitir que as apresentações futuras sejam conseqüentes com a preferência mostrada pelo aprendiz. Neste caso, tanto a saída como o modelo mudam.

Outra mudança no Modelo do Aluno ocorre quando o aprendiz é submetido a uma avaliação. Se ele obtém um bom resultado, seu modelo deve ser atualizado incorporando esta informação. Neste caso, a mudança afeta unicamente os conteúdos e todas as demais características do modelo permanecem, em princípio, sem mudança. O conteúdo que foi passado corretamente é inabilitado, de forma a que ele não seja mais oferecido ao aprendiz, em próximas sessões. O fato de inabilitar os conteúdos passados pode permitir a ativação de novos interesses. O aprendiz também pode selecionar novos interesses. De qualquer forma, os conteúdos já passados não serão ativados novamente. Outras possibilidades podem ser determinadas aqui como, por exemplo, em vez de inabilitar os conteúdos já passados, pode ser utilizada uma forma de diferenciá-los, utilizando cores, como em BRUSILOVSKY et al (1996) ou outros recursos.

6.4.2 Estrutura do Módulo

O Módulo Tutor está implementado mediante uma rede neural artificial IAC, modelo de Azevedo. Como foi apresentado no Capítulo 5, esta rede apresenta um comportamento adequado na sua tarefa de tomar decisões sobre os atributos da interface e sobre as características do Modelo do Aluno. Durante o funcionamento do sistema, a rede recebe, como entrada, os valores das características do aprendiz e entrega, na saída, os valores dos atributos que definem a interface. Por outra parte, a rede apresenta a vantagem de ser bidirecional. Desta forma, se o aluno seleciona novos atributos da interface, a rede processa as mudanças e modifica o Modelo do Aluno. Na figura 6.2 é representada a bidirecionalidade deste processamento. Quando a rede trabalha no sentido da figura 6.2.a ela materializa a função de saída λ (mudanças na tela). No caso contrário, quando ela trabalha no sentido da figura 6.2.b, ela materializa a função η , de transição de estados (mudanças no Modelo do Aluno).

Na figura 6.3. pode ser observado um esquema que representa, de forma mais completa, a estrutura do Módulo Tutor.

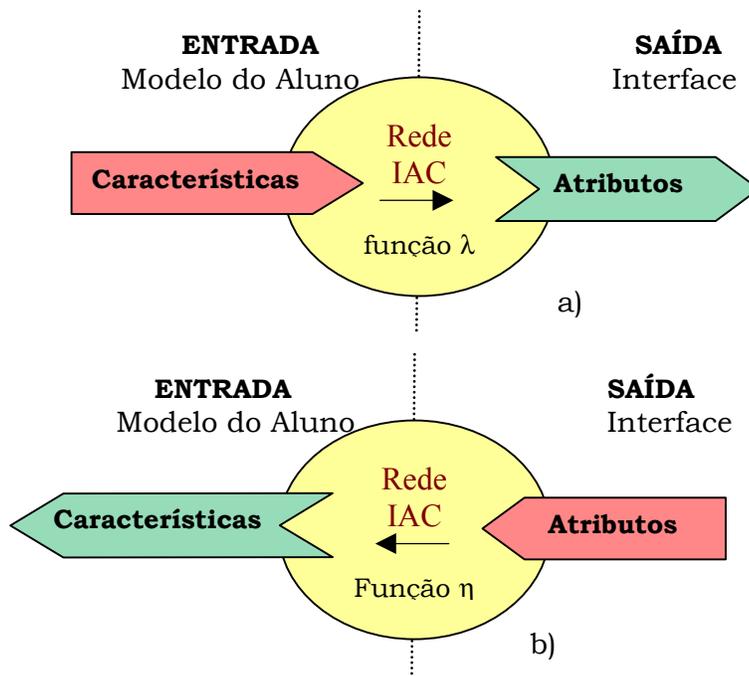


Figura 6.1 Bidirecionalidade do funcionamento do SE do Módulo Tutor.

O Sistema Especialista do Módulo Aluno fornece as características do aprendiz, a partir do Diagnóstico inicial. Como visto na seção 6.3.4, os valores das características são os graus de confiança que o SE entrega como resultado do processamento das respostas aos questionários de diagnóstico. Estes valores devem ser codificados dentro do intervalo $[-1, 1]$, para serem colocados à entrada da rede IAC. O nebulizador da figura 6.3 tem a tarefa de transformar os graus de confiança que definem as características em valores fuzzy, entre -1 e 1 .

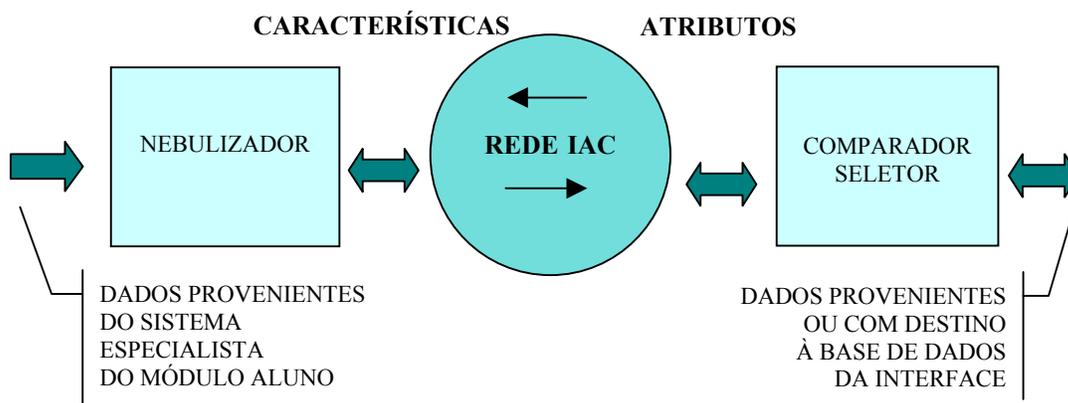


Figura 6.2 Estrutura do Módulo Tutor.

O processo de nebulização se baseou nas observações empíricas dos testes realizados com os questionários reduzidos. Estes mostraram que características com graus de confiança superiores a 65 podem ser consideradas ativadas e

características com graus de confiança inferiores a 65 podem ser consideradas desativadas. Portanto o zero da nebulização corresponde ao valor 65 dos graus de confiança.

O Módulo de nebulização é bidirecional. Em um sentido ele transforma os graus de confiança em valores fuzzy e no sentido inverso realiza a tarefa contrária. Isto permite que as características possam ser armazenadas como graus de confiança, de forma a que esta informação esteja disponível para possíveis análises posteriores do Modelo do Aluno.

Uma vez que a rede processa as características do aprendiz, um conjunto de atributos é ativado. O Comparador-Seletores tem a tarefa de estabelecer uma hierarquia dos atributos, selecionando quais serão disponibilizados na tela e quais serão disponibilizados mediante links. Este elemento também armazena a informação dos conteúdos passados de forma a garantir a desativação destes, quando novos processamentos são realizados pela rede. O Comparador-Seletores fornece e recebe informações da base de dados da Interface. Por esta razão, ele adapta as saídas para que elas possam ser utilizadas pelo sistema que gerencia a base de dados da interface.

O Comparador-Seletores pode ser configurado para considerar ativados atributos acima de um patamar predefinido. O que pode servir para aumentar ou diminuir a seletividade do Módulo Tutor.

6.4.3 Conclusões sobre o Módulo Tutor

Em resumo, o Módulo Tutor realiza uma série de tarefas com o objetivo de adaptar os ambientes pedagógicos da interface às preferências detectadas no aprendiz. Basicamente, as tarefas do módulo podem ser resumidas como:

No sentido \rightarrow , o Módulo Tutor realiza as tarefas de:

- Estabelecer o conjunto de conteúdos que serão oferecidos ao aprendiz;
- Estabelecer as mídias e atividades pedagógicas que determinam a forma como serão apresentados os conteúdos;
- Selecionar os atributos que serão diretamente disponibilizados na tela e os que serão disponibilizados mediante botões, menus e outros links;
- Estabelecer os níveis de interatividade e de navegação.

No sentido \leftarrow , o Módulo Tutor realiza a tarefa de atualizar o Modelo do Aluno.

A utilização da arquitetura IAC para implementar os conhecimentos e o processamento do Módulo Tutor facilita a realização destas tarefas. Como visto no Capítulo 5, a topologia dos grupos e a competitividade dentro de cada grupo fazem do modelo uma representação muito próxima à realidade do problema colocado. O fato de ter neurônios “vencedores” permite a ativação de poucos atributos na saída, o que aumenta a individualização do sistema. Por outra parte, o funcionamento da rede, similar ao da uma BAM, assegura um resultado razoável na saída, mesmo com informações incompletas na entrada. Por último, a rede admite dados fuzzy, o que se adapta bem com a incertezas trabalhadas no Sistema Especialista do Módulo Aluno.

6.5 Módulo Interface

Nesta seção é descrito o Módulo Interface. A configuração deste módulo é o resultado do processamento de todos os módulos anteriores. Assim, a interface reflete a adaptação do sistema.

6.5.1 Objetivo do Módulo Interface

O Módulo Interface permite as entradas e saídas do autômata, permitindo a interação entre o aprendiz e os conteúdos. As ações do usuário sobre a interface constituem as entradas do sistema. As ações do sistema sobre a configuração da interface constituem as saídas.

Uma vez alcançado o estado inicial, o processamento do Modelo inicial do Aluno permite configurar a primeira tela a ser oferecida ao aprendiz. Esta tela é configurada mediante os atributos da interface que determinam o conteúdo (tópicos), a forma (mídias) e os links disponíveis (navegação e interatividade). Além disto, a análise das características permite que o sistema selecione uma atividade pedagógica e, desta forma, determine a estratégia utilizada para apresentar os conteúdos. Portanto, a estratégia pedagógica também é refletida na interface. Após o estabelecimento da tela inicial, o STI está pronto para funcionar. Os ambientes resultantes oferecem possibilidades de ação ao usuário e o sistema fica aguardando alguma entrada do aprendiz.

Na figura 6.4 é apresentado um exemplo de saída do STI. Neste exemplo, a atividade de Diagnóstico permitiu identificar o aprendiz como Operacional formal, Verbal, Musical, Reflexivo e Cinestésico, além de ter o Interesse 1 e estar na Fase1 (as demais características não foram consideradas significativas pelo SE do Módulo Aluno). O processamento deste modelo inicial, permitiu ativar os conteúdos 1, 2 e 5, as mídias Texto, Fala e Animações e as atividades pedagógicas Apresentação Seqüencial, Jogos e Perguntas –Respostas. A tela apresentada na figura 6.4 representa a Atividade Seqüencial, do primeiro tópico oferecido ao aprendiz.



Figura 6.1 Exemplo de uma saída do Sistema Tutor Inteligente.

Na figura 6.4 foram destacadas diferentes áreas da tela. Estas contêm informações específicas, que são listadas a seguir:

- a. Seção de Identificação: apresenta o Conteúdo indicando o nome da unidade e do tópico que está sendo apresentado;
- b. Seção da Mídia principal, neste caso, como o aprendiz é verbal, esta área contém texto, ou seja, a versão escrita do conteúdo do tópico;
- c. Seção de Áudio, como a mídia Fala foi ativada, o aluno tem a possibilidade de ouvir o texto escrito. Os botões permitem controlar esta mídia;
- d. Seção Mídia Secundária: como a estratégia pedagógica subjacente a esta atividade é o Comportamentalismo, a seção Mídia Secundária oferece um espaço onde alguns elementos, considerados muito importantes, são

- salientados. Neste caso, utilizou-se a mídia Animação que oferece informação gráfica sobre o tópico, para apoiar as explicações do texto ou do áudio. O objetivo é facilitar a explicação e amenizar as apresentações;
- e. Seção Música: Como a mídia Música foi ativada, o aluno pode ligar ou desligar música de fundo. No entanto, algumas atividades têm trechos de música ativados pelo sistema, independentes da seleção do aprendiz;
 - f. Botão de Teste: Este link permite ativar uma nova atividade pedagógica que realize uma avaliação do conhecimento do aluno. Neste caso, este link ativa a atividade de Perguntas – Respostas;
 - g. Seção de Navegação: permite o movimento entre os tópicos segundo a liberdade de interação do aprendiz. Neste caso a navegação é livre;
 - h. Botão de Atividades: este botão oferece uma ligação para outras atividades que tenham sido ativadas para o aprendiz. Neste exemplo, Jogos.

Como a navegação é Livre para este aprendiz, na área de Navegação ele tem a possibilidade de “avançar” ou “voltar” ao conteúdo anterior. No entanto, ele também pode navegar livremente pelos conteúdos que lhe foram disponibilizados pelo sistema. Desta forma, clicando no ícone correspondente, ele tem acesso a um mapa de navegação, em forma de lista de conteúdos, para ser compatível com seu estilo verbal. As telas que apresentam os conteúdos disponíveis estão apresentadas na figura 6.5. Estes correspondem, neste exemplo, aos conteúdos Cont1, Cont2 e Cont5.

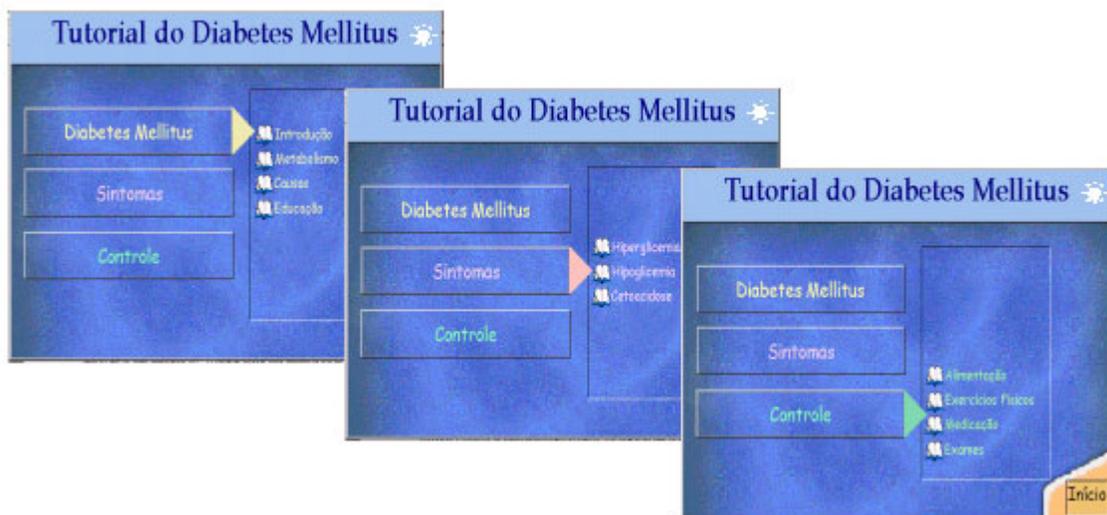


Figura 6.2 Telas de Navegação pelos Conteúdos habilitados.

O aluno pode modificar manualmente os atributos da interface. Um botão, que está disponível em todas as atividades, permite configurar manualmente a interface. Nas figuras 6.4 e 6.5 ele pode ser observado no canto superior direito das telas. Este pequeno ícone permite abrir uma tela onde todos os atributos são apresentados. Nesta tela o aprendiz pode selecionar qualquer conjunto de atributos, efetuando assim uma ativação manual dos mesmos e passando por cima das decisões do sistema. Se ele ativa novos atributos, o aprendiz está modificando o planejamento proposto pelo sistema, ou seja, o Modelo muda.

As mudanças correspondentes nos ambientes acontecem. Desta forma, a interface permite que o usuário atue seguindo as sugestões do sistema ou possa mudar todo o planejamento. No primeiro caso, o aprendiz atua sobre o ambiente que lhe foi oferecido, podendo haver mudanças nas saídas, mas conservando-se o mesmo estado. No segundo caso, se ele decide mudar o ambiente oferecido, provocará automaticamente uma mudança no seu Modelo, provocando uma mudança do planejamento das atividades futuras. Outro tipo de ambiente será gerado para o usuário, de acordo com as suas escolhas. Desta forma, cada interface é gerada, em tempo de execução, em função, especificamente, das características do aluno e de suas interações com o sistema. Portanto, a interface resultante é altamente personalizada e dinâmica.

Segundo a seleção do aprendiz e segundo seu modelo, cada nova configuração dos atributos permite carregar na tela um conjunto de arquivos do Módulo Especialista. Este processo é facilitado por uma base de dados denominada ARQUIVOS, que identifica, a partir dos atributos, que arquivos serão carregados. Esta base de dados estabelece as relações apresentadas na tabela 6.1.

6.5.2 Sistemas de Autoria da Interface

Existem numerosos sistemas de autoria para criar interfaces hipermídia, utilizando até Realidade Virtual para a construção de ambientes mais realísticos. No entanto, para implementar uma interface baseada na presente metodologia, o sistema de autoria deve apresentar algumas facilidades específicas. As principais estão listadas a seguir:

- Manipular independentemente as diversas mídias, preferencialmente em arquivos;
- Trabalhar com bases de dados;

- Configurar as telas em tempo de execução;
- Possibilitar apresentações condicionais, segundo alguns desempenhos ou seleções do aprendiz.

O desenvolvimento de algumas telas de testes iniciais foram realizados utilizando o Assymetrix ToolBook² versão 4.0. No entanto, esta versão do sistema não apresentou a flexibilidade requerida para a criação de telas em tempo de execução do sistema. Foi, portanto, adquirido um novo software de autoria, o Everest³ versão 5.0, desenvolvido por Complex, uma empresa de Florianópolis com experiência na área de Softwares Pedagógicos. Este sistema apresenta várias das facilidades mencionadas acima requeridas pela metodologia, entre elas a de trabalhar com bases de dados e de realizar apresentações condicionais.

Algumas telas de teste foram desenvolvidas com o Everest 5.0, utilizando a facilidade que ele apresenta na utilização de uma base de dados externa. Neste caso, foi utilizada a base de dados do Microsoft Access para armazenar os nomes dos arquivos com os atributos da tela.

6.5.3 Conclusões sobre o Módulo Interface

Tradicionalmente a adaptabilidade das interfaces está orientada à seleção dos conteúdos ou está orientada à forma de apresentação. A seleção dos conteúdos se faz, geralmente, controlando a navegação a partir dos objetivos do aprendiz. A seleção da forma de apresentação se faz, geralmente, dividindo os conteúdos para aprendizes novatos, intermediários ou especialistas. No presente projeto as características consideradas para definir um aprendiz permitem que o Sistema Tutor Inteligente possa tomar decisões sobre muito mais elementos que conformam a interface. Desta forma os conhecimentos do sistema lhe permitem configurar, a partir do Modelo do Aluno, os conteúdos que serão disponibilizados, as mídias que serão utilizadas e o número de links na tela.

As estratégias pedagógicas utilizadas pelo sistema são também selecionadas a partir do processamento do Modelo do Aluno. A forma de interação entre o aprendiz e a interface depende, portanto, das características do aprendiz. Desta

² <http://www.asymetrix.com> (Setembro 2000)

³ <http://www.complex.com.br> (Fevereiro 2001)

forma, durante uma atividade pedagógica, a intervenção do sistema pode ir desde o controle total da interação com o aprendiz, como em um sistema tutor tradicional, até dar a ele a liberdade total de interação, como nas interfaces reativas dos micromundos, por exemplo. As escolhas do aprendiz e suas características determinarão a dosagem destes dois extremos.

A adaptação da interface ao aprendiz garante o cumprimento do objetivo ergonômico da presente pesquisa. O aprendiz será colocado em ambientes compatíveis com suas preferências e estilos cognitivos. O fato de que esta ergonomia seja baseada em critérios pedagógicos garante o cumprimento dos objetivos pedagógicos da pesquisa. Desta forma, a interface resultante, além de facilitar o acesso às informações apresenta-as de forma a facilitar a construção de conhecimentos por parte do usuário. Considera-se, portanto, que a presente metodologia permite o projeto de interfaces que cumpram com os requisitos de uma ergonomia didática.

7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Este capítulo faz uma revisão da pesquisa apresentada neste trabalho. Ele salienta os objetivos e resume as diversas etapas que foram utilizadas para sua realização. Neste capítulo apresenta-se, também, o trabalho num contexto mais amplo, salientando as áreas onde a pesquisa pode ser aplicada e apresentando os aspectos que podem se tornar o centro de novas pesquisas. Nas conclusões se faz uma análise geral do trabalho.

7.1 Sumário da Tese

Hoje, os computadores são quase unanimemente considerados como ferramentas de apoio a processos de ensino-aprendizagem. No entanto, o impacto educativo dos softwares pedagógicos é uma problemática que está sendo grandemente pesquisada (LEVY, 1993). A questão fundamental é: como um software pedagógico pode aumentar a eficiência de um processo de aprendizagem.

Para tentar aportar uma resposta a esta questão, a presente pesquisa se fundamentou em três pressupostos que foram extraídos de um estudo sobre o estado da arte dos softwares pedagógicos e das problemáticas atuais da educação. Estes pressupostos são: personalização, tecnologia e estratégias pedagógicas.

A personalização é considerada como um dos aspectos mais importantes nas mudanças educativas em andamento. A necessidade de personalizar os processos de ensino-aprendizagem se deve à massificação da educação. Como um professor não pode atender todas as necessidades de todos seus aprendizes, neste aspecto a inserção dos computadores pode aportar benefícios significativos aos processos educativos. Portanto, nesta pesquisa os softwares pedagógicos são considerados sistemas de apoio às ações didáticas de um educador. O problema da personalização implica que o sistema deve ter, imprescindivelmente, um mecanismo para identificar um aprendiz.

O desenvolvimento tecnológico, por sua vez, permite a construção de sistemas com capacidades e velocidades cada vez maiores. Além disto, as formas de representar, armazenar e processar dados, informações e conhecimentos permite o tratamento dos mais diversos problemas. O desenvolvimento de meios de

construção de interfaces, tende a facilitar o uso dos computadores, fazendo que eles sejam mais acessíveis a mais pessoas, leigas ou não. Portanto, nesta pesquisa, a tecnologia é vista como meio de comunicação, em particular, de comunicação de conhecimentos. O problema da comunicação implica contar com um mecanismo que permita oferecer ao aprendiz uma representação do problema, altamente afim com suas preferências e capacidades cognitivas.

As ciências cognitivas estabelecem paradigmas que definem a aprendizagem e elementos do ambiente que favorecem ou limitam que ela ocorra. O desenvolvimento de uma grande quantidade de teorias cognitivas permite aumentar o conhecimento sobre os processos de aprendizagem, mas aumenta a complexidade desta problemática, devido a que nenhuma teoria estabelece de forma consensual e completa, como estes processos ocorrem. A partir de algumas destas teorias, podem ser extraídas estratégias pedagógicas que permitem levar à prática educativa os conhecimentos sobre a aprendizagem. Portanto, nesta pesquisa, foi considerado indispensável a inclusão de várias teorias e estratégias pedagógicas, de forma a aumentar o possível impacto educativo do sistema. As estratégias pedagógicas consideradas permitiram obter variáveis que definem tipos de aprendiz e elementos do ambiente que podem ser disponibilizados para facilitar a aprendizagem de cada tipo.

O objetivo da pesquisa foi estabelecer uma metodologia que permita a personalização dos ambientes pedagógicos oferecidos pelos softwares pedagógicos através da interface.

Para isto, o Capítulo 2 apresenta o resultado de uma pesquisa bibliográfica que permitiu selecionar paradigmas e teorias que forneceram as estratégias e táticas pedagógicas utilizadas para fundamentar a presente pesquisa. Estas estabeleceram quais variáveis do processo de ensino-aprendizagem devem ser procuradas para identificar um aprendiz e quais ambientes pedagógicos podem ser construídos para responder a esta identificação.

O Capítulo 3 apresentou o desenvolvimento dos softwares pedagógicos e, em particular, como a Inteligência Artificial está sendo utilizada para a construção de ambientes flexíveis e adaptáveis aos usuários, tanto no desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes quanto no desenvolvimento de Interfaces Inteligentes. O Capítulo 3 mostra que a ênfase da adaptação, nos STI, aponta principalmente para as estratégias pedagógicas. Por sua vez, a ênfase da

adaptação, nas pesquisas sobre Interfaces Inteligentes, aponta na direção de facilitar a navegação pelos conteúdos e adaptar as apresentações para aprendizes iniciantes ou expertos.

O Capítulo 4 define a presente pesquisa como orientada ao projeto e implementação de interfaces pedagógicas adaptáveis às preferências e capacidades dos aprendizes. Uma vez definidas as teorias pedagógicas que estabelecem estas preferências, a tese se orientou na busca de métodos de construção de sistemas que implementem a adaptabilidade e não procurou validar nem a pertinência nem a validade das teorias selecionadas. A pesquisa se estabelece como uma síntese entre as linhas de pesquisa sobre personalização de STI e de Interfaces Inteligentes. Surge assim o conceito de ergonomia didática da interface que permite que em todo momento, a apresentação dos conteúdos seja conseqüente com as estratégias e táticas pedagógicas definidas no Capítulo 2.

O Capítulo 5 apresenta um estudo de caso que responde a necessidades educativas da área da saúde. Comprovou-se que, nesta área, existe uma forte demanda por sistemas que permitam difundir informações e conhecimentos vitais para a manutenção da qualidade de vida das pessoas. Este estudo de caso foi adequado para a pesquisa, pois, pelas suas características, ele exigia um alto grau de personalização, por parte do sistema. Baseados no estudo de caso, diferentes testes puderam ser desenvolvidos com o objetivo de comprovar se uma rede neural artificial de tipo IAC satisfaz os requisitos do problema e permite modelar este, de forma computacional: os resultados destes testes mostraram que a rede tem a capacidade de tomar decisões sobre como configurar a interface para um aprendiz, dado um determinado modelo e dadas as seleções que ele efetua sobre o ambiente.

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta o resultado da pesquisa que consiste em uma metodologia para a construção de interfaces adaptáveis, baseadas nos conceitos de ergonomia didática. Este resultado satisfaz o objetivo de estabelecer uma metodologia que permita a personalização dos ambientes pedagógicos oferecidos pelos softwares pedagógicos a través da interface. Além disto, o método permite que a adaptabilidade do sistema não esteja exclusivamente orientada aos aprendizes, mas também aos educadores. Neste sentido, o sistema permite que

os educadores possam incorporar suas concepções pedagógicas no sistema para que suas decisões reflitam diferentes interpretações das teorias.

A metodologia permitiu criar uma interface cujos elementos constituintes são configurados em tempo de execução, segundo as seleções do aprendiz e as indicações do seu modelo. A configuração da interface determina os conteúdos que ela apresenta, assim como a forma de apresentação. Mas a configuração estabelece, também, o tipo de estratégia pedagógica que será oferecida estabelecendo, assim, o grau de controle do sistema sobre as atividades e a liberdade de ação do aprendiz. Desta forma, a atividade pedagógica, resultante das decisões do sistema sobre a interface, tem implicitamente definida a forma de interação objeto de estudo ↔ aprendiz e, portanto, a estratégia pedagógica. As atividades pedagógicas que são oferecidas ao aprendiz vão sendo criadas a medida que vão sendo detectadas suas características cognitivas, gerando um processo altamente dinâmico e adaptável ao usuário.

7.2 Contribuições

O presente projeto se incorpora em duas áreas de pesquisa que estão sendo muito trabalhadas na atualidade: os softwares pedagógicos e as interfaces inteligentes. A pesar da intensa produtividade destas áreas, considera-se que o presente projeto aporta algumas contribuições, conforme apresentado a seguir.

7.2.1 Área de Educação

Como resultado da pesquisa sobre o estado da arte das teorias cognitivas, o presente trabalho propôs uma combinação de teorias que permitiu definir estratégias e táticas pedagógicas. Em particular, os paradigmas comportamentalista e construtivista foram complementados com teorias mais recentes, como a teoria dos estilos de aprendizagem e das inteligências múltiplas. Os primeiros determinam como deve ser projetada a interação entre o aprendiz e os objetos de estudo, criando ambientes que apoiem seja a instrução seja a construção de conhecimentos. As segundas determinaram mais especificamente a forma como a interação deve ser projetada no ambiente. Elas determinam as mídias, os níveis de interação, os cenários e os exemplos que devem ser oferecidos para cada tipo de aprendiz que elas definem.

Esta concepção sobre combinação de estratégias e táticas foi criada durante o processo de pesquisa devido a que estes elementos não foram achados na pesquisa bibliográfica do estudo. A combinação permitiu extrair as variáveis que fornecem critérios pedagógicos de adaptação dos ambientes e, portanto, das interfaces. Acredita-se que a combinação de diversas teorias torne o sistema mais significativo nas suas intervenções educativas.

Como mencionado no Capítulo 3, os STI podem ser usados em experimentos que verifiquem a aplicabilidade dos pressupostos pedagógicos. Uma vez que um sistema seja implementado mediante a presente metodologia, ele pode ser testado na prática. A análise de seu rendimento frente a processos reais de ensino-aprendizagem permitirá validar os pressupostos pedagógicos. Desta forma, ele pode se estabelecer como um laboratório de teste onde educadores e outros pesquisadores das ciências cognitivas possam analisar como os diversos ambientes propostos podem influir na aprendizagem efetiva de diversos grupos de aprendizes.

O sistema oferece a possibilidade de modificar os pressupostos pedagógicos que estão armazenados como pesos da rede IAC, no módulo Tutor. Desta forma o sistema adquire um comportamento que se adapte a aplicação específica onde ele será utilizado. Isto permite facilitar a inserção do sistema em ambientes com diversos requerimentos pedagógicos. Também permite que o educador, que utilize o sistema, se sinta mais representado por ele, facilitando seu uso como apoio às ações didáticas do educador. Acredita-se que, em um contexto onde não existem orientações bem definidas por parte das teorias cognitivas, a incorporação ao sistema da experiência e compreensão dos processos de ensino-aprendizagem, por parte dos educadores, possa enriquecer o impacto educativo do sistema.

7.2.2 Área da Computação

O desenvolvimento tecnológico tem se tornado a causa e o efeito das mudanças na educação. Por um lado o desenvolvimento das TIC provoca mudanças nas relações sociais que requerem de mudanças educativas. Por outro lado, as mudanças educativas requerem do desenvolvimento de novas TIC para satisfazer os novos requisitos.

Neste sentido, a presente pesquisa propõe a utilização didática das tecnologias disponíveis para a implementação das interfaces de STI. Embora não se esteja criando uma nova ferramenta de construção de interfaces, está-se propondo um método para orquestrar de forma pedagógica o uso das ferramentas existentes. Isto porque acredita-se, pelo que foi extraído das teorias pedagógicas, que estas ferramentas têm uma capacidade muito forte de influir nos processos de ensino-aprendizagem, mas a forma como elas estão sendo usadas não satisfaz os requerimentos destes processos. Baseada na combinação de teorias pedagógicas, a metodologia orienta sobre a utilização das tecnologias, e sobre os requisitos que os sistemas computacionais devem apresentar para o desenvolvimento de interfaces didaticamente ergonômicas.

Por outra parte, a pesquisa formalizou os STI como autômatas, que são sistemas facilmente modelados num computador. Além de estabelecer uma fundamentação matemática da metodologia proposta, esta formalização facilita a integração de diversos STI. Com efeito, a metodologia proposta está focalizada na construção de um STI orientado à configuração de interfaces adaptáveis. No entanto, os STI devem possuir conhecimentos sobre outros aspectos do processo de ensino aprendizagem. Principalmente, o STI deve saber detectar as causas dos erros do aprendiz e tomar decisões, a partir deste conhecimento, para planejar as próximas atividades. Um STI com este conhecimento e modelado como autômata pode ser associado a um STI com conhecimentos sobre adaptabilidade da interface. Sistemas Tutores Inteligentes orientados às emoções do aprendiz, à modelagem do domínio, ou a qualquer outra variável que influi no processo de ensino-aprendizagem, podem ser adicionados, obtendo assim um sistema com um poder pedagógico superior.

A proposta do sistema consistiu em modelar a capacidade de um tutor ou moderador real, em criar ambientes pedagógicos adequados para seus aprendizes. Para criar estes ambientes, em um STI, o sistema deve ter um Módulo Tutor que tenha conhecimentos sobre as relações que existem entre as características que definem um aprendiz e os elementos (atributos) que definem uma interface computacional. Portanto, ele deve dispor de um Modelo de Aluno e de um Módulo Interface flexível, que permita o ajuste fino de suas componentes. Para armazenar e processar os conhecimentos do Módulo Tutor o presente trabalho analisou o rendimento de uma rede neural artificial de tipo IAC. A

utilização de uma rede neural se baseou na característica altamente paralela das variáveis do problema e na existência de um número muito alto de possibilidades, o que dificulta a utilização de ferramentas tradicionais. Uma rede de tipo IAC foi escolhida, pois esta rede apresenta uma arquitetura que se adapta muito bem aos requerimentos do problema colocado. Os resultados obtidos nos testes e simulações, com a rede IAC modelo de Azevedo, permitiram comprovar que a rede tem capacidade para armazenar e processar os conhecimentos do Módulo Tutor.

A rede IAC modelo de Azevedo permite, portanto, modelar o conhecimento de um tutor ou moderador real que, a partir das ações e escolhas do aprendiz e das crenças que ele tem sobre as capacidades e preferências deste último, determina os tipos de ambientes mais adequados para ele. Desta forma, pode ser considerado que a rede IAC aqui projetada, representa um Modelo de Tutor, considerando unicamente a sua capacidade de escolha de ambientes afim com o aprendiz.

Se outros conhecimentos de um tutor, tais como inferir causas de erros nos aprendizes, entre outros, podem ser decompostos em variáveis e suas relações, de forma similar a como foi decomposto o problema de criação de ambientes, os resultados desta pesquisa sugerem que pode ser utilizada uma rede neural de tipo IAC para representar estes conhecimentos.

7.2.3 Área da Saúde

Existem muitas áreas, na atualidade, que requerem de processos de educação eficientes. Nestas áreas os sistemas de apoio à educação podem representar um aporte significativo. Por outra parte, os computadores estão cada vez mais acessíveis. Embora a situação esteja longe de ser ótima, os computadores estão chegando nas escolas, nos centros comunitários e nos lares, até nas regiões mais remotas.

No entanto, ainda são poucas as pessoas com experiência em computação. Para apoiar processos de ensino-aprendizagem, o computador deve aperfeiçoar seu poder de comunicação. A ergonomia didática estudada no presente projeto se torna fundamental para melhorar a capacidade comunicativa dos sistemas e propiciar sua inserção nos mais diversos ambientes.

Dentro de todas as áreas que hoje precisam de sistemas de apoio à educação, a área da saúde parece uma das mais prioritárias. O aumento das doenças crônico-degenerativas e seu impacto social e econômico estão causando uma mudança na forma do atendimento nos centros de saúde. Tomou-se consciência de que uma ação preventiva de grande escala deve ser tomada, para tentar reduzir o avanço tanto da ocorrência das doenças como das complicações delas derivadas.

A aplicação do sistema à área da saúde salienta fortemente a necessidade de adaptação do processo de ensino-aprendizagem ao aprendiz. Com efeito, o público alvo forma um grupo extremamente heterogêneo de pessoas. Sem uma personalização adequada do processo, os conteúdos perdem significado e os conhecimentos e informações que poderiam ter sido transmitidos não resultam nas mudanças de comportamento desejadas. Um sistema com a adaptabilidade proposta nesta tese pode se tornar uma ferramenta eficiente para a difusão de saberes, com o objetivo de que seus usuários possam fazer escolhas, em sua vida cotidiana, com o conhecimento sobre como isto influirá na suas vidas a médio ou longo prazo.

O estudo de caso teve como objetivo projetar um STI aplicado ao processo educativo do Diabetes Mellitus tipo I. A etapa de seleção dos conteúdos a serem apresentados pelo STI permitiu observar que existe uma grande quantidade de informações disponíveis sobre o Diabetes Mellitus. Estas informações estão em livros, folhetos, folders, na Internet, etc. No entanto, observou-se que muitas pessoas com diabetes e seus familiares não utilizaram essas fontes de informação, seja por não estarem disponíveis, seja porque, mesmo disponíveis, elas não são compreendidas pelas pessoas.

Um STI construído com a metodologia proposta nesta tese pode representar a informação em um formato que permita efetivamente sua compreensão pelas pessoas usuárias do sistema. Adaptando o sistema à realidade dessas pessoas e tomando em consideração suas capacidades e preferências, o sistema tem mais possibilidade de construir um ambiente realmente significativo e esclarecedor. A capacidade de adaptação ao usuário permite que exemplos e cenários sejam adaptados a sua realidade, facilitando a aplicação dos conhecimentos adquiridos. A participação ativa dos profissionais do GRUMAD e de vários pacientes,

demonstra o entusiasmo que este tipo de sistema desperta, o que pode facilitar sua inserção nos ambientes correspondentes.

A inserção de computadores nas Instituições de Saúde depende de decisões políticas que deverão avaliar a relação custo-benefício. O desenvolvimento de softwares pedagógicos eficazes para a educação em Saúde poderá influenciar esta relação, já que o aumento do conhecimento em Saúde por parte da população pode fazer diminuir outros custos nesta área (CURILEM, 2001).

7.3 Trabalhos Futuros

A presente pesquisa abriu várias possibilidades de trabalhos futuros, para melhorar diferentes aspectos do sistema proposto. Estas possibilidades são apresentadas a seguir.

7.3.1 Módulo Tutor

A rede neural de tipo IAC que foi utilizada para modelar o comportamento do Módulo Tutor precisa ser aperfeiçoada. O processo de ajuste dos pesos da rede foi extremadamente complexo e os resultados, embora aceitáveis, podem ser melhorados. Para isto existem várias possibilidades de trabalhos futuros.

Uma das possibilidades de melhoria do desempenho da rede IAC passa pela implementação do sistema como um todo. A análise do trabalho do sistema, na prática, pode permitir a obtenção de um conjunto de exemplos válidos que relacionem características e atributos. Estes exemplos podem ser utilizados para aperfeiçoar o conhecimento das relações do Tutor. Desta forma, tendo um conjunto de exemplos reais que relacionem as variáveis do problema permite implementar um pool de personagens reais que valide as relações entre características e atributos e estabeleça os ajustes que sejam necessários nos pesos da rede.

A segunda possibilidade de melhorar o desempenho da rede é criar um mecanismo de aprendizado para a rede IAC. Estas redes têm sido pouco trabalhadas, e a análise de seu comportamento deve ser aprofundada. Um mecanismo de aprendizagem permite que o Módulo Tutor aprenda a ajustar os pesos das relações, de forma automática, baseado na sua experiência lidando com aprendizes reais. Com um algoritmo de aprendizagem, o funcionamento do

sistema pode se basear em critérios mais objetivos que a interpretação das teorias pedagógicas. Com um mecanismo destes, o trabalho de ajuste dos pesos seria simplificado.

7.3.2 Estratégias Pedagógicas

A combinação de estratégias pedagógicas permitiu identificar as variáveis que foram utilizadas para definir o problema. No entanto, a análise dos resultados das simulações com a rede neural demonstrou que uma série de características não estavam sendo corretamente refletidas na interface. Isto faz com que a rede confunda algumas características. É preciso, portanto, procurar mais informações sobre as estratégias pedagógicas para melhorar os critérios de decisão do Módulo Tutor. Deve ser aprofundada a pesquisa para poder melhorar os aspectos pedagógicos orientados à configuração da interface dos STI criados com a metodologia proposta neste trabalho. Visualizam-se duas formas.

A primeira forma consiste em deixar em aberto o estabelecimento das relações entre características e atributos para os educadores que utilizarão o sistema. Como já foi mencionado, isto permitiria que cada educador estabelecesse suas relações segundo suas próprias concepções pedagógicas. Trabalhando este aspecto, poderia resultar na construção de um sistema de autoria para uma tomada de decisões pedagógicas sobre a configuração das atividades pedagógicas. A pesquisa projetaria um mecanismo para que cada usuário (não aprendiz) adapte o STI ao contexto da aplicação.

A segunda forma consiste em criar uma equipe que incorpore profissionais das ciências cognitivas, com experiência em pedagogia, para aprofundar os conhecimentos pedagógicos do sistema. Novas teorias e suas aplicações nos STI podem ser pesquisadas para, eventualmente, serem incorporadas ao projeto. Desta forma, as relações entre as variáveis poderiam ser ajustadas e novas variáveis poderiam ser incluídas na análise do Módulo Tutor.

Por último, uma tarefa muito importante que deve ser realizada como trabalho futuro da presente pesquisa, é a validação do sistema como um todo. A criação de uma equipe multidisciplinar permitiria projetar uma estratégia de validação que permita analisar o resultado da criação destes sistemas.

7.3.3 Avaliação do aprendiz

Um elemento muito importante que deve ser aperfeiçoado no sistema é a avaliação do aprendiz. Esta permite inferir seu andamento nas diferentes atividades que lhe são propostas e é indispensável a todo processo de ensino-aprendizagem. Inicialmente esta avaliação foi projetada em atividades como perguntas-respostas, jogos e resolução de problemas. Os acertos e erros dos aprendizes podem dar uma medida de sua compreensão dos tópicos. Este dado é incorporado à rede IAC para que ela possa decidir se o próximo tópico a ser apresentado deve ser o mesmo, com outros meios, ou se ela pode passar a um novo tópico. A avaliação do aprendiz permite obter uma retroalimentação sobre o andamento do sistema e permite avaliar se o ambiente proposto está cumprindo sua função.

Existe a necessidade de aprofundar a forma de avaliar o aprendiz, criando atividades que realizem diferentes tipos de avaliação, durante todo o processo. Portanto o problema da avaliação se estabelece como uma linha de pesquisa futura do projeto.

A identificação das características do aprendiz, ou seja, seu diagnóstico, é uma das tarefas mais importantes do sistema. Uma atividade de diagnóstico baseada unicamente em questionários apresenta vários problemas. Um diagnóstico baseado em questionários está orientado a um tipo de aprendiz (geralmente verbais), o que diminui a confiabilidade para outros tipos de aprendizes. Da mesma forma que para as demais interações, os questionários devem ser complementados com outro tipo de atividades que considerem vários estilos e preferências cognitivas na interação e tornem o diagnóstico mais ergonômico. Por outra parte é preciso que estes diagnósticos sejam o mais transparente possível para o usuário, pelo que deveriam estar inseridos dentro das atividades pedagógicas iniciais. A Atividade de Diagnóstico deve ser, portanto, aperfeiçoada. Um estudo mais aprofundado deve ser realizado para determinar formas mais eficientes de identificar as características dos aprendizes. Para aperfeiçoar a atividade de Diagnóstico é preciso, novamente, criar um grupo multidisciplinar de estudo, que incorpore, entre profissionais de outras áreas, profissionais das áreas das ciências cognitivas.

7.3.4 Integração do sistema

A integração de todos os módulos a um sistema único deve ser realizada, uma vez que todas as componentes estejam prontas e testadas. A complexidade desta tarefa reside no fato que devem ser integrados vários sistemas, implementados em diferentes programas. O sistema completo, conforme foi implementado até agora, consta de:

- Um Sistema Especialista, implementado em Expert Sinta;
- Uma rede neural artificial de tipo IAC, programada em Matlab;
- Atividades pedagógicas implementadas mediante o sistema de autoria Everest que permite trabalhar com hipermídia;
- Uma base de dados programada em MicrosoftAccess.

Deve ser procurada uma linguagem de programação que possibilite a integração de todos os módulos anteriores, em particular a implementação o Sistema Especialista e da Rede Neural. Por outra parte deve ser avaliado se é mais conveniente utilizar um software de autoria para implementar a interface dinâmica, ou se é preciso desenvolver tal sistema, para que ele seja totalmente compatível com o mecanismo de adaptação aqui proposto.

7.3.5 Ensino a distancia (Internet)

A maior complexidade na implementação do sistema é a criação de atividades pedagógicas orientadas a satisfazer as necessidades de vários tipos de aprendizes. Como visto na seção 6.2.4, esta criação pode ser facilitada pela criação de comunidades de aprendizagem. Projetistas de diversos lugares implementariam atividades orientadas a diversos estilos e em contextos muito variados. Para isto o STI precisa acessar os atributos de forma remota. Sua migração para Internet se constitui uma linha de pesquisa futura do sistema.

Uma das maiores dificuldades do Ensino a Distância é que a comunicação com o educador é altamente assíncrona. O desenvolvimento de sistemas que de forma autônoma se adaptem às características dos aprendizes pode favorecer o Ensino a distância, diminuindo o número de acessos e consultas ao educador remoto. Portanto, o fato de estar disponível na Internet, habilita o sistema para ser acessado por aprendizes de diversos lugares, se adaptando a suas necessidades e interesses. Por esta razão, o sistema pode servir de apoio ao Ensino a Distância.

Para isto o sistema deve cumprir com os requisitos necessários desta possível forma de aplicação. O que configura, também, como uma linha de pesquisa futura, a utilização destes sistemas para o Ensino a Distância.

7.4 Conclusões

O objetivo principal da pesquisa foi estabelecer uma metodologia, para Sistemas Tutores Inteligentes, que permita a criação de Interfaces Inteligentes, baseadas em critérios pedagógicos. Para alcançar este objetivo, foi desenvolvida uma série de atividades com vistas a decompor o problema e projetar as soluções que compõem a metodologia. Os aspectos fundamentais que foram desenvolvidos pelo presente projeto são:

- A decomposição do problema em variáveis que podem ser identificadas pelo computador e suas relações;
- O projeto de um mecanismo (rede neural IAC) que seja capaz de tomar decisões sobre a configuração das variáveis do problema.

O projeto permitiu propor uma solução a alguns problemas que apresentam os softwares pedagógicos e os sistemas hipermídia. Estas soluções foram encaminhadas a:

- Diagnosticar um aprendiz;
- Adaptar a Navegação, a Apresentação e a Interação às preferências e capacidades do aprendiz;
- Estabelecer um método guia para a utilização das diversas tecnologias em atividades pedagógicas orientadas a diferentes tipos de aprendizes.

As dificuldades encontradas no processo de modelar um aluno e um tutor têm detido fortemente o desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes. Por esta razão a abordagem deste projeto é contribuir com uma modelagem que utiliza características do aprendiz e conhecimentos do tutor simples e específicas. Estes servem como ponto de partida para poder ir incorporando novas características e novos conhecimentos até obter um modelo de aluno e um modelo de tutor cada vez mais exato e confiável. As variáveis e suas relações representam, portanto,

uma proposta inicial que poderá ser modificada conforme outras teorias sejam incorporadas a este estudo.

A relevância do projeto deve-se a que ele se propõe procurar uma solução a um problema importante para os softwares pedagógicos, em particular no que se refere ao gerenciamento da interface em função dos usuários de um STI. Por outra parte, o estudo de caso apresenta um impacto social significativo, para as pessoas portadoras de Diabetes Mellitus e seu entorno. Este projeto tem despertado o interesse dos profissionais da saúde envolvidos com a problemática da educação para as pessoas diabéticas e suas famílias. Espera-se, com o presente trabalho, aportar soluções ou novas idéias que permitam ampliar e melhorar o uso dos computadores como ferramentas dentro de processos de ensino-aprendizagem. Espera-se, também, despertar o interesse do uso deste tipo de sistema na área da saúde onde as necessidades educativas se fazem cada dia mais indispensáveis.

A metodologia proposta neste trabalho permite a implementação de sistemas que salientam a necessidade de difundir cada vez mais os computadores, de forma a atingir grande parte da população com um meio de comunicação eficiente que facilite o acesso a conteúdos de interesse para os beneficiados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSI, S. M., TROLLIP, S. R. 2000. *Multimedia for Learning: Methods and Development..* 3rd Edition. Allyn & Bacon.
- ALMEIDA, M. A. F.& BARRETO, J. M.,2000. *Modelagem de um Sistema Hiperídia como Autômato para Ensino de Inteligência Artificial*, WIE2000-Curitiba-PR.
- AMSTRONG, R, FREITAG D. et al. 1995. *WebWatcher: A learning Apprentice for the World Wide Web*. AAAI. Spring Symposium on Information Gathering from Distributed, Heterogeneous Environments. Stanford. CA.
- ANDERSON J. R. 1983. *The architecture of cognition*. Cambridge (MA) : Harvard University Press.
- ANDERSON J. 1990. *The Adaptive Character of Thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- ANTUNES C. 2001. *Como identificar em você e seus Alunos as Inteligências Múltiplas*. Ed. Vozes.
- ARDUINO F. 1980. *Sintomas, Diagnóstico, Prognóstico e Mortalidade do Diabetes*. In: *Diabetes Mellitus*. 3º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 78-94.
- BARRETO J.M., PAGANO R.L., 1990. *Hypertext and the teaching process*. Relatório técnico. Université Catholique de Louvain, Belgium.
- BARRETO J.M. 1997. *Inteligência Artificial no Limiar do Século XXI*. Florianópolis: J.M. Barreto.
- BAULAC Y. 1990. *Un micromonde de géométrie, Cabri-géomètre*. Tese de Doutorado. IMAG/LSDD, Université Joseph Fourier, Grenoble, França.
- BEALE R., FINLAY J. 1989. *User modelling with a neural system*, Rapport Technique, Department of computer science, Heslington (UK) : University of York.
- BEAUMONT I. 1994. *User Modelling and Hypertext Adaptation in the Tutoring System ANATOM-Tutor*. UM'94. 4th International conference on User Modelling.
- BECK, J.E.; WOOLF, P. 1998. *Using a Learning Agent with a Student Model*. In: INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS-ITS'98, 4., 1998, San Antonio. Proceeding. Berlin: Springer-Verlag, (Lecture Notes In Computer Science, v.1452)
- BELLI M. J., 1999. *Aplicação de Tecnologias de Inteligência Artificial e de Realidade Virtual para construção de um Ambiente Virtual para Alfabetização Infantil*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

- BOLTON T., GLAZER E., PUNJA Z. 1998. *Introduction to Educational Computing*. <http://artsci-ccwin.concordia.ca/education/etec660/toc.html>
- BOYLE C., 1994. *Metadoc: An Adaptive Hypertext Reading System. User Modeling and User Adapted Interaction*. Vol 4. Kluwer Academic Publishers. p.1-19.
- BRAJNIK G., GUIDA G., TASSO, C. 1990. *User modelling in expert man-machine interface: a case study in intelligent information retrieval*. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, 20(1), 167-185.
- BRICEÑO LEON, Roberto. 1996. "Siete tesis sobre la educación sanitaria para la participación comunitaria. Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 7-30, jan-mar.
- BROWN, J. S. e BURTON R. R. 1978. *Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills*. Cognitive Science, Vol. 2, p. 155-192.
- BROWN, J. S., BURTON R. R. e DEKLEER J., 1982. *Pedagogical, natural language and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II and III*. D. Sleeman et J. S. Brown (Ed.), Intelligent Tutoring Systems, New York : Academic Press, p. 227-282
- BROWN, J. S., e VANLEHN K. 1980. *Repair theory: A generative theory of bugs in procedural skills*. Cognitive Science, Vol. 4, p. 379-426.
- BROWN, J.S., COLLINS, A. & DUGUID, S. 1989. *Situated cognition and the culture of learning*. Educational Researcher, (181), 32-42.
- BRUILLARD E. 1997. *Les Machines a Enseigner*. Editions Hermes. Paris.
- BRUILLARD E., 1999. *Enseignement sur mesure, Aspects historiques EAO, tuteurs, micromondes, hypertextes*. <http://champagne.lid.jussieu.fr/formation/unesco/m3.2.1/M321.html>
- BRUSILOVSKY P. 1994. *Student Model Center Architecture for Intelligent Learning Environments*. UM'94. 4th International Conference on User Modelling.
- BRUSILOVSKY P. 1995. *Adaptive Learning with WWW*. The Moscow State University Project. In Held P. Kugemann W.F. (Ed.). Telematics for Education and Training. Amsterdam:IOS. p. 252-255.
- BRUSILOVSKY P. 1996. *A Tool for Developing Adaptive Electronic Textbook on WWW*. Proceedings of the WebNet-96, World Conference on the Web Society, p64-69. Charlottesville, AACE.
- BURDEA G.C. 1996. *Force and Touch Feedback for Virtual Reality*. Ed. Wiley Professional Computing,
- BURTON A.M., BRUCE V. 1992. *I recognize your face but I can't remember your name: a simple explanation?* British Journal of Psychology, 83, p. 45-60.
- BURTON A.M. 1994. *Learning new faces in an Interactive Activation and Competition Model*. Visual Cognition 1(2/3. p 313-348.
- BURTON, R. R., BROWN, J. S., 1979. *An Investigation of computer coaching for informal learning activities*. International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 11, pp. 5-24.

- BURTON, R. R. 1982. *Diagnosing bugs in a simple procedural skill*. In: D. Sleeman & J. S. Brown (Ed.), *Intelligent Tutoring Systems*, New York : Academic Press, p. 157-183.
- CALLUPE R.L. 1997. *Sistema Especialista de Apoio à Decisão Médica com Metodologias de Aprendizagem Simbólica*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- CAMPBELL L., CAMPBELL B., DICKINSON D. (2000). *Ensino e Aprendizagem por meio das Inteligências múltiplas*. Porto Alegre: Artes Médica Sul.
- CARBONELL, J. R. 1970. *AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer-aided instruction*, IEEE Transactions on Man-Machine Systems, Vol. MMS-11, N° 4, p. 190-202.
- CARBONELL J. 1990. *Machine Learning Paradigms and Methods*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands.
- CASAS L. A. 1999. *Contribuições para a modelagem de um ambiente inteligente de educação baseado em Realidade Virtual*. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 255p., Florianópolis.
- CATANIA, A.C. 1999. *Aprendizagem: Comportamento, linguagem e cognição*. Porto Alegre: Artmed.
- CHARLOT J.M. 1998. *Formalisation et comparaison cognitives de modèles mentaux de novices et d'experts en situation de résolution de problèmes*. Tese de Doutorado. Universidade de Sherbrooke. Quebec, Canada.
<http://www.gme.usherb.ca/~charlot/These/>
- CHOPLIN H., GALISSON A., LEMARCHAND S. 1998. *Hipermedias et pedagogie: Comment promouvoir l'activité de l'élève?* Congrès Hypermedia et Apprentissage. Poitiers, France.
- CIPE: Center for International Private Enterprise. Forum on Economic Freedom. Artigos: Tien F.F. *Cómo la educación impulsó el desarrollo de Taiwán e La educación: Clave del éxito de la transformación en Polonia*.
<http://www.cipe.org/ert/s22/s22tie.html> (Nov 2000)
- CLANCEY, W. J. 1982. *Tutoring rules for guiding a case method dialogue*, in: D. Solemn et J. S. Brown (Ed.), *Intelligent Tutoring Systems*, New York : Academic Press, p. 201-225.
- CLANCEY, W.J., 1987. *Knowledge-Based Tutoring: The GUIDON Program*. The MIT Press.
- CLANCEY, W.J. 1992. *New Perspectives on Cognition and Instructional Technology*. NATO ASI Series v91. Series F, Computer and System Sciences.
- CONSTRUÇÃO ou Instrução. 1998. Porto Alegre : Artmed,. Substratum, v.2, n.6.
- COSTA E.B., 1997. *Um Modelo de Ambiente Interativo de Aprendizagem baseado numa Arquitetura Multi-Agentes*. Tese de Doutorado em Ciências. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Dezembro,.

- COSTA P., 1996. *The Information Technology as an Additional Challenge to the Future of the University in the Knowledge-Based Society: A European Perspective*. Conferencia: La Universidad en la Sociedad de la Información. São Paulo, 23-25 de outubro
<http://www.infoage.ontonet.be/costas.html>
- CURILEM GMJ, da LUZ R. P., de AZEVEDO FM. 1999. *Virtual Reality in Intelligent Tutoring Systems*, Proceedings of 5th International Conference of Virtual Systems and Multimedia, VSMM'99. Dundee, UK.. p. 445 – 454.
- CURILEM GMJ, de AZEVEDO FM. 1999a. *Sistema Tutores Inteligentes y Educación*. XIII Congreso Chileno de Ingeniería Eléctrica, Santiago de Chile.
- CURILEM S. G. M., ESPINOSA A., SANDOVAL R. et al. 2001. “*Aportes de la Ingeniería Biomédica a la Educación en Salud*”. II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, 23-25 mayo, Habana, Cuba, Anales ISBN 959-7132-57-5.
- DANEMAN D., FRANK M., PERLMAN K. 1999. *When a child has Diabetes*. Your personal health series. Key Porter Books. Canada.
- DAVIDSON M.B. 1998. *Diabetes Mellitus Diagnosis and Treatment*. WB Saunders Cie. 4ta Edição
- DAVIS C., de OLIVEIRA Z. 1990. *Psicologia na Educação*. Série Formação do Professor. Cortez Editora. SP.
- DCCT 1993. *Diabetes Control and Complication Trial Research Group, The effect of Intensive Treatment of Diabetes on the Development and Progression of Long-term Complications in Insulin-dependent Diabetes mellitus*. N Engl Journal of Med., 329(14):977-986.
- de AZEVEDO F. 1993. *Contributions to the Study of Neural Networks in Dynamical Expert Systems*. Belgica. Thesis for the degree of Doctor in Science. Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix.
- de AZEVEDO F., 1997. *Uma proposta de Modelos de Redes Formais de Neurônios e Redes Neurais Artificiais*. III Congresso de Redes Neurais, IV Escola de Redes Neurais, Florianópolis.
- de AZEVEDO F., BRASIL L., de OLIVEIRA R. 2000. *Redes Neurais com aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas*. Ed. Visual Books. Florianópolis.
- de la PASSADIERE B., DUFRESNE A. 1992. *Adaptive Navigational Tool for Educational Hypermedia*. In Tomek I. (eds) Computer Assisted Learning. Berlin, New York: Springer-Verlag. p. 555-567.
- de OLIVEIRA S., RAMOS E.M.F. 1998. *Jogos*, Trabalho final da disciplina “Informática Aplicada a Educação” Curso de Pós – Graduação em Ciência da Computação. Departamento de Informática e Estatística. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- DEL SOLDATO T., DU BOULAY B. 1995. *Implementation of motivational tactics in tutoring systems*. Journal of Artificial Intelligence in education, 6, 4, p. 337-378.

- DEMAZEAU, Y. ; MÜLLER, J. 1990. *Decentralized Artificial Intelligence*. First European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, 1., 1990. Proceedings... Cambridge: North-Holland.
- DENNIS, S. 1997. *The Interactive Activation and Competition Network: How Neural Networks Process Information*. Disponível na Web.
<http://www2.psy.uq.edu.au/~brainwav/Manual/IAC.htm>
- DILLENBOURG P. 1989, *The Design of a Self-Improving Tutor: Proto-TEG*, Instructional Science, Vol 18, no.3, 193-216.
- DILLENBOURG P., SELF J. A. 1992. *A Framework for Learner Modelling Interactive Learning Environments*, 2 (2), 111-137.
- DILLENBOURG P., 1993. *Multimedia e Formação : toujours les mêmes erreurs....* CBT Forum, fevereiro.
- DILLENBOURG P., 1998. *Technologies et formation*. Course of the Université de Genève.
<http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/cefa/cefa-overview.html>
- DU BOULAY B., SLOMAN A. 1988. *Bread today, Jam tomorrow: the impact of AI in education*. V International Conference on Technology and Education, CEP Consultants Ltd. 1 p 82-85.
- DU BOULAY B. 2000. *Can we learn from ITSs?* Proceedings of the International conference on Intelligent Tutoring Systems. Maio Montreal Canada. p.9-18.
- DUPUY J.P. 1996. *Nas origens das Ciências Cognitivas*. Editora UNESP. São Paulo.
- DURKIN J. 1992 *Expert Systems Design and development*. Prentice Hall.
- EKLUND J. *Adaptive Learning Environments: The future for tutorial software?*
http://nabil.vuse.vanderbilt.edu/Adaptative_Learning.htm (Jan 2000).
- ELM W.C., WOODS D.D. 1985. *Getting lost: A case study in interface design*. Proceedings of the Human Factors Society. p927-931.
- EYSENCK, M.M. & KEANE, M.T. 1994. *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- FELDER R.M., SILVERMAN L.K., 1988. *Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education*. Engineering Education, 78 (7), 674-681.
- FELDER R.M., A 1995. *Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention*. IV. Instructional Methods and Student Responses to Them, *J. Engr. Education*, 84(4), 361--367.
<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/long4.html>
- FELDER R.M. 1996. *Matters of Styles* ASEE Prism 6(4), 18-23. December.
- FELDER R., SOLOMAN B. 1997. *Learning styles and strategies*.
<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/styles.htm>
<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/ilsweb.html>
- FELDER R., 1999. *Learning Styles*.
http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Learning_Styles.html

- FIALHO F.P., 1994. *Modelagem Computacional da Equilíbrio das Estruturas cognitivas como proposto por Jean Piaget*. Tese de Doutorado, Pósgraduação em engenharia de produção. UFSC, Florianópolis.
- FINLAY J., BEALE R. 1992. Pattern recognition and classification in dynamic and static user modelling, In R. Beale & J. Finlay (Eds.), *Neural Network and patterns recognition in human-computer interaction*. p65-84. NY: Ellis Horwood.
- FLEMMING, E. 1998. *Um Sistema Tutor Multi-Agentes no Domínio da Lógica*. Dissertação Mestrado Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, 111p., Florianópolis.
- FUNNELL M. 2001. *New Roles in Diabetes Care*. Diabetes' Voice. International Diabetes Federation. N.(3). Nov.
<http://www.diabetesvoice.com/diabetesvoice/peng/issue/2001/2001ni3/article04.shtml>
- FURTADO E., SANTONI C., FRANÇOIS P. 1995. *Adaptive human computer interfaces for supervision systems*. In Y Anzai, K. Ogawa, & H. Mori (Eds), *Symbiosis of human and artifact*. p1077-1082. NY: Elsevier.
- GAGNE R.M., BRIGGS L.J., & WAGNER W.W. 1988. *Principles of instructional design*. Third edition. New York: Holt Rinehart and Winston.
- GARDNER H. 1983. *Frames of Mind*. New York: Basic Books.
- GARDNER H. 1993. *Multiple Intelligences: The Theory in Practice*. NY: Basic Books.
- GIRAFFA L.M.M. 1997. *Seleção e adoção de Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes*. Exame de Qualificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Informática. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Porto Alegre.
- GIRAFFA, L.M.M; VICCARI, R.M.; SELF, J. 1998. Multi-Agent based pedagogical games. In: ITS - INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, 4., San Antonio. Proceedings Berlin: Springer-Verlag.
- GOLDSTEIN I. 1982. *The genetic graph: A representation for the evolution of procedural knowledge*, in: D. Sleeman et J. S. Brown (Ed.), *Intelligent Tutoring Systems* (p. 257-263. New York : Academic Press.
- GOLEMAN D. P. 1995. *Inteligência Emocional*, 51ª. Edição, Editora Objetiva Ltda.
- GRACIANO M.I.G., 1980. *Crêterios de Avaliação para Classificação Sócio-Econômica. Serviço Social e Sociedade*. Revista trimestral de Serviço Social. Ano I, n.3 Outubro.
- GROSSBERG S. 1978. *A Theory Of Visual Coding, Memory and development*. E.L.J.Leeuwenberg & H.F.J.M. Buffart (Eds.) *Formal theories of visual perception*. NY:Wiley.
- HAYKIN S. 2001. *Redes Neurais, Princípios e prática*. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman.

- HEFLEY W.E., 1990. *Architecture for adaptable human-machine interface*. In W. Karwowski & M. Rahimi (Eds.. *Ergonomics of Hybrid automated systems II*. p575-585. NY: Elsevier.
- HEPP P. 1996. *Monitoring the 'Enlaces' educational computer network*. Education and Information Technologies. Volume 1. Number 1..Boundary Row, London SEI 8HN, UK.
- HERRINGTON J., OLIVER R. 1997. *Critical characteristics of situated learning: Implications for the instructional design of multimedia*. Edith Cowan University. http://www.cohwan.edu.au/lrn_sys/lshompag.htm
- HONOREZ M, THERER J., CAHAY R., MONFORT B., REMY F. 2000. *Les styles d'apprentissage: mode d'emploi*. 1er Congrès des chercheurs en education, Bruxelles. Belgique.
- HOOKE K. 1997. *Evaluating the Utility and Usability of an Adaptive Hypermedia System*. IUI'97. Proceedings. Orlando Florida USA. P. 179-186.
- HOPCROFT J.E., ULLMAN J.D. 1979. *Introduction to automata theory, Languages and Computation*. Addison-Wesley.
- JOHNSON S. D. 1989. *A description of experts and novice performance differences on technical troubleshooting tasks*. Journal of Industrial Teacher Education, Vol. 26, N° 3, p. 19-3
- JONASSEN D.H. ____ *Thinking technology: Toward a constructivist view of instructional design*. Educational Technology, 30(9), 32-34.
- JONASSEN D.H., WANG, S. 1993. *The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems*. Journal of Educational Technology Systems, Vol. 22 (1), pp. 19-28.
- KAPLAN C. FENWICK J. 1993. *Adaptive Hypertext Navigation Based on User Goals and Context*. User Modelling and User-Adapted Interaction. Vol 3. p 193-220.
- KLEIN, S.B. 1996. *Learning – Principles and applications*. New York: McGraw-Hill.
- KOLSKI C., TENDJAOUI M., MILLOT P. 1992. *A process method for the design of "intelligent" man-machine interfaces*. Case study: "The decisional module of imagery" International Journal of Human Factors in Manufacturing, 2(2), p 155-175.
- KOLSKI C., LE STRUGEON E. 1998. *A Review of Intelligent Human-Machine Interfaces in the light of the ARCH Model*. International Journal of Human-Computer Interaction. 10(3), 193-231. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- KOSBA A. 1990. *Modeling the user conceptual knowledge in BGP-MS, a User Modeling Shell System*. Computational Intelligence, vol 6 . p 193-208.
- KOSBA A., MULLER D. et al. 1994. *KN-AHS: An Adaptive Hypertext client of the user Modeling System BGP-MS*. Proceedings of the fourth international Conference on User Modeling. Hyannis, MA. p 99-105.

- LACROIX A., ASSAL J.P. 2000. *Therapeutic Education of Patients: New Approaches of chronic illness*. Ed. VIGOT
- LAMBERTS K. 1988. *A hybrid model of skill acquisition in solving physics problems*. Neural Networks, Vol. 1, p. 193.
- LARSON R. – 1999. *As novas realidades e os desafios da educação tecnológica superior*. http://www.engenheiro2001.org.br/teleconferencia_3.htm#tele2
- LAVE J. 1988. *Cognition in Practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LAVE J., WENGER, E. 1990. *Situated Learning: Legitimate Periperal Participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LE STRUGEON, E., GRISLIN M., MILLOT P. 1995. *Toward the application of multiagent techniques to the design of Human-Machine systems organizations*. VI IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium of Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems, Cambridge, MA
- LEMAN, S.;MARCENAC,P.;GIROUX,S. 1996. *A Generic Architecture for ITS Based on a Multi-Agent Approach*. International Conference on Intelligent Tutoring Systems - ITS'96, 3.,1996,Proceedings...Berlim: Springer Verlag.
- LÉVY P. 1993. *As tecnologias da inteligência, o futuro do pensamento na era da informática*. Editora 34.
- LINH SIAO W. D., 1996. *CSCL Theories*. <http://www.edb.utexas.edu/csclstudent/Dhsiao/theories.html>
- LUCKIN R., DU BOULAY B. 1999. *Ecolab: The development and evaluation of a vygotskian design framework*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 10 (2. p198-220.
- MARK M.A., GREER J.E. 1995. *The VCR Tutor: Effective instruction for device operation*. Journal of the Learning Sciences, 4(2): p209-246.
- McCLELLAND J.L., RUMELHART D.E. 1981. *An Interactive Activation Model of Context effects in letter Perception: Part1. An account of basic findings*. Psychological Review 88. p. 375-407.
- McCLELLAND J.L, RUMELHART D.E. 1986. *Parallel Distributed Processing: Explorations of the microstructure of cognition. Volume 1: Foundations*. Eds J.A. Feldman, P.J. Hayes, D.E. Rumelhart. The MIT Press,
- McCULLOCH W.S. 1965. *Embodiments of Mind*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- MENGEL, S., LIVELY, W. 1992. *Using neural network to predict student responses* Proceedings of the 1992 ACM/SIGAPP symposium on applied computing - SAC '92, p. 669-676.
- MERRIL, M. D. 1998. *Construtivismo e projeto instrucional*. Substratum. Artmed, V.2, n.5. Porto Alegre.

- MEURRENS, M. W. F. 1989. *La gestion du modèle de l'apprenant dans le système d'E.I.A.O.* Intelligence artificielle et sciences cognitives au Québec, Vol. 1, N 2, p. 39-45.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE, Brasil 1996. *Secretaria de Assistência à Saúde. Diabetes Mellitus: Guia básico para Diagnóstico e Tratamento.* Brasília.
- MITCHELL T.M., UTGOFF P.E., BANERJI R., 1984. *Learning by Experimentation: Acquiring and refining Problem-Solving heuristics.* In Michalski R.S. Carbonell J.G., Mitchell T.M., editor, *Machine Learning: An artificial Intelligence Approach*, pag: 163-190.
- MONTELLO, M.V. 1999. *Sistema Especialista para Predição de Complicações Cardiovasculares Integrado a um sistema de Controle de Paciente Portadores de Diabete Mellitus*, Florianópolis, Dissertação de Mestrado: UFSC, Brasil.
- MONTGOMERY S. M. 1995. *Addressing Diverse Learning Styles Through the Use of Multimedia.* University of Michigan.
<http://fre.www.ecn.purdue.edu/FrE/asee/fie95/3a2/3a22/3a22.htm>
- MORIN E. 2001. *Os sete saberes necessários à Educação do Futuro.* Ed. Cortez. Brasília DF. UNESCO.
- MOUSSALE,N.;VICCARI,R.M.;CORREA,M. 1996. *Intelligent Tutoring Systems modelled through the mental states.* Brazilian Symposium on Artificial Intelligence,13.,1996.Proceedings... Curitiba: Springer Verlag,.
- NASSEH B. 1996. *Key Planning Issues In Technology Based Education. Ball State University. Elements of Effective Strategical Planning for Technology in Education.*
<http://www.bsu.edu/classes/nasseh/bn100/strateg.html>
- NICOLESCU B. 1999. *Réforme de l'education et de la pensée: complexité et transdisciplinarité.*
<http://www.engenheiro2001.org.br/artigos/Nicolescu.rtf>
- NONG YE 1997. *Neural Networks Approach to User Modelling and Intelligent Interface: A Review and Reappraisal.* International Journal of Human Computer Interaction, 9(1), 3-23. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- NORUSIS M.J. 1993. *SPSS for Windows: Base System User's Guide.* Release 6.0. (c) SPSS Inc. Printed in USA.
- NOT L. 1983. "Perspectives Piagetiennes" Ed. Privat. Paris.
- NWANA, H. S. 1996. *Software Agents : An Overview*, Knowledge Engineering Review, Vol. 11, N° 3, p. 1-40.
- O'SHEA T., SELF J. 1983. *Learning and Teaching with Computers.* Artificial Intelligence in Education. Harvester Press, Brighton.
- OGLIARI B. 1999. *Sistema para Detecção de Neuropatia Autonômica Diabética Através da Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca.* Florianópolis. Dissertação de Mestrado: UFSC, Brasil.

- OLIVEIRA R.F., SANTOS M.A.C. 2000. *A educação dos Diabéticos. Jornal Multidisciplinar do Diabetes e das Patologias Associadas. Diabetes Clínica.* 04 (2000) p. 307-310.
- OMS – UNESCO 1996. *Education et Santé: Une Alliance pour le Développement.*
<http://www.unaids.org/whatsnew/press/frn/pressarc96/educfr.html>
- PAGANO R.L., BARRETO J.M. 1990. *A theoretical Model of Hypertext.* AINN'90-Art. Intell. Appl. And Neural Networks. Zurich, p 10-15.
- PANTELIDIS V. S. 1993. *Suggestions on When to Use and When Not to Use Virtual Reality in Education.* East Carolina University.
<http://eastnet.educ.ecu.edu/vr/sug.html>
- PANTELIDIS V. S. 1997. *Virtual Reality in education and Howard Gardner's Theory of multiple intelligences.* East Carolina University.
<http://eastnet.educ.ecu.edu/vr/gardner1.htm>
- PAOLUCCI R. 1998. *The effect of cognitive style and knowledge structure on performance using a hypermedia learning system.* Journal of Educational Multimedia and Hypermedia. 7 (2/3). p 123 a150.
- PAPERT S. 1994. *A máquina das crianças. Repensando a escola na era da informática.* Artes Médicas. Trad. Sandra Costa. Porto Alegre.
- PAPERT S., 1985. *LOGO: Computadores e Educação.* Ed. Brasiliense, São Paulo.
- PFROMM N.S. 2000. *Ensino-Aprendizagem: Retorno às bases pedagógicas.* Conferência ministrada no EDUCADOR 2000. VII Congresso Internacional de Educação. São Paulo.
- PFROMM N.S. 1987. *Psicologia da aprendizagem e do ensino.* São Paulo: EPU/EDUSP
- PIAGET J., 1967. *A psicologia da Inteligência.* Editora Fundo de Cultura S.A Lisboa .
- PIAGET J., GRÉCO P., 1974. *Aprendizagem e Conhecimento.* Rio de Janeiro, Freitas Bastos,
- PILAR DA SILVA D., VAN DURM R., DUVAL E. et al. 1998. *Concepts and Documents for Adaptive educational hypermedia: a model and a prototype.* Proceedings of the II Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia. HYPERTEXT'98, Pittsburg. USA.
- POZO A.T.R. 1996. *Um Sistema de Ensino Inteligente, Via Sociedade de Multi-Agentes, Aplicado ao Diagnóstico de Epilepsia"* Projeto de Tese apresentada na Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- RASMUSSEN K.L., DAVIDSON-SHIVERS G.V. 1998. *Hypermedia and Learning Styles: Can performance be influenced?* Journal of Educational Multimedia and Hypermedia. 7 (2/3). p 291 a 308.
- RICH E., KNIGHT K., 1994. *Inteligencia Artificial,* Mc Graw Hill,

- ROBITAILLE J., LAFLEUR J.M., ARCHER A. 1998. *Quelle éducation pour demain? Réflexion sur le développement durable et l'éducation pour un avenir viable.* Colloque en Direct.
<http://199.212.18.76/eco/education/Papers/robitail.htm>
- ROSS J.D., ROSS C.M. 1997. *Teste ROSS de processos cognitivos*. SP: Instituto Pieron de Psicologia Aplicada.
- ROUET J.F. 2001. *Cognition et Technologies d'Apprentissage*.
<http://perso.wanadoo.fr/arkham/thucydide/rouet.html> (Setembro 2001)
- ROUSE W.B. 1988. *Adaptive aiding for human-computer control*. Human Factors, 30(4), p431-443.
- SEIDEL, R. J., CHATELIER, P. R. 1997. *Virtual Reality, Training's Future?* Plenum Press, NY.
- SELF J. 1988. *Student Models: what use are they?* In Ercoli P., Lewis R. (eds), *Artificial Intelligence tools in Education*. North Holland. p. 73-96.
- SHORTLIFFE, E. H. 1976. *Computer-based medical consultations: MYCIN*. New York : American Elsevier.
- SHUTE V. J. 1995. *SMART: Student Modelling approach for responsive tutoring*. User Modelling and User Adapted Interaction, 51. p1-44.
- SILVA D.M. 2001. *Narrativas do viver com Diabetes Mellitus: experiências pessoais e culturais*. Florianópolis. UFSC. Série: Teses em Enfermagem. n27.
- SILVEIRA S.R., BARONE D.A.C. 1998. *Estudo e construção de uma ferramenta de autoria multimídia para elaboração de jogos educativos*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre.
- SIMON H.A. 1983. *Why should machines learn ?* In *Machine Learning, An Artificial Intelligence Approach*, ed. R.S. Michalski, J.G. Carbonell, and T.M. Mitchell. Palo Alto, CA : Tioga Press.
- SKINNER B.F. 1968. *The technology of Teaching*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- SKINNER B.F. 1991. *Questões recentes na análise comportamental*. Campinas, SP: Ed. Papirus.
- SLEEMAN D. BROWN J.S. 1982. *Intelligent Tutoring Systems*. Academic Press. London.
- SMALLWOOD, R.D. 1962. *A decision structure for teaching machines*, MIT Press, Cambridge.
- SMITH A.S.G. 1999. *Applications of Machine Learning Algorithms in Adaptive Web Based Information Systems*. UK. Tese de Doutorado nas Ciências da Computação. Escola de Ciências da Computação. Middlesex University.
- SMITH-GRATTO K. 1996. *Toward Combining Programmed Instruction and Constructivism for Tutorial Design*. http://www.coe.uh.edu/insite/elec_pub/html1995/199.htm

- SOUTO M.A.M., BICA F., WARPECHOWSKI M., et al. 2001. *Ferramentas de Suporte a Monitoração do Aluno em um Ambiente Inteligente de Ensino na Web*. Anais do XII Simpósio Brasileiro de informática na Educação. Vitória/ES. Brasil.
- SPRIET J.A., VANSTEENKISTE G.C. 1982. *Computer aided modeling and simulation*. Dept. of Applied Mathematics and Biometrics. University of Ghent. Belgium. Academic Press.
- STEVENS, A., COLLINS A. M. 1977. *The goal structure of a Socratic tutor*, (rapport technique No. 3518), Cambridge (MA) : Bolt, Beranek and Newman Inc.
- SUTHERLAND J. et al. 1998. *Towards Mass-Market Virtual Reality: the oportunities and the problems*. VSMM98. 4th International Conference on Virtual Systems and Multimedia. pag: 432-436.
- TARDIF, J. 1992. *Pour un enseignement stratégique: L'apport de la psychologie cognitive*, Montréal : Les Éditions Logiques
- TEIXEIRA P. A. F. 1998. *Interação Mútua e Interação reativa: uma proposta de estudo*. Texto apresentado no XXI Congresso da Intercom - Recife, PE.
<http://usr.psyco.ufrgs.br/~aprimo/pb/intera.htm>
- TORRES J.M.R, RODRIGO J.A.R. 1992. *El síndrome Clínico de Diabetes Mellitus*. In: Rull JA, Zorrilla E, Jadzinsky MN, Santiago JV, Diabetes Mellitus – complicaciones crónicas. Mexico: Interamericana, p. 3-16.
- TRAUER, E.; da LUZ, P. R. 1997. *Virtual Lab: Ensino Através de Laboratórios Virtuais*. Anais do 1 Workshop de Realidade Virtual. São Carlos – Brasil, páginas 130 –137.
- VALENTE J.A. 1993. *Diferentes usos do Computador na Educação*. Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED. Gráfica Central da UNICAMP, p.1-23, São Paulo.
- VALENTE J.A. 1995. *Informática na educação: conformar ou transformar a escola*. Perspectiva. Núcleo de Publicações – CED/UFSC, ano 13, n.24, p. 41-49, Florianópolis.
- VERSTEGEN D. 1996. *Living with a chronic illness. Task and Challenge*. Werkverband Organisaties Chronisch Zieken (WOCZ. The Hague. Netherlands.
- VICCARI R.M., GIRAFFA L.M.M. 1996. *Sistemas Tutores Inteligentes : abordagem tradicional Vs abordagem de agentes*. Anais do XIISBIA- Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, Curitiba.
- VYGOTSKY, L.S. 1962. *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- VYGOTSKY, L.S. 1978. *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- VYGOTSKY L.S. 2000. *Formação social da mente*. Editora Martins Fontes. SP.
- WADSWORTH, B.J. 1996. *Inteligência e afetividade na criança na teoria de Piaget*. Editora Pioneira. São Paulo.
- WASSON, B. J. 1985. *Student models: the genetic graph approach, rapport technique*. CS 85-10, Waterloo (Ontario) :University of Waterloo.

- WEISS A. E. 1996. *Virtual Reality : a door to Cyberspace*. 1st edition, Twenty-first Century Books.
- WENGER E. 1987. *Artificial intelligence and Tutoring Systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Morgan Kaufmann, San Francisco.
- WHO 2000. World Health Organization. *Global Strategy for the prevention and Control of Noncommunicable diseases*. 53th World Health Assembly. Provisional Agenda, Item 12.11
- WILLRICH R. 1999. *Sistemas Multimídia Distribuídos*. Material da disciplina “Multimídia Distribuída”. Curso de pós-graduação em ciências da computação, Depto. de Informática e Estatísticas, UFSC.
- WINKELS R., BREUKER J. 1992. *What’s in an ITS? Functional Decomposition*. In *New directions for Intelligent Tutoring Systems*. NATO SERIES. P 57-71
- WINN W. 1993. *A conceptual Basis for educational application of Virtual Reality*. Human Interface Technology Laboratory. Washington Technology Center. University of Washington. <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9/>
- WINN W. 1997. *Constructivism in practice : The case for Meaning-Making in the Virtual World*. Human Interface. Technology Laboratory. Washington Technology Center. University of Washington. <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-97-47/three.html>
- ZADEH L. A. 1991. *An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems*. Yager and Zadeh Editors, Kluwer Academic Publishers.
- ZAGURY L. ZAGURY T. 1984. *Diabetes sem medo*. Ed. Rocco Ltda.