

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Eleandro A. Kochhann

**UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA O AUXÍLIO A
ELABORAÇÃO DE SISTEMAS EDUCACIONAIS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Prof. Mauro Roisenberg, Dr.

Florianópolis, Abril de 2003

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Eleandro A. Kochhann

**UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA O AUXILIO A
ELABORAÇÃO DE SISTEMAS EDUCACIONAIS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Prof. Mauro Roisenberg, Dr.

Florianópolis, Abril de 2003

UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA O AUXILIO A ELABORAÇÃO DE SISTEMAS EDUCACIONAIS

Eleandro A. Kochhann

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.
Coordenador do curso

Banca Examinadora

Prof. Mauro Roisenberg, Dr. (Orientador)

Prof. Roberto Willrich, Dr.

Prof. Jorge Muniz Barreto, Dr.

*“Não precisamos saber nem ‘como’ nem ‘onde’,
mas existe uma pergunta que todos nós devemos
fazer sempre que começamos qualquer coisa:
Para que tenho que fazer isso?”.*

(Paulo Coelho)

*“A mente que se abre a uma nova idéia
jamais voltará ao seu tamanho original”.*

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre comigo, iluminando meu caminho e ajudando-me a superar os obstáculos que se apresentam com saúde, força de vontade e muitas bênçãos durante toda a minha jornada do Mestrado.

Ao amigo Leandro Dihl, pela imensa ajuda na elaboração do protótipo, pelas idéias criativas que muito contribuíram para o desenvolvimento do mesmo.

Ao meu orientador Prof. Mauro Roisenberg, pela sua dedicação e motivação no início da elaboração deste trabalho, por sua persistência e confiança na finalização desta dissertação.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM), por proporcionarem o curso de Mestrado, incentivando os alunos a iniciarem, contribuindo no aperfeiçoamento profissional, e, objetivando formar novos profissionais aptos para ingressarem no mercado de trabalho.

Gostaria também de fazer aqui, um agradecimento especial a todos aqueles que de alguma forma tiveram uma contribuição nesta dissertação, principalmente aos meus amigos que me incentivaram e me deram muita força.

À minha família, que sempre estive comigo me apoiando em todas as horas, obrigado pelo incentivo e carinho.

SUMÁRIO

LISTA DE REDUÇÕES	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Motivação	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivos Gerais	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Estruturação do trabalho	15
2. UMA VISAO GERAL SOBRE TEORIAS DE APRENDIZAGEM	17
2.1 Teorias Pedagógicas: revisão básica	17
2.1.1 Teoria da Exibição Componente (M.D. Merrill)	20
2.1.2 Minimalismo (J. Carroll)	21
2.1.3 Teoria do Desenvolvimento Social (L. Vygotsky)	22
2.1.4 Teoria Construtivista	22
2.2 Modelos Pedagógicos	23
2.2.1 Modelo de Willis	24
2.2.2 Modelo de Eastmond	24
2.2.3 O modelo organizador do desenvolvimento de Ausubel	25
2.2.4 O modelo de aprendizagem construtivista	26
2.2.5 O modelo de aprendizagem pela descoberta de Bruner	26
2.2.6 O modelo de comunicação estrutural de Egan	26
2.2.7 O modelo de facilitação baseado em Carl Rogers	27

2.3 Estratégias de Aprendizado	27
2.3.1 Métodos de Ensino	29
3. PROJETO DE INTERFACES	33
3.1 Recomendações para Projeto de Interfaces	34
3.2 Recomendações para o Projeto Instrucional	36
4. QUALIDADE DE SOFTWARE	39
4.1 Software educacional	40
4.2 Ergonomia de Software Educacional	42
5. SISTEMAS ESPECIALISTAS E SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES	45
5.1 Sistemas Especialistas	46
5.2 Sistemas Tutores Inteligentes	52
6. PROPOSTA DO SISTEMA ESPECIALISTA	56
6.1 Descrição do Modelo	57
6.1 O projeto do sistema SESE	61
7. CONCLUSÕES	71
7.1 Sugestões para trabalhos futuros	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE REDUÇÕES

A-T-A – Application-Theory-Application.

CAI - Computer Aided Instruction.

CDT - Component Display Theory.

DI – Design Instrucional.

GUI – Interface Gráfica com o Usuário (Graphical User Interface).

GSI – Grupo de Sistemas Inteligentes

HCI – Interação Homem-Computador.

ITS – Intelligent Tutoring Systems.

MBTI – Myers-Briggs Type Indicator

NGM – Nominal Group Method

SE – Sistemas Especialistas.

STI's – Sistemas Tutores Inteligentes.

TAPPS – Thinking Aloud Paired Problem Solving.

T-A-T – Theory-Application-Theory.

UML – Linguagem de modelagem Unificada .

WMBK – What Must Be Known.

WWW – World Wide Web. (Web).

ZPD – Zona de desenvolvimento próximo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: Modelo de Willis	24
Figura 2. 2: Modelo de Eastmond	25
Figura 3. 1: Fases de desenvolvimento de um programa instrucional	37
Figura 5. 1: Elementos básicos de um sistema especialista.	48
Figura 5. 2: Estrutura Básica de um Sistema Tutorial Inteligente.	54
Figura 6. 1: Diagrama de casos de uso do sistema proposto.	61
Figura 6. 2: Tela de exibição inicial do protótipo	62
Figura 6. 3: Tela de identificação do público alvo.	63
Figura 6. 4: Representação baseada em quadro do elemento Publico Alvo	64
Figura 6. 5: Tela de seleção da área de conhecimento.	64
Figura 6. 6: Tela de identificação da disciplina (assunto).	65
Figura 6. 7: Tela de seleção dos métodos de ensino	66
Figura 6. 8: Tela de seleção dos arquivos para o projeto.	67
Figura 6. 9: Tela de inclusão de regras.	68
Figura 6. 10: Tela de seleção de buscadores da www.	68
Figura 6. 11: Tela de seleção do tipo de implementação.	69
Figura 6. 12: Tela de alteração do projeto final (Apresentação de slides).	69
Figura 6. 13: Tela de seleção da finalização do projeto.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1: Métodos de Ensino e Táticas (RITA, 1999).	31
Tabela 2. 2: Tipos Psicológicos (Myers, 1998)	32
Tabela 2. 3: Perfis de Alunos e Métodos Indicados (Pereira, 1999)	32

RESUMO

Este trabalho propõe a especificação de um sistema especialista para auxílio do educador na elaboração de sistemas educacionais. Para o desenvolvimento desta proposta, vários conceitos correlacionados são abordados, tais como: as teorias e os modelos pedagógicos, as estratégias e os métodos de ensino, projeto de interfaces, qualidade e ergonomia de software educacional, inteligência artificial, sistemas especialistas e sistemas tutores inteligentes. A fim de validar o modelo proposto, foi desenvolvido um protótipo cujos detalhes de funcionalidade serão discutidos neste trabalho. Acredita-se que a utilização desta ferramenta permitirá produzir material didático em sistemas de ensino auxiliado por computador de maior qualidade.

Palavras-chave: Sistemas Especialistas, Sistemas Educacionais, Estratégias de Ensino.

ABSTRACT

This work proposes the specification of an expert system to aid the educator in the elaboration of education systems. For the development of this proposal, several correlated concepts are approached, such as: the theories and the pedagogic models, the strategies and the teaching methods, project of interfaces, quality and ergonomics of education software, artificial intelligence, expert systems and systems intelligent tutors. In order to validate the proposed model, a prototype was developed whose functionality details will be discussed in this work. It is believe that the use of this tool will allow to produce didactic material in education systems aided by computer of larger quality.

Keywords: Expert System, Educational systems, Teaching strategies.

1. INTRODUÇÃO

A acelerada evolução da tecnologia traz consigo novos desafios para o setor educacional e, neste momento, é importante pensar no replanejamento das relações entre educandos e educadores, sociedade e setor educativo, tecnologia e educação.

Atualmente, os pesquisadores estão buscando a interdisciplinaridade, integrando os domínios da Educação e a Computação, mais especificamente, a Pedagogia, a Psicologia da Aprendizagem e a Inteligência Artificial (Bercht, 1997), a fim de obter sistemas mais sofisticados.

A Ciência da Computação, juntamente com a Psicologia e a Educação, tem buscado aperfeiçoar ferramentas computacionais de ensino, voltadas principalmente para o ensino individualizado (Pozo, 1991). Novas abordagens do uso da Informática na Educação têm trazido boas perspectivas para esta área. A utilização pura e simples de recursos computacionais costuma resultar na construção de ambientes de aprendizagem estáticos que, ou não condizem com as modernas teorias educacionais, ou apresentam ao aluno uma avalanche de material instrucional, deixando totalmente sob a sua responsabilidade a ação a ser tomada no processo de aprendizagem.

Segundo Chaiben (2001), “com a evolução das técnicas da Inteligência Artificial e das pesquisas no campo das ciências cognitivas, aumentou-se o grau de inteligência dos sistemas educacionais e antigas dificuldades estão sendo aos poucos superadas”.

A informática na educação objetiva o desenvolvimento de ambientes e metodologias que propiciem o aprendizado remoto, ou seja, onde um ou mais aprendizes possam vivenciar experiências de aprendizagem em local fisicamente diferente do qual o ambiente e os recursos instrucionais se encontram (Silveira, 2001).

Nos últimos anos tem crescido bastante o número de trabalhos e pesquisas de ferramentas computacionais em Inteligência Artificial que procuram capturar e simular o comportamento de especialistas humanos. A modelagem de um software para o desenvolvimento de sistemas especialistas não é corriqueira, tendo em vista que este software deve implementar o tratamento de problemas complexos do mundo real que necessitam da interpretação de um especialista.

A necessidade de utilização de sistemas especialistas deve-se também a diversos fatores tecnológicos e econômico-sociais, dentre os quais temos (Lia): a dificuldade de acesso a especialistas humanos em determinadas regiões, o armazenamento e formalização do conhecimento de vários especialistas humanos, ferramenta de apoio à tomada de decisões por parte do especialista, treinamento de profissionais e imparcialidade na tomada de decisões.

Hoje em dia, no Brasil, o uso da informática na Educação é uma realidade que não pode ser deixada de lado, pois como enfatiza Papert (1994) “a Informática, em todas as suas diversas manifestações, está oferecendo aos inovadores novas oportunidades para criar alternativas”. O computador passa a ser uma ferramenta educacional, de complementação, e de aperfeiçoamento de possível mudança na qualidade de ensino.

1.1 Motivação

Motivado pela hipótese de que o desenvolvimento e utilização de Sistemas Especialistas (sistemas inteligentes) direcionados para a resolução de problemas podem ser empregados como mecanismo de apoio para a

aprendizagem, o presente trabalho objetiva o desenvolvimento de uma ferramenta de autoria que objetiva a produção de materiais educacionais, do ponto de vista estrutural, agregando informação semântica às partes, visando posterior recuperação e reuso de suas partes, auxiliando o professor no desenvolvimento de seus conteúdos, utilizando-se de técnicas pedagógicas e de outros recursos e agentes envolvidos.

Ultimamente, os meios tecnológicos para facilitação do trabalho do educador estão cada vez mais disponíveis. As novas tecnologias aplicadas ao ensino, tais como a Internet, a multimídia interativa, a teleconferência, softwares de apresentação como o Microsoft Powerpoint®, datashows, têm provocado modificações substanciais nos paradigmas de educação vigentes, uma vez que oferecem ao professor inúmeras possibilidades de acesso, mas que muitas vezes os educadores não aproveitam todo o potencial destes recursos, pois apenas tentam transferir para estes instrumentos o conteúdo da mesma forma como faziam quando utilizavam o quadro negro em sala de aula.

Tendo em vista que nosso objetivo é o processo ensino-aprendizagem e a busca por alternativas que facilitem esta questão, também acreditamos que o computador utilizado como uma ferramenta auxiliar pode contribuir de maneira significativa neste processo.

O propósito da elaboração do sistema especialista apresentado neste trabalho será de auxiliar o educador a preparar seu próprio material instrucional no formato adequado para aproveitar o máximo destas novas tecnologias, explorando todo o seu potencial mas observando também suas limitações.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho é utilizar a Inteligência Artificial (IA) como ferramenta de auxílio ao educador, proporcionando meios para que ele possa desenvolver seus conteúdos de uma forma mais rápida, utilizando-se de um Sistema Especialista no desenvolvimento de Sistemas educacionais para

serem disponibilizados em CD ROMs ou publicados na Web.

A proposta principal do sistema é aperfeiçoar as formas ou maneiras de ensino dos professores, fazendo com que estes desenvolvam e apliquem estratégias de ensino mais adequadas conforme o perfil de cada aprendiz, utilizando-se de técnicas para desenvolvimento de sistemas de mais flexíveis.

Neste estudo serão avaliados aspectos didáticos e pedagógicos, de design gráfico e instrucional, bem como aspectos de qualidade ergonômica do software educacional. Serão comentadas algumas das técnicas de IA no desenvolvimento de aplicações e projetado um modelo de Sistema Especialista, como resultando deste estudo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Utilizar-se das metodologias, através do estudo das teorias e modelos pedagógicos, dos métodos de ensino e requisitos de qualidade para a implementação de software instrucional;
- b) Analisar alguns aspectos do planejamento de um projeto de sistema Especialista;
- c) Implementar um protótipo como avaliação do resultado deste estudo, mostrando como um Sistema Especialista, pode auxiliar a elaboração de material instrucional para auxílio ao professor.

1.3 Estruturação do trabalho

Neste capítulo, de caráter introdutório, faz-se uma análise rápida sobre as revoluções tecnológicas que atualmente esta evoluindo e transformando o ensino a distância, bem como, descreve o objetivo e a estruturação deste trabalho.

O segundo capítulo do trabalho consiste no levantamento de subsídios teóricos sobre as teorias de aprendizagem existentes e modelos pedagógicos para implementação das teorias.

O terceiro capítulo descreve algumas recomendações para o projeto de interfaces e *design* instrucional, caracterizando as suas fases.

É apresentado no quarto capítulo, os quesitos básicos para ter-se qualidade nos softwares educacionais, complementando o capítulo anterior que trata sobre projeto de interfaces.

No quinto capítulo, são abordadas algumas das áreas da Inteligência Artificial, onde disserta-se sobre os Sistemas Especialistas e as tecnologias envolvidas na construção dos Sistemas Tutoriais Inteligentes (STIs) para compreender porque estes sistemas são chamados “inteligentes” e como eles contribuem para a construção de sistemas voltados ao ensino.

No sexto capítulo, é descrito o modelo de desenvolvimento do ambiente instrucional proposto e apresentado um projeto para elaboração da proposta do Sistema Especialista.

No sétimo capítulo, serão feitas as considerações finais e algumas perspectivas de aperfeiçoamento que podem ser realizadas como trabalho futuro.

2. UMA VISAO GERAL SOBRE TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Ainda não foram desenvolvidas, segundo Laaser (1997), teorias específicas para o ensino mediado por computador, e portanto têm sido adotadas as teorias de ensino e aprendizagem já existentes. A atualidade aponta como tendência o uso flexível de estilos e teorias pedagógicas, visando atender à diversidade dos recursos e dos alunos presentes. As perspectivas evolutivas do processo ensino-aprendizagem neste final de milênio revelam a importância crescente de se promover novos modelos de aprendizagem e interatividade.

Desta forma cabe a seguir tecer alguns comentários sobre as principais teorias pedagógicas que influenciam a formação do processo ensino-aprendizagem e causam impactos no processo de desenvolvimento do software educacional.

2.1 Teorias Pedagógicas: revisão básica

Segundo o que discorre Uzeda (2000), “as teorias contemporâneas se apóiam ou no subjetivismo ou no objetivismo”. O comportamentalismo e o neo-comportamentalismo (Empirismo¹) vêm de uma visão objetivista de mundo, de sociedade, de homem. Por este motivo, a ênfase nestas teorias é com tudo que é visível e mensurável. As teorias de fundo construtivista têm uma visão subjetivista e isto se reflete em seus pressupostos de aprendizagem - aprender

¹ “É a hipótese segundo a qual a capacidade de conhecer ou de aprender do sujeito é devida à experiência adquirida em função do meio físico mediada pelos sentidos”. (Becker, 1997).

é uma gradativa e continua transformação das estruturas do pensamento, não necessariamente visíveis e mensuráveis.(Uzeda, 2000).

Segundo Bolzan (1998), o ensino a distância pressupõe um sistema de transmissão, construção e reconstrução do conhecimento e da formação de cidadãos através de estratégias pedagógicas adequadas às diferentes tecnologias utilizadas. A estratégia didática do ensino a distância, de acordo com Brande (1993) apud Bolzan (1998) significa:

"a escolha dos métodos e meios instrucionais estruturados para produzir um aprendizado efetivo. Isto inclui não apenas o conteúdo do curso, mas também decisões sobre o suporte ao aluno, acesso e escolha dos meios. O modo como o tutor e o aluno se comunicam e interagem depende do esquema de aprendizado que é usado".

Dos modelos de aprendizagem na educação, o mais tradicional é o chamado de **comportamentalista** ou **objetivista**. Conforme Bolzan (1998), a aprendizagem é reprodutiva e o aluno é considerado um sujeito passivo, que recebe uma série de informações prontas, sem se aprofundar sobre o assunto. O ensino segundo essa concepção é encarado apenas como transmissão de conhecimentos.

O Comportamentalismo (Santos, 1999) tem como origem à psicologia experimental de Watson (início deste século) e vê o homem como uma "tabula rasa" que vai adquirindo um repertório de respostas para atender as contingências do meio externo. As situações de ensino que o comportamentalismo usa como princípios são:

- o software tem um objetivo definido;
- aplicam-se reforços através de textos, imagens e áudio;
- usa-se princípios de punição e prêmios em erros e acertos respectivamente, divisão em módulos;
- presença de um sistema que apresenta a pontuação alcançada;
- apresenta exercícios e práticas, simulações.

Uma forma totalmente diferente de ver o processo de aprendizagem é a do modelo **construtivista**, que pode ser subdividido em algumas correntes: **construtivista, cooperativo ou colaboracionista, o cognitivo e o sócio-cultural**. (Leidner & Jarvenpaa, 1995).

No modelo construtivista, em lugar de ser apenas transmitido, o conhecimento é criado ou construído por cada educador e os seus alunos. O professor serve como o mediador do processo de aprendizado. Sob esta ótica, os alunos tendem a aprender melhor quando são induzidos a descobrir as coisas por si sós.

O modelo cognitivo tem como premissa básica que o aprendizado requer um certo período para desenvolver, testar e refinar modelos para serem levados à prática. O aprendizado é um processo de transferência de novo conhecimento na memória de longo prazo. A abordagem cognitivista ocorre através da pesquisa, da investigação e na solução de problemas pelo próprio aluno, mesmo ele tendo que realizar inúmeras tentativas e cometer erros, o processo valoriza a experimentação e a interação com o objeto do conhecimento (Martins, 2000).

Na abordagem cognitivista quem assume o papel predominante é o processo pelo qual a aprendizagem ocorre e não o produto da aprendizagem. Baseado nesta perspectiva o ensino deve ser organizado de maneira a evitar a formação de hábitos, instigando os alunos a buscar novos conceitos, experimentar, levantar hipóteses e apresentar soluções para problemas desconhecidos, ao professor cabe evitar a rotina e as respostas padronizadas propondo problemas aos alunos sem, contudo, apresentar soluções, deve oferecer liberdade no trabalho para que os alunos elaborem suas próprias conclusões (Mergel, 1998).

Já no modelo cooperativo ou colaboracionista, o aprendizado acontece na interação do indivíduo com os objetos. É pela contribuição de diferentes entendimentos de uma mesma matéria que se chega a um conhecimento compartilhado. O professor age como um facilitador do compartilhamento em vez de controlar a entrega do conhecimento ao grupo.

Ao mesmo tempo uma extensão e uma reação ao modelo construtivista, o modelo sócio-cultural de aprendizagem pressupõe que o conhecimento não pode estar dissociado do "background" histórico-cultural do aprendiz. Como consequência disso, a aprendizagem será tanto mais rápida quanto mais próxima da experiência do aluno. Por essa razão, o instrutor não deve realizar uma única representação da realidade nem uma interpretação baseada em termos culturais únicos.

Segundo discorre Santos (1999), tem sido difundido e aplicado para o ambiente educacional, a teoria socio-interacionista de Vygotsky. Os pontos chave desta teoria são:

- Aprender é fortemente condicionado pela cultura e pela interação social;
- O desenvolvimento cognitivo é limitado a um determinado potencial para cada intervalo de idade;
- O desenvolvimento cognitivo completo requer interação social. Há uma zona de desenvolvimento proximal.

2.1.1 Teoria da Exibição Componente (M.D. Merrill)

A Teoria da Exibição Componente (Component Display Theory - CDT) (Kearsley, 1999) classifica o aprendizado em duas dimensões: conteúdo (fatos, conceitos, procedimentos e princípios) e desempenho (recordação, uso, generalidades). A teoria especifica quatro formas primárias de apresentação:

- regras (apresentação expositiva de uma generalidade);
- casos (apresentação expositiva de exemplos);
- lembrança (investigação da generalidade);
- prática (investigação do caso).

As formas secundárias de apresentação incluem: pré-requisitos, objetivos, ajuda, minemônicos e resposta.

Um aspecto importante da estrutura CDT é o controle do aprendiz, isto

é, a idéia de que os aprendizes podem selecionar suas próprias estratégias de instrução em termos dos componentes conteúdo e apresentação. Nesse sentido, a instrução criada de acordo com a CDT fornece um alto grau de individualização, já que os alunos podem adaptar o aprendizado para encontrar suas próprias preferências e estilos. A CDT especifica como criar instrução para qualquer domínio cognitivo.

2.1.2 Minimalismo (J. Carroll)

A teoria minimalista de J.M. Carroll é uma estrutura para o modelo de instrução, especialmente para materiais de treinamento de usuários de computador. A teoria sugere que (Kearsley, 1999):

- todas as tarefas de aprendizado devem ser atividades significativas e independentes;
- devem ser dados para os aprendizes projetos realistas o mais rápido possível;
- a instrução deve permitir o raciocínio e a improvisação autodirecionados, aumentando o número de atividades ativas de aprendizado;
- os materiais e as atividades de treinamento devem levar em consideração o reconhecimento e a recuperação do erro;
- deve existir uma ligação próxima entre o treinamento e o sistema real.

A teoria minimalista ressalta a necessidade de se construir sobre a experiência do aprendiz. A idéia central desta teoria é: minimizar a extensão na qual os materiais de instrução obstruem o aprendizado e focalizar o modelo de atividades que sustentam a realização direcionada pelo aprendiz. Segundo Carroll (1990) apud Kearsley (1999), o treinamento desenvolvido com base em outras teorias de instrução (por exemplo: Gagné, Merrill) é muito passivo e falha na exploração do conhecimento anterior do aluno ou no uso do erro como oportunidade de aprendizado.

A teoria minimalista é baseada em estudos de pessoas aprendendo a usar uma variedade diversa de aplicativos de computador, incluindo processamento de texto, base de dados e programação.

2.1.3 Teoria do Desenvolvimento Social (L. Vygotsky)

A teoria sociocultural de Vygotsky sobre a aprendizagem enfatiza que a inteligência humana provém da nossa sociedade ou cultura, e que ocorre em primeiro lugar através da interação com o ambiente social (ponto de vista interpessoal). (Vygotsky, 1994)

O tema principal da estrutura teórica de Vygotsky é que a interação social exerce um papel fundamental no desenvolvimento da cognição. Vygotsky afirma:

"Cada função no desenvolvimento cultural da criança aparece duas vezes: primeiro, no nível social, e depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológico) e depois, dentro da criança (intrapsicológico). Isto se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores se originam como relações reais entre indivíduos." (Vygotsky, 1978).

Um segundo aspecto da teoria de Vygotsky (1994) é a idéia de que o potencial para o desenvolvimento cognitivo é limitado para uma certa duração de tempo à qual ele chama de "zona de desenvolvimento próximo" (ZPD)². Além disso, o pleno desenvolvimento durante a ZPD depende da interação social por inteiro. A gama de habilidades que podem ser desenvolvidas com a orientação de adultos, ou por colaboração do grupo, excede o que pode ser obtido sozinho.

2.1.4 Teoria Construtivista

Nas teorias de fundo construtivista, temos duas visões - o construtivismo de Piaget (chamado de epistemologia genética) e o construtivismo de Bruner (Santos, 1999).

² Segundo este conceito, todas as pessoas têm dois planos de conhecimento: inferior, *plano de desenvolvimento real*, tem-se o conhecimento que o indivíduo já domina. No superior, *plano de desenvolvimento potencial*, indica o limite máximo que, naquele estágio de conhecimento, uma pessoa pode atingir. Entre estes dois planos está a *zona de desenvolvimento proximal (ZDP)*, que indica a região onde os conteúdos devem ser trabalhados, pois está acima do que já se sabe, e abaixo daquilo que, naquele momento, não se conseguiria aprender. (Vygotsky, 1994)

Piaget desenvolveu uma teoria bastante complexa na busca de explicação sobre a gênese do conhecimento. Para Piaget, todos os indivíduos independentemente da cultura, da estratificação social experimentam o mesmo processo de desenvolvimento, que ocorre em 4 estágios (Silva, 1998): sensório motor, pré-operatório, operacional concreto e das operações formais - que seria o estágio final - razão dos estágios anteriores e de todo processo de desenvolvimento, que nos capacita a entender e explicar o mundo.

Segundo Uzeda (2000), um tema relevante na estrutura teórica de Bruner é que o aprendizado é um processo ativo, no qual aprendizes constroem novas idéias, ou conceitos, baseados em seus conhecimentos passados e atuais. O aprendiz seleciona e transforma a informação, constrói hipóteses e toma decisões, contando, para isto, com uma estrutura cognitiva.

2.2 Modelos Pedagógicos

Segundo Pinheiro (2002), “a função dos modelos de educação a distância é a de prover um modo sistematizado para se planejar, construir e aplicar cursos na modalidade à distância”; alguns modelos dão ênfase às estratégias tecnológicas e outros às estratégias pedagógicas.

Segundo Moore & Kearsley (1996) apud Pinheiro (2002), um modelo deve ser composto de conteúdo, design, comunicação, interação, ambiente de aprendizagem e gerência.

Os modelos sistêmicos caracterizam-se por times de especialistas trabalhando juntos interdisciplinarmente, onde o sistema é totalmente integrado em suas partes, evitando que os cursos sejam distribuídos passivamente e sem planejamento. Essa integração é feita através do feedback através do qual sabemos se todos estão trabalhando de forma integrada.

Considerando as teorias já apresentadas, faz-se necessário também à composição de vários **modelos pedagógicos**. A seguir são apresentados alguns modelos, conforme relatado por vários autores, juntamente com breves comentários sobre a sua utilidade.

2.2.1 Modelo de Willis

A principal preocupação apresentada no modelo que Willis (1996) propõe, é com o Design Instrucional do curso; todas as tarefas propostas no modelo se referem ao desenho da instrução do curso. Este modelo enfoca a necessidade de estrutura para o planejamento sistemático, desenvolvimento e adaptação de conteúdos baseados na identificação das necessidades do aprendiz e exigências a serem satisfeitas.

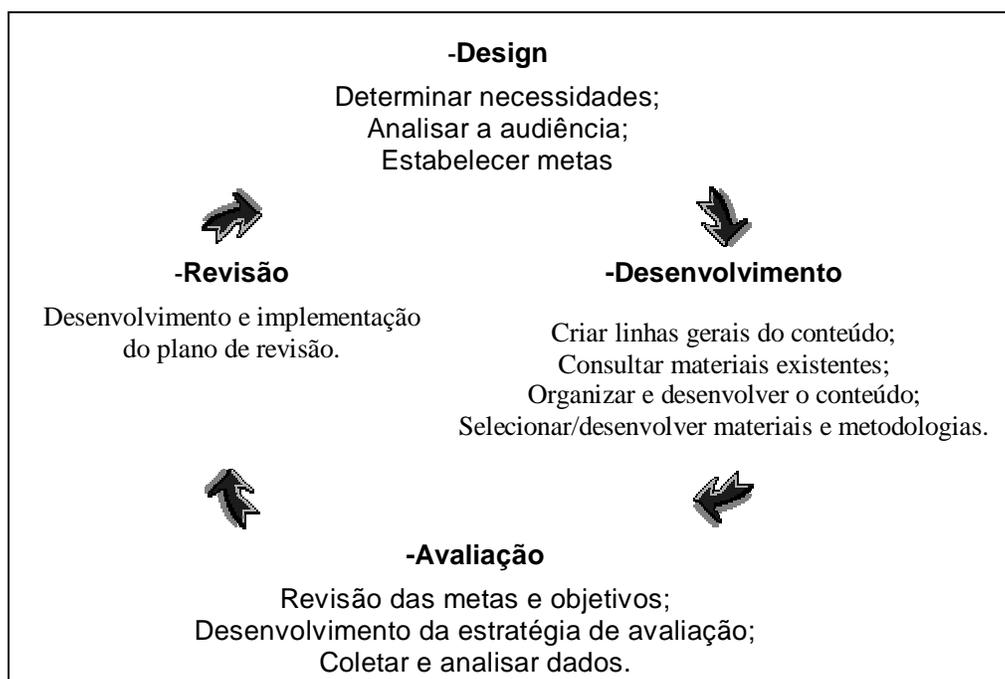


Figura 2. 1: Modelo de Willis

Fonte: Adaptado de Willis (1996).

2.2.2 Modelo de Eastmond

O modelo que Eastmond (1994) apud Pinheiro (2002) propõe, tem-se uma preocupação maior com o curso em si; este modelo considera que a avaliação das necessidades tem o mesmo peso do desenvolvimento e da avaliação.

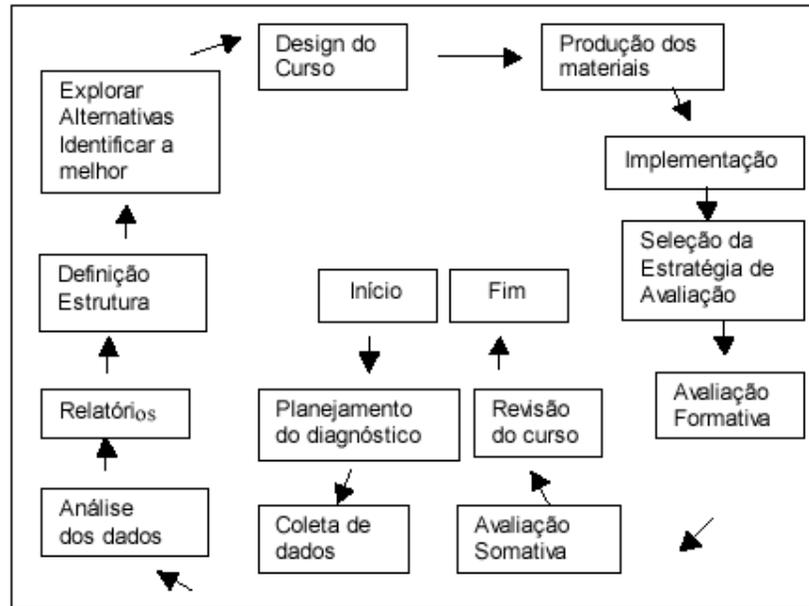


Figura 2. 2: Modelo de Eastmond

Fonte: Pinheiro (2002)

Os estágios identificados para a elaboração do diagnóstico incluem uma série de tarefas e estratégias para que se possa obter os dados, como se segue: questionários, entrevistas, pesquisa documental, observação participativa, grupos de discussão, envolvimento da comunidade.

2.2.3 O modelo organizador do desenvolvimento de Ausubel

Segundo Bittencourt (1999), este modelo descreve que os estudantes adquirem conhecimento com a ajuda de uma apresentação bem estruturada, apoiado nos organizadores do desenvolvimento. Os estudantes apreendem novo conteúdo nos termos do que já sabem começando por uma lição mais abrangente e então especificar os detalhes. É direcionado ao preenchimento da lacuna existente entre o que o aluno já aprendeu e o que ele precisa aprender ou assimilar.

2.2.4 O modelo de aprendizagem construtivista

Segundo Bédard (1998), para um construtivista, o conhecimento é construído pelo aprendiz em cada uma das situações em que ele está utilizando ou experimentando. A função da cognição é a adaptação e serve à organização do mundo que experimenta e não a descoberta da realidade. O conhecimento provém da atividade do aprendiz e tem se construído em relação com sua ação e sua experiência do mundo.

Segundo Palangana (1994) o processo de educação centrado no aluno, aquele que se dá por meio de atividades construtivistas, em que o aluno realmente participa na criação/execução de um projeto, acarreta uma série de ganhos para o seu desenvolvimento cognitivo. O processo educacional construtivista permite que o aluno desenvolva o raciocínio, organize o pensamento e exerça sua criatividade.

2.2.5 O modelo de aprendizagem pela descoberta de Bruner

Bruner tem uma teoria de desenvolvimento cognitivo e uma teoria de aprendizagem. Sua teoria de desenvolvimento cognitivo assemelha-se, a grosso modo, a teoria de Piaget. Sua teoria de aprendizagem contempla a aprendizagem por descoberta. O modelo de Bruner estabelece que se deve usar uma abordagem voltada para a solução de problemas ao ensinar novos conceitos. De acordo com Laaser (1997), as mais importantes contribuições deste modelo para a EaD são especificar experiências de aprendizagem pelas quais os estudantes têm de passar; relacionar um volume de conhecimento ao nível dos estudantes; escalonar as informações de maneira que elas possam ser facilmente compreendidas.

2.2.6 O modelo de comunicação estrutural de Egan

Bittencourt (1999) descreve que a idéia central deste modelo é a de apresentar pequenas doses de informação, onde os exercícios são determinados para testar a compreensão dessas informações por parte do aluno e as respostas são dadas de modo que se verifique o progresso dos

próprios estudantes. Na educação à distância, este modelo foi adaptado, e testes de auto-avaliação – geralmente acompanhados das respectivas respostas – são fornecidos após cada sessão de uma unidade. Se os alunos obtêm um resultado insatisfatório, são aconselhados a estudar a seção novamente com mais empenho antes de passar à sessão seguinte.

2.2.7 O modelo de facilitação baseado em Carl Rogers

Segundo Bittencourt (1999) este modelo de aprendizagem baseia-se na necessidade de tornar o conhecimento mais fácil, propiciando uma atmosfera amigável para a aprendizagem. Os estudantes têm liberdade total para aprender quando e como eles quiserem e o relacionamento entre um aluno e um facilitador deve ser igualitário, de modo que nenhum dos dois assuma uma posição de superioridade.

Conforme Laaser (1997), a teoria de Rogers foi adaptada a certos aspectos da educação à distância: quando os estudantes têm liberdade para escolher as disciplinas que queiram cursar. E também quando: eles têm liberdade para estudarem e entregarem as suas tarefas por escrito na forma especificada pelo curso conforme a disponibilidade; quando o texto é escrito de maneira amigável, dirigindo-se de forma direta ao aluno; quando é motivante a sensação de um relacionamento pessoal entre o professor e os alunos; os comentários nas tarefas por escrito têm caráter instrucional, e são escritos de maneira positiva e amigável.

2.3 Estratégias de Aprendizado

Durante as décadas de 60 e 70 o professor adaptava suas estratégias pedagógicas aos softwares disponíveis. Com o avanço da tecnologia surgiram os editores tutoriais ou linguagens específicas para o desenvolvimento do módulo de ensino, porém não havia alterações nas estratégias durante o processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Bercht (1997), atualmente houve mudanças dos

paradigmas de ensino, conseqüentemente obrigaram o professor a alterar sua maneira de apresentar o material instrucional ao aluno, expondo conteúdos em situações reais e imaginárias, de acordo com o conhecimento e agilidade de cada um.

Segundo Kaersley (1999), “as estratégias de aprendizado se referem aos métodos que os alunos utilizam para aprender. Isto varia de técnicas para melhorar a memória até estratégias mais convenientes para estudar ou realizar testes”.

Algumas estratégias de aprendizado envolvem mudanças no modelo de instrução. Por exemplo, o uso de questões antes, durante ou depois da instrução, mostrou aumentar o grau de aprendizado (Kaersley, 1999).

Na bibliografia estudada observou-se várias estratégias de ensino, as quais são também denominadas teorias pedagógicas ou teorias de ensino-aprendizagem. Abaixo estão descritas as estratégias referenciadas nos trabalhos de Bercht (1997) e Giraffa (1997), que, segundo os autores, tratam de estratégias conhecidas no ensino tradicional. Entre as estratégias estudadas, destacam-se:

- Socrática: A apresentação do conteúdo pedagógico é desenhada com o objetivo de levar o aprendiz a refletir suas crenças sobre determinado assunto. A tática de ensino utilizada são as perguntas feitas ao aprendiz sobre o assunto em questão. (Métodos: TAPS e Dogmático)
- Reativa: As lições reagem às dúvidas e questões do aluno. A reação do tutor é obtida através da simulação dos efeitos e implicações que as idéias do aluno provocam no conhecimento e no domínio de atuação do tutor. (Métodos: Ativo, Dedutivo, Psicológico).
- Guia: O sistema utiliza um conjunto de regras para selecionar a lição mais importante a ser transmitida a cada aluno. As táticas são constituídas de orientações, novos exercícios, etc. (Métodos: WMBK).
- Colaborativa: O tutor se comporta como participante da colaboração entre alunos, ajudando-os a organizar e refinar suas idéias. O tutor observa o

comportamento do aluno. (Métodos: NGM).

- Baseada em Casos: Permite que o processo de ensino-aprendizagem aconteça através de problemas colocados e resolvidos pela adaptação de soluções previamente apresentadas de problemas similares. (Métodos: Indutivo, A-T-A, T-A-T).
- Baseada em Ambientes Exploratórios: Nestes modelos estão todos os STI que desenvolvem suas técnicas instrucionais em ambientes de simulação de situações, de experiências e ambientes exploratórios. (Métodos: Sintético, Comparativo).

A seleção do conjunto de metodologias de ensino que constituirá um STI é um aspecto muito importante para garantir a qualidade pedagógica do ambiente educacional. Esta seleção depende de vários fatores: o domínio, o nível de conhecimento, a motivação e as características afetivas do aprendiz (Giraffa, 1997).

2.3.1 Métodos de Ensino

Conforme Pereira (1999) “métodos ou metodologias de ensino são as formas de organização de um currículo, ou seja, a seleção e sequenciamento do material a ser apresentado ao aluno.” Pode ser definido, segundo o autor, como sendo um plano de ações, ou uma seqüência de ações denominadas táticas de ensino, com o objetivo de que o aluno possa alcançar uma aprendizagem efetiva.

A utilização do mesmo método não produz um efeito satisfatório para todos os aprendizes, conforme garantem os estudos de Brightman (1998). Segundo Frasson (1997) apud RITA (1999), “cada método possui vantagens específicas e é muito válido identificar qual o método mais adequado para um determinado aluno”.

No início da interação do aluno em um ambiente educacional, deve ser selecionado um método inicial ao aluno e conforme sua interação, desempenho e diagnóstico durante o curso, poderá haver a troca de métodos com o intuito

de identificar qual o método ou os métodos são mais eficazes na aprendizagem do aluno.

Os principais métodos encontrados em alguns sistemas, definidos nos trabalhos de Bercht (1997), Giraffa (1997), Pereira (1999) e (RITA, 1999) são:

- *Método TAPPS (Thinking Aloud Paired Problem Solving)*: Consiste na apresentação de questões ao aluno, na avaliação de suas respostas e nas sugestões ou críticas às respostas do aluno;

- *Método WMBK (What Must Be Know)*: Consiste na verificação dos tópicos mais essenciais do objetivo a ser estudado, e mostrar os subtópicos que devem ser conhecidos pelo aluno para que o mesmo possa atingir seu objetivo de aprendizagem;

- *Método A-T-A (Application-Theory-Application)*: Consiste na apresentação de uma aplicação, seguida da apresentação da teoria e em seguida uma aplicação real do assunto em questão;

- *Método T-A-T (Theory-Application-Theory)*: Consiste na apresentação da teoria sobre o assunto que está sendo estudado, seguido da apresentação de uma aplicação real sobre o assunto e após é apresentado mais um reforço sobre o assunto;

- *Método Psicológico*: A apresentação dos elementos é feita de acordo com os interesses, necessidades e experiências do aluno;

- *Método de Trabalho Coletivo ou NGM (Nominal Group Method)*: A ênfase vai para o trabalho em grupo. O plano de estudo é distribuído entre os elementos do grupo, e da colaboração entre o grupo resulta o trabalho final;

- *Método Dogmático*: O aluno deve guardar o que foi ensinado para mais tarde recitar;

- *Método Sintético*: O assunto não é estudado a partir de como se apresentam os fatos, mas a partir dos seus elementos constituintes de uma forma progressiva até chegar ao fenômeno. Procedem-se a uma união dos elementos para chegar ao todo;

- *Comparativo*: Os dados particulares permitem comparações que levam a tirar conclusões por semelhança.

A tabela 2.1 apresenta resumidamente, os métodos e algumas táticas indicadas.

Métodos	Táticas
1. TAPPS	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de questões ao aluno sobre o assunto; • Avaliação da resposta; • Crítica e sugestão da resposta.
2. Dogmático	<ul style="list-style-type: none"> • Mensagem de alerta ao aluno sobre questões importantes.
3. Psicológico	<ul style="list-style-type: none"> • Auto-avaliação sobre o conhecimento do aluno; • Apresentação dos tópicos através do interesse do aluno.
4. WMBK	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar os objetivos do curso; • Mostrar os sub-objetivos ou pré-requisitos. • Apresentar a teoria, conceitos sobre o tópico.
5. NGM	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar uma atividade em grupo.
6. A-T-A	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar um estudo de caso sobre o tópico; • Apresentar os conceitos relevantes sobre o tópico; • Apresentar uma aplicação real sobre o tópico.
7. T-A-T	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a teoria, conceitos sobre o tópico; • Apresentar uma aplicação real sobre o tópico; • Apresentar mais um reforço sobre o tópico.
8. Sintético	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do tópico demonstrando os elementos constituintes do mesmo.

Tabela 2. 1: Métodos de Ensino e Táticas (RITA, 1999).

Para determinar as características psico-pedagógicas que interferem no processo de ensino e aprendizagem, o psiquiatra Carl Jung (Myers, 1998) classifica as pessoas em tipos psicológicos, de acordo com as características pessoais, hábitos, preferências e iniciativas de cada indivíduo (Tabela 2.2).

Segundo as psicólogas Katharine e Isabel Briggs (Myers, 1998), na pesquisa das características de cada tipo psicológico em que um aprendiz se enquadra, foram determinados 16 tipos diferentes de personalidades e os métodos associados a estes perfis, denominado MBTI (Myers-Briggs Type Indicator) conforme a Tabela 2.3.

Atitude	Reação 1	Reação 2
Energia: como uma pessoa é energizada	Extrovertido	Introvertido
Atenção: como uma pessoa dedica atenção	Sensitivo	Intuitivo
Decisão: como uma pessoa decide	Emotivo-Sentimental	Racional-Pensador
Vivência: estilo de vida que a pessoa adota	Perceptivo	Filosófico-Julgador

Tabela 2. 2: Tipos Psicológicos (Myers, 1998)

Perfil de Aluno	Métodos
1	• Sintético; TAPPS; NGM; WMBK; A-T-A
2	• Sintético; TAPPS; NGM; WMBK; A-T-A
3	• Sintético; TAPPS; NGM; WMBK; A-T-A
4	• Sintético; TAPPS; NGM; WMBK; A-T-A
5	• Sintético; TAPPS; NGM; A-T-A
6	• Sintético; TAPPS; NGM; A-T-A
7	• TAPPS; NGM; A-T-A
8	• TAPPS; NGM; A-T-A
9	• TAPPS; NGM; WMBK; A-T-A; Sintético
10	• TAPPS; NGM; WMBK; A-T-A; Sintético
11	• WMBK; A-T-A; T-A-T; Sintético
12	• WMBK; A-T-A; T-A-T; Sintético
13	• TAPPS; NGM; A-T-A
14	• TAPPS; NGM; A-T-A
15	• Sintético; A-T-A; T-A-T
16	• Sintético; A-T-A; T-A-T

Tabela 2. 3: Perfis de Alunos e Métodos Indicados (Pereira, 1999)

Da literatura pesquisada, constatou-se um conjunto de estratégias de ensino adotadas pelos tutores ou projetos de tutores, que se baseiam na maioria das vezes nos paradigmas comportamentalista e tradicional diretivo, muitas das quais constituindo-se em misturas desses. Nos últimos anos tem-se procurado adotar estratégias que se aproximam das abordagens construtivista ou humanista, e/ou outras formas híbridas.

Vimos também que há diferentes abordagens de ensino que podem ser realizadas por meio do computador. É necessário que tenhamos sempre presente o fato de que alguns alunos se adaptam mais a um tipo de abordagem do que a outras, por isso ao invés de generalizarmos devemos levar em conta a maneira de aprender de cada um.

3. PROJETO DE INTERFACES

Segundo Silva (1998) “a quantidade de usuários leigos de conhecimentos em informática é crescente”, suas dificuldades na interação com softwares e equipamentos são evidentes, diferentemente dos usuários com um amplo conhecimento na área. O desenvolvimento de interfaces mais amigáveis ao usuário, pretende minimizar essas dificuldades, as quais, geralmente, são provenientes da falta de experiência, das diferenças individuais e das funções cognitivas exigidas na tarefa de interação.

Silva (1998) identifica que desde os primórdios da civilização, as interfaces são utilizadas como uma forma de registrar e transmitir informação, passando das inscrições rupestres ao desenvolvimento da escrita, da invenção da imprensa, do telégrafo, do telefone, do cinema, da televisão e das redes de computadores.

Há sempre uma interface que media a interação, em qualquer que seja o meio de comunicação, textual, visual, audiovisual ou eletrônico (Silva, 1998): o layout de um livro, o controle e a tela de televisão (TV), o teclado e o monitor do computador. Cada tipo busca com seu *design*³ próprio, facilitando o seu manuseio e permitindo ser o mais atraente possível para o usuário.

³ "O design é a atividade criativa que procura fazer um ambiente artificial harmônico que ofereça a mais completa satisfação das nossas necessidades físicas e espirituais." (Revista da Aldeia Humana, 1995).

3.1 Recomendações para Projeto de Interfaces

Segundo Santos (1999), o desenvolvimento de *software* educacional fundamenta-se em alguma suposição, explícita ou não, de como as pessoas aprendem. A primeira idéia quando se pensa em abordagens conceituais de ambientes educacionais refere-se ao suporte teórico da psicologia da aprendizagem adotado. Os estudantes percebem o papel do software e interpretam seu comportamento de forma particular, de acordo com a sua visão e conhecimento.

Um dos requisitos que se faz necessário para uma melhor qualidade na apresentação das informações é o projeto das telas a serem exibidas ao aluno. O professor deve ter em mente que por melhor que seja o conteúdo a ser disponibilizado em cursos ou páginas na web, o sucesso também dependerá da maneira como as informações serão mostradas, obedecendo a critérios técnicos de estruturação do projeto.

Documentos projetados para a tela do computador podem conter e organizar de várias formas a mídia interativa, incluindo texto, números, ilustrações ou fotografias e material audiovisual digital. Para isso, é necessário que se busque o ponto de equilíbrio entre a sensação visual gráfica e a informação textual, e também que se tenha um conhecimento básico da GUI – Interface Gráfica com o Usuário (Graphical User Interface).

A GUI, inclui metáforas e imagens para uma melhor interação e ainda utiliza conceitos que tem a função de conduzir e dar um significado as informações na tela do computador.

É necessário então, conhecer algumas regras e ensinamentos, para que haja sucesso tanto no sentido da aparência, quanto no desempenho das telas a serem carregadas. Tais regras, ensinamentos ou princípios se aplicariam a interfaces educacionais, sejam elas páginas Web ou aplicações isoladas (*standalone*) nos formatos de exercício-e-prática, tutoriais e simulações. São eles, segundo (Santos, 1999):

- “
- **Consistência:** um ambiente educacional deve adotar o mesmo estilo ao longo de suas telas. A padronização de cores e fontes e a definição da colocação de menus e botões proporcionam conforto ao usuário, que localiza melhor as funcionalidades, fazendo com que o usuário possa se dedicar mais à aprendizagem dos conteúdos, sem se preocupar com a interface;
 - **Integridade estética:** cores, gráficos e animações devem ser elementos facilitadores da aprendizagem e não fontes de entretenimento. O uso moderado destes recursos pode acrescentar interesse e motivação, seu excesso pode distrair a atenção do usuário, pois ele precisa concentrar-se na informação que esta sendo apresentada, e não se entreter com animações pouco relacionada com a tarefa;
 - **Estabilidade:** não devem ocorrer mudanças na interface do ambiente sem o conhecimento e permissão do usuário;
 - **Estilo de input see-and-point:** é sempre mais seguro dar ao usuário uma lista de itens para a seleção do item desejado do que fazê-lo digitar a escolha;
 - **Manipulação direta:** o controle deve estar sempre com o usuário;
 - **Uso de metáforas do mundo real, sempre que possível:** exemplos típicos são pastas para arquivos, cestos de lixo, ícones “porta” para sair do sistema, botões para “empurrar” com o mouse;
 - **Uso de realimentação e diálogos:** as ações do usuário devem ter uma pronta resposta do sistema, bem como o sistema deve informar ao usuário o que esta se passando em um determinado processamento. “

3.2 Recomendações para o Projeto Instrucional

Projetos em sistemas educacionais requerem diferentes fases em seu desenvolvimento. Uma das fases necessárias é a fase de “design instrucional⁴”. Mesmo em programas educacionais baseados no enfoque colaborativo, a modelagem se faz necessária a fim de determinar que tipos de objetivos podem ser perseguidos e o que pode ser aprendido. O nome design pode causar confusão, pois parece um termo técnico da área de engenharia. Na realidade, “design instrucional - DI” ou planejamento instrucional, descreve uma variedade de métodos de instrução (diferentes formas de facilitar o aprendizado e desenvolvimento humano), e quando usar - ou não usar - cada um destes métodos.

Definido por Campos et. al. (1998) o processo de planejamento de ensino “é um ciclo de atividades que, apoiado em uma teoria de aprendizagem, define os objetivos educacionais, as informações que constarão do produto e o modelo de avaliação”.

O projeto instrucional envolve a preparação, projeto e produção de materiais de ensino. Inclui facilidades para ajudar os instrutores a criar seqüências de aprendizado. Geralmente, o processo do projeto instrucional resulta em diversos componentes chaves, que incluem:

- metas e objetivos de ensino;
- métodos e instrumentos para o progresso da aprendizagem;
- conteúdo ou informação necessária para alcançar os objetivos do ensino;
- mensagens a serem apresentadas;
- interações entre atividades estudantis e interações.

Campos & Campos (1997) salientaram que o planejamento de ensino

⁴ Em diversos trabalhos encontramos o termo “design instrucional” (do inglês “instructional design”) para identificar uma parte do processo de criação de materiais e atividades de aprendizagem para ensino a distância. O termo que atualmente está sendo considerado como uma descoberta ou novidade, há muito tempo amadureceu e evoluiu, mas não deixou de ser um **processo de planejamento de sistemas de ensino-aprendizagem**. Há 30 anos atrás, a literatura acadêmica brasileira costumava traduzir o termo como “planejamento de ensino”.

pode ser visto como um ciclo de atividades, um plano geral de curso, incluindo seqüência e estrutura de unidades, os principais métodos a serem usados em cada aula, o grupo de estruturas e, o controle e avaliação do sistema. Neste caso, a teoria de aprendizagem está implícita no planejamento de ensino.

O DI tradicional, usualmente, trata o aluno como parte de um conjunto de alunos com condições e limites semelhantes. Alguns modelos adaptativos para o DI medem o progresso individual frente a objetivos de aprendizagem, entretanto, esta não é a norma. A avaliação assume um objetivo universal para a instrução, mede a capacidade do aluno em termos de alcançar um determinado objetivo (Campos, 1997) e aponta para uma medida com referência a norma. Sistemas adaptativos e inovadores, procuram trabalhar com a medida com referência a critério.

Romizowski (1981) já evidenciava as fases clássicas do desenvolvimento de um programa instrucional, salientando que o DI, de fato, refere-se ao processo de desenvolvimento de um programa instrucional do começo ao fim (nível macro). Algumas vezes, essas fases se sobrepõem e podem estar inter-relacionadas, entretanto, procuram fornecer diretrizes dinâmicas e flexíveis para o desenvolvimento efetivo e eficiente da instrução. A seguir, apresentamos a Fig. 3.1 onde estas fases estão explicitadas (Campos et al, 2001).

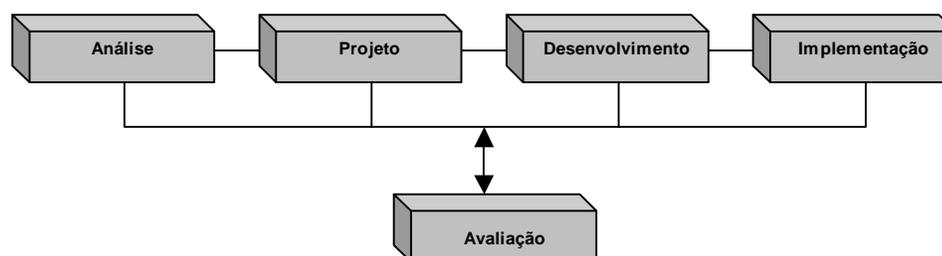


Figura 3. 1: Fases de desenvolvimento de um programa instrucional

Fonte: (Romiszowski, 1981).

Na Fase de análise, o problema deve ser analisado, identificado e as possíveis soluções devem ser determinadas; a fase do projeto envolve a definição de como alcançar os objetivos determinados na análise e expandir a fundamentação instrucional, devem ser descritos o público alvo, os objetivos e

itens de teste, selecionar o sistema de saída e dar seqüência à instrução; a fase de desenvolvimento objetiva gerar o plano e os materiais do curso, são desenvolvidos a instrução, as mídias e a documentação utilizada; a fase de implementação refere-se a entrega do sistema para uso da instrução; a avaliação mede a eficiência da instrução, ocorrendo ao longo de todo o processo do projeto instrucional.

Uma característica do DI tradicional é a separação do conteúdo do uso deste conteúdo. Os desenvolvedores da maioria dos programas instrucionais desejam que o aluno não defina nem interprete um significado de forma diferente da que foi definida pelo projetista. Mas, já deixamos de enxergar a aprendizagem como um conjunto de informações fornecidas ao aluno, passamos a nos preocupar com o que e o como os alunos aprendem. Desta forma, verificamos em diversos projetos que designers instrucionais necessitam de modelos novos e relutam em abandonar antigas técnicas.

4. QUALIDADE DE SOFTWARE

De acordo com a norma ISO (ISO/CD8402 - 1990), “qualidade é a totalidade das características de um produto ou serviço que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades implícitas de seus usuários”. (Campos & Campos, 2001).

Deste modo, a qualidade está diretamente relacionada à satisfação do usuário ou cliente e é percebida de formas diferentes. A norma ISO/IEC: 9126 (1991) traz definições para qualidade de software e conceitos relacionados e pode ser classificada em externa e interna. A qualidade externa é visível aos usuários do sistema; qualidade interna é aquela pertinente aos desenvolvedores.

Campos (1994-b), afirma que a produtividade no desenvolvimento e a qualidade do software crescem à medida que se estruturam modelos de processo de desenvolvimento de software, padrões de qualidade e ferramentas para suporte do desenvolvimento. No entanto, a qualidade de software refere-se tanto à avaliação dos processos de desenvolvimento como a avaliação do produto final.

Projetos de desenvolvimento de software educacional, além de envolver em seu desenvolvimento uma equipe multidisciplinar, devem refletir os objetivos educacionais propostos e o ambiente de aprendizagem almejado, criando situações que estimulem o desenvolvimento.

4.1 Software educacional

Em se tratando de avaliar qualidade em software educacional, temos que considerar, além da qualidade externa e interna, os atributos inerentes ao domínio. Alguns autores (Campos, 1994-a) especificaram características para os diversos tipos de software educacional, incluindo a diversidade tecnológica, mas ao avaliarmos um software é importante ter como características mínimas:

Características pedagógicas: conjunto de atributos que evidenciam a conveniência e a viabilidade de utilização do software em situações educacionais. Tem como sub-características:

- ambiente educacional, onde o software deve permitir a identificação do ambiente educacional e do modelo de aprendizagem que ele privilegia;
- pertinência ao programa curricular, sendo que o software deve ser adequado e pertinente a um dado contexto educacional ou disciplina específica;
- aspectos didáticos, o software deve contribuir para o atendimento de um objetivo educacional e para isso deve ser fácil de usar, dever ser amigável ao usuário, possuir aspectos motivacionais e respeitar as individualidades. Inclui atributos como: clareza dos conteúdos, correção dos conteúdos, recursos motivacionais, carga informacional e tratamento de erros.

Facilidade de uso: conjunto de atributos que evidenciam a facilidade de uso do software. Inclui as sub-características:

- Facilidade de aprendizado, avalia a facilidade dos usuários aprenderem a usar o software;
- Facilidade de memorização, avalia a facilidade dos usuários memorizarem informações importantes para o seu uso;
- Robustez, avalia se o software mantém o processamento corretamente a despeito de ações inesperadas.

Características da interface: conjunto de atributos que evidenciam a existência de um conjunto de meios e recursos que facilitam a interação do usuário com o software. Inclui as sub-características:

- Condução, avalia os meios disponíveis para aconselhar, informar e conduzir o usuário na interação com o computador.
- Afetividade, o software promove uma relação afetuosa com o aluno na sua interação, e os aspectos psicológicos que o software pode vir a desencadear;
- Consistência, a concepção da interface é conservada idêntica em contextos idênticos e diferentes para contextos diferentes;
- Significado dos códigos e denominações, a adequação entre objeto ou informação apresentada ou pedida e sua referência;
- Gestão de erros, os mecanismos que permitem evitar ou reduzir a ocorrência de erros, e quando eles ocorrem, que favoreçam sua correção.

Adaptabilidade: conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do software se adaptar as necessidades e preferências do usuário e ao ambiente educacional selecionado.

Documentação: conjunto de atributos que evidenciam que a documentação para instalação e uso do software deve ser completa, consistente, legível e organizada.

Portabilidade: conjunto de atributos que evidenciam a adequação do software aos equipamentos do laboratório de Informática Educativa, através da adequação tecnológica e adequação aos recursos da escola.

Retorno do investimento: conjunto de atributos que evidencia a adequação do investimento na aquisição do software.

Para ambientes e sites apoiados na Web é importante avaliar a característica **qualidade da informação** que trata: dos conteúdos corretos, fontes fidedignas, carga informacional compatível, pertinência e temas

transversais.

Do ponto de vista técnico, segundo Vieira (2002), deverão ser observados os seguintes aspectos: mídias empregadas, qualidade das telas, interface disponíveis, clareza de instruções, compartilhamento em rede local e internet, compatibilização com outros softwares, apresentação auto-executável, recursos hipertexto e "hiperlink", disponibilidade de "help-desk", manual técnico como linguagem apropriada ao professor/usuário, facilidade de instalação, desinstalação e manuseio.

4.2 Ergonomia de Software Educacional

Para Wisner (1987), a ergonomia é o conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos, que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia. O autor também define a ergonomia de software como um caso particular de adaptação do trabalho ao homem - "a adaptação do sistema informatizado à inteligência humana" (Wisner, 1987).

As incompatibilidades da Interação Homem-Computador (HCI), que propiciam erros durante a operação dos sistemas e implicam dificuldades para o usuário, devem-se ao desconhecimento, por parte do projetista do "software", do modo operatório e da estratégia de resolução de problemas do componente humano do sistema homem-máquina (Benyon & Davies, 1990).

Segundo Baecker (1997), "HCI é o grupo de processos, diálogos e ações através do qual um usuário humano emprega e interage com um computador". O estudo em HCI é um caso particular dentro da ergonomia.

Para o processo de construção de sistemas, foram desenvolvidos alguns princípios ergonômicos, os quais, segundo Bastien & Scapin (1993), definem quais são as qualidades de um software. A eficiência dos critérios, como ferramenta ou guia de avaliação de interfaces, tem sido documentada em vários estudos e experimentos, onde os critérios foram úteis para diagnosticar as falhas do projeto. Estes critérios são empregados nas intervenções de

ergonomia praticadas pelo LabiUtil⁵ (LabiUtil, 1997), conforme veremos a seguir:

- **Condução** se define no convite (presteza) do sistema, na legibilidade das informações e telas, no feedback imediato das ações do usuário e no agrupamento e distinção entre itens nas telas. Esse último sub-critério refere-se tanto aos formatos (agrupamento e distinção por formato) como a localização (agrupamento e distinção por localização) dos itens.
- **A carga de trabalho** se define na brevidade das apresentações e entradas (concisão), no comprimento dos diálogos (ações mínimas) e na densidade informacional das telas como um todo.
- **O controle explícito** se define no caráter explícito das ações do usuário (ações explícitas) e no controle que ele tem sobre os processamentos (controle do usuário).
- **A adaptabilidade** refere-se tanto as possibilidades de personalização do sistema que são oferecidas ao usuário (flexibilidade) como ao fato da estrutura do sistema estar adaptada a usuários de diferentes níveis de experiência (consideração da experiência do usuário).
- **A gestão de erros** refere-se tanto aos dispositivos de prevenção que possam ser definidos nas interfaces (proteção contra erros) como à qualidade das mensagens de erro fornecidas e às condições oferecidas para que o usuário recupere a normalidade do sistema ou da tarefa (correção dos erros).
- **A consistência** refere-se a homogeneidade e coerência das decisões de projeto quanto as apresentações e diálogos.
- **O significado dos códigos e denominações** refere-se a relação conteúdo-expressão das unidades de significado das interfaces.
- **A compatibilidade** se define no acordo que possa existir entre as características do sistema e as características, expectativas e anseios dos

⁵ LabiUtil – Laboratório de Utilizabilidade, instalado no CTAI – Centro de Tecnologia e Automação Industrial, em Florianópolis.

usuários e suas tarefas.

A ergonomia do software trata dos aspectos relativos aos programas e à programação busca melhorar a capacidade de utilização - usabilidade dos softwares por usuários de diferentes características.

A única e específica tecnologia da ergonomia é a tecnologia da interface homem-sistema. A ergonomia como ciência trata de desenvolver conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano e que se relacionam com o projeto de interfaces, entre indivíduos e outros componentes do sistema. Como prática, a ergonomia compreende a aplicação da tecnologia da interface homem-sistema a projetos ou modificações de sistemas para aumentar a segurança, conforto e eficiência do sistema e da qualidade de vida.

5. SISTEMAS ESPECIALISTAS E SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

Os avanços significativos nas teorias da Inteligência Artificial, possibilitam o desenvolvimento de novas aplicações, principalmente na área educativa, uma vez que as modalidades mais utilizadas não têm apresentado resultados conforme o esperado, e a distância entre os elementos envolvidos no processo ensino-aprendizagem com tutores humanos e tutores máquinas tem sido consideráveis.

Embora que muitos dos softwares educacionais disponíveis tiveram uma significativa evolução com a introdução de novas tecnologias, muitos deles continuam tendendo a ser do tipo Instrução Assistida por Computador (CAI – Computer Assisted Instruction), e, apesar de ter uma rica representação de seu domínio, apresentam significativas restrições quanto aos aspectos cognitivos, pois segundo GSI – Grupo de Sistemas Inteligentes, “induzem o aluno a atuar de forma passiva, onde o comportamento do ambiente é sempre o mesmo, sessão após sessão”, não permitindo assim, a utilização mais adequada e personalizada ao perfil do aluno.

“Dentro da proposta de ambientes heurísticos, a IA é utilizada de forma a apoiar um aumento do potencial de aprendizado através de técnicas cognitivas e simulação do pensamento humano” (GSI – Grupo de Sistemas Inteligentes).

Os itens subseqüentes abordarão as áreas de Inteligência Artificial, onde os Sistemas Especialistas (SE) fornecem os meios para codificar, organizar e recuperar o conhecimento acerca do domínio em questão e fornecem aos Sistemas Tutores Inteligentes (STI's) a capacidade de raciocinar, justificar, interpretar, diagnosticar, monitorar, planejar e controlar o ambiente do estudante (Rich, 1993).

5.1 Sistemas Especialistas

Segundo Ribeiro (1987), um sistema especialista é aquele que é projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. É capaz de emitir uma decisão a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de uma determinada área do conhecimento humano.

Waterman (1986) afirma,

"um sistema especialista é aquele que tem regras especializadas e não faz busca exaustiva desempenhando bem, raciocina através da manipulação de símbolos, contém os princípios fundamentais do domínio do conhecimento, possui métodos de raciocínio que podem ser usados quando as regras do especialista falham e podem ser usados para produzir explicações. Trata com problemas difíceis em um domínio complexo."

Para tornar um Sistema Especialista eficaz, segundo Fávero deve haver uma interação com as pessoas de uma maneira mais fácil, e para que isso ocorra, os sistemas devem ser capazes de (Rich, 1993):

- Explicar seu raciocínio: Em muitos dos domínios nos quais os sistemas especialistas operam, as pessoas não aceitarão resultados se não estiverem convencidas da precisão do processo de raciocínio que produziu aqueles resultados. Assim, é importante que o processo de raciocínio usado nesses programas proceda em etapas compreensíveis e que o

conhecimento sobre o processo de raciocínio esteja disponível, permitindo que as explicações dessas etapas possam ser geradas.

- Adquirir conhecimento novo e modificar o conhecimento antigo: Já que os sistemas especialistas derivam da riqueza das bases de conhecimento que eles exploram, é extremamente importante que essas bases de conhecimentos sejam o mais completas e precisas possíveis. Além disso, como o conhecimento pode ser alterado, torna-se importante separar o conjunto de operadores da base de conhecimento.

Chorafas (1988) descreve que o computador interage com as perguntas do usuário e chega a uma conclusão baseada nas respostas. “O usuário pode perguntar ao computador por que ele quer certa informação e o SE explicará sua necessidade dos dados e como eles serão utilizados”.

Os SE empregam informações nem sempre completas manipulando-as através de métodos de raciocínio simbólico sem seguir modelos numéricos, para produzir aproximações satisfatórias ou aproximações úteis. Nos SE existentes, geralmente são identificados três modos de técnicas para emitir a resposta (Ribeiro, 1987):

- No primeiro modo, o sistema determina um universo onde a resposta poderá ser encontrada. A informação serve apenas para identificar, de maneira ampla, onde se poderá encontrar a resposta, e com base nesse universo de respostas e informações dadas, deverá ser tomada outra decisão.
- No segundo modo o sistema é mais preciso e determina um resultado final, ou seja, enfoca um valor ou um pequeno número de resposta no conjunto de valores possíveis.
- No terceiro modo, o sistema não emite resultado nenhum, apenas interage como profissional que o está usando, onde o sistema obriga o usuário a ir refletindo sobre determinadas conseqüências que serão produtos de sua determinada decisão. Neste caso, a operação do sistema foi apenas para interagir com o usuário, e não irá emitir nenhuma decisão, pois esta será exclusivamente de quem usa o sistema.

Sendo assim, quanto mais completa e corretamente estiver representado o conhecimento, melhor será à saída do sistema. Para tanto faz-se necessário à aquisição de conhecimento, uso de heurísticas, de métodos de representação de conhecimento e de máquinas de inferência. Segundo Chorafas (1988), a base de conhecimentos e o dispositivo de inferência são considerados como componentes chaves na arquitetura de um Sistema Especialista.

Existem várias arquiteturas de sistemas especialistas sendo usadas. Dentre elas a mais simples de compreender e a mais difundida compõem-se de 3 elementos básicos. A constituição básica de um sistema especialista (Fig. 5.1) apresenta os seguintes elementos:

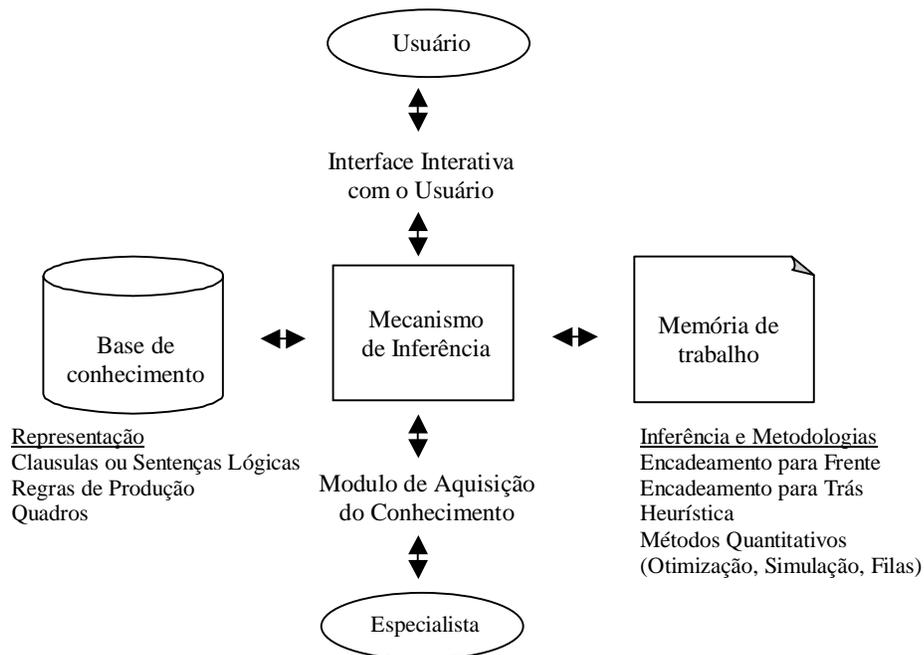


Figura 5. 1: Elementos básicos de um sistema especialista.

Fonte: Adaptado de Ribeiro (1987).

- Base de conhecimento;
- Memória de trabalho;
- Mecanismo de inferência.

Base de conhecimento: base de conhecimento é um elemento permanente, mas específico de um sistema especialista. É onde estão armazenadas as informações de um SE, ou seja, os fatos e as regras. As regras possuem uma estrutura lógica do tipo Se (If) Então (Then). (Zuchi, 2000).

A base de conhecimento contém o conhecimento da área em questão e para tanto pode-se utilizar uma representação particular, se esta for conveniente, devido às características particulares do problema ou então se optar por qualquer uma das várias formas de representação do conhecimento padrão, quais sejam:

- Regras de produção do tipo SE X ENTÃO Y, onde podemos ter como premissa (X) uma conjunção ou disjunção de proposições e como conclusão (Y) também uma conjunção ou disjunção de proposições. As regras de produção são a forma de representação do conhecimento mais utilizada em inteligência artificial (IA).
- Redes Semânticas que são compostas por nós e arcos. Os nós representam conceitos ou elementos físicos e os arcos indicam relações que existem entre os nós os quais podem ser de qualquer tipo.
- Quadros constituem numa forma de representação do conhecimento onde agrupam-se os elementos em classes e subclasses até chegar às instancias. Cada um dos quadros compõe-se de divisões (slots) que contem as características e propriedades da classe ou instância em questão.

Memória de trabalho: ou rascunho, ou quadro negro. Tem sua vida útil durante o curso de uma consulta e está vinculada a uma consulta concreta. É uma área de memória usada para fazer avaliações das regras que são recuperadas da base de conhecimento para se chegar a uma solução. As informações são gravadas e apagadas em um processo de inferência até se chegar à solução desejada.

Mecanismo de Inferência: ou motor de inferência é um elemento permanente, que pode ser inclusive ser reutilizado por vários sistemas especialistas. É a parte responsável pela busca das regras da base de conhecimento para serem avaliadas, direcionando o processo de inferência. O conhecimento deve estar

preparado para uma boa interpretação e os objetos devem estar em uma determinada ordem representados por uma árvore de contexto.

Zuchi (2000) afirma que,

“A máquina de inferência, de certo modo, tenta imitar os tipos de pensamento que o especialista humano emprega quando resolve um problema, ou seja, ele pode começar com uma conclusão e procurar uma evidência que a comprove que consiste no encadeamento para trás (backward chaining), ou pode iniciar com uma evidência para chegar a uma conclusão, denominado encadeamento para frente (forward chaining)”.

Como visto, o Mecanismo de Inferência é indispensável ao SE. Igualmente indispensável é a Estrutura de Diálogo. É esse componente que faz o diálogo interativo com o usuário do sistema. Por meio dele recebe-se conclusões alcançadas, verifica-se o processo de inferência e propicia-se a construção e atualização da Base de Conhecimento.

O ideal será que essa interface seja amigável e que permita, até mesmo para usuários não experientes, uma total interação com o sistema de modo a satisfazer suas necessidades. Esse componente é tão importante que Chorafas (1987) afirma: "Se houvesse uma escolha entre a boa inferência mas com diálogo pobre e diálogo excelente com uma inferência não tão boa, eu escolheria a última alternativa". Essa afirmação é explicada pois para o usuário a interface é o sistema e um SE com ótima Base de Conhecimento e um ótimo Mecanismo de Inferência pode ser sub-utilizado se o usuário não conseguir interagir com o mesmo. Uma interface mal projetada pode significar o fracasso de um sistema com excelentes funcionalidades

A aprendizagem comum se dá de diversas formas:

- Análise estatística de dados (heurística);
- Tentativa e erro (experiências);
- Leituras, palestras, etc.;
- Troca de experiências com outras pessoas.

Conforme Savaris (2002) é designado o nome de protopeiria a capacidade dos Sistemas Especialistas de aprender e fazer crescer o seu conhecimento básico sobre o assunto.

Entendemos então que os SE são construções de software que os peritos em campos específicos enriquecem com seu conhecimento, ou seja, são programas de Inteligência Artificial (IA) que capacitam um computador a auxiliá-lo num processo de tomada de decisão. A experiência do perito humano (especialista) é utilizada para instruir o computador a resolver um problema ou a tomar uma decisão.

“O usual é existir um engenheiro de conhecimento que prepara o conhecimento para ser armazenado em uma forma apropriada, fornecendo as explicações necessárias, dos conceitos utilizados” (Savaris, 2002).

As áreas indicadas para sua aplicação são aquelas que se utilizam de especialistas humanos para resolver problemas em função de que eles agregam conhecimento técnico, experiência e a capacidade de se adaptar às mudanças.

Segundo Chaiben e Trollip (1991) apud Zuchi (2000), sob o ponto de vista educacional, a maioria dos sistemas especialistas tem pouca utilidade direta, porque não foram projetados para ensinar, isso devido à ausência de estratégias educacionais; incapacidade de comparar o que o conhecimento do estudante com o do especialista; incapacidade de decidir o que fazer quando o conhecimento difere entre o especialista e o estudante.

Entretanto, Chaiben afirma que:

“a estrutura do sistema especialista serve perfeitamente para ser adaptada para a construção de Sistemas Tutoriais Inteligentes (STI) proporcionando um grande potencial para a criação de novos ambientes educacionais” (Chaiben e Trollip, 1991 apud Zuchi, 2000).

De acordo com Curilem (Curilem, 1998 apud Zuchi, 2000) um dos motivos para a aplicação da inteligência artificial nas áreas de educação e treinamento, é à busca de ferramentas mais poderosas para a construção de sistemas educacionais e a capacidade da IA de modelar conhecimento.

5.2 Sistemas Tutores Inteligentes

A idéia básica dos Sistemas Tutores Inteligentes (STI's) é a de ajustar a estratégia de ensino/aprendizagem ao conteúdo e forma do que se aprende, aos interesses, expectativas e características do aprendiz, dentro das possibilidades da área e nível de conhecimento e das múltiplas formas em que este se pode apresentar ou obter (Galvis, 1992).

Segundo Miller em (Polson, 1988) a interface de um Sistema Tutor Inteligente pode ser projetada de duas maneiras:

- Interface de 1ª pessoa - interface gráfica, onde objetos gráficos (botões e ícones) simbolizam uma determinada ação, permitindo assim que o usuário realize tarefas complexas de uma maneira simples.
- Interface de 2ª pessoa - a realização de tarefas é concretizada através de mensagens que o usuário/aluno fornece ao computador, geralmente por frases digitadas, o que quase chega a ser uma programação.

Segundo Burns e Capps em (Polson, 1988), estes sistemas surgiram da aplicação da Inteligência Artificial na educação e vieram substituir a tradicional instrução assistida por computador. Os STI's devem apresentar três características que denotam inteligência:

- O assunto deve ser conhecido bem o suficiente para que o sistema faça inferências sobre o domínio ou resolva problemas que estejam em seu escopo de atuação;
- Deve ser capaz de avaliar o aluno;
- Deve fornecer estratégias pedagógicas que minimizem a diferença entre o aprendiz e o especialista.

Um Tutor Inteligente, dessa forma, é composto de quatro módulos básicos: Módulo do Domínio, Módulo Tutor, Módulo do Aprendiz, Módulo da Comunicação.

Módulo do Domínio (Modelo Especialista)

Neste módulo está representado/armazenado todo o conhecimento que o sistema tem sobre um determinado assunto, isto é, o material instrucional modelado segundo técnicas da Inteligência Artificial, fazendo uso de ontologias, taxonomias e estruturas. As principais decisões tomadas neste módulo são como adquirir o conhecimento e como o mesmo ficará armazenado (ou representado), sendo estes os atuais assuntos de pesquisa nesta área.

Segundo Chaiben (2001), o conhecimento em um sistema especialista consiste de fatos, que compreende nas informações que estarão sempre disponíveis para serem compartilhadas, e heurísticas, que são regras práticas que caracterizam o nível de tomada de decisão do especialista em um domínio.

Módulo do Aprendiz (Modelo Estudante)

Responsável por manter uma informação detalhada sobre a evolução do estudante no assunto. Vale ressaltar que ele guarda uma informação individualizada, ou seja, é personalizado para cada estudante que utiliza o sistema. Segundo VanLehn em (Polson, 1988) há três dimensões básicas no diagnóstico do estudante:

- Largura de banda de informação sobre o estudante, ou seja, o quanto da atividade do usuário está sendo avaliada;
- Distinções entre os tipos de conhecimento a serem aprendidos, quais sejam, procedural ou declarativo;
- aferir a diferença entre o estudante e o especialista, conseguida através da sobreposição do conhecimento do usuário e do especialista.

Há ainda uma análise importante com relação a este módulo que é a identificação de conceitos errados e/ou ausentes por parte do estudante. Estes conceitos, denominados *bugs*, geralmente são mantidos em um catálogo para

posterior identificação da ocorrência de um determinado *bug* em um usuário.

Módulo Tutor (Modelo Pedagógico)

É de vital importância nos Sistemas Tutores Inteligentes. Ele, basicamente (Polson, 1988): controla a representação do conhecimento instrucional para selecionar e seqüenciar o assunto a ser apresentado; é capaz de responder ao aluno sobre tópicos importantes e conteúdo; possui estratégias para determinar quando o estudante necessita de ajuda e fornecer a ajuda necessária. Este módulo, então, a partir da informação contida no módulo do aprendiz e do conhecimento armazenado no módulo do domínio, seleciona e seqüencia o assunto a ser apresentado e o envia ao quarto módulo, chamado módulo de comunicação.

Módulo de Comunicação (Interface)

É a interface entre o Sistema Tutor Inteligente e o estudante/usuário do mundo real. Segundo Burns e Capps em (Polson, 1988) o principal objetivo no projeto de uma interface deve ser o de fazê-la transparente. Isto se deve ao fato de que, quando um aprendiz trabalha com um Tutor Inteligente, geralmente encontra dois problemas:

- Ter que aprender sobre algo que não domina;
- Ter que usar a tecnologia para esta aprendizagem por si mesmo, às vezes sem ser um usuário experiente.

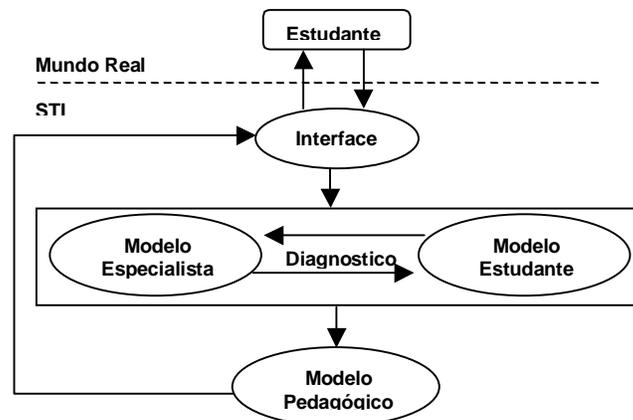


Figura 5. 2: Estrutura Básica de um Sistema Tutorial Inteligente.
Fonte: Adaptado de UNIFIEO (2000)

Os sistemas inteligentes são capazes de se adaptar às necessidades individuais do aprendiz e tornar o material do estudante altamente específico. Nos STI's, o conhecimento está presente em um ambiente hipermídia navegável, e o estudante está essencialmente no controle da sessão de aprendizagem, permitindo-o mover-se através do material de acordo com seu conhecimento.

A estrutura básica dos STI's pode variar entre vários autores, mas cabe aos educadores aproveitar as pesquisas já realizadas e fundamentadas para adaptá-las ao cotidiano, com o intuito de utilizar modelos que possam contribuir na aprendizagem do aluno.

6. PROPOSTA DO SISTEMA ESPECIALISTA

A disponibilização de material didático na Web ou CDs multimídia já é realidade, existindo toda ordem de cursos disponíveis, dentro de ambientes específicos para gerenciamento dos mesmos ou não. Um dos problemas detectados na maioria destes cursos/ambientes, entretanto, é a falta, de mecanismos que possibilitem a elaboração do material educacional de forma prática e rápida.

Professores criticam a utilização de software tutorial por considerarem, muitas vezes, o conteúdo irrelevante. Para evitar este problema, os professores poderiam editar seu próprio conteúdo. Muitos não têm tempo de se familiarizar com os softwares de tutores inteligentes e com a maneira de utilizá-los na sala de aula.

Sistemas Inteligentes têm sido então projetados para o auxílio do professor e para automatizar a instrução. Têm sido considerados como "multimeios⁶" e substituindo, por vezes os softwares tutoriais (Fávero, 2002).

O objetivo de organizar e sistematizar o desenvolvimento do software educativo é estruturar estratégias apropriadas para favorecer o processo de ensino e aprendizagem, melhorando os meios de criação e de transmissão da informação. A sua elaboração é uma tarefa complexa por envolver conhecimentos multidisciplinares no âmbito da educação e da informática.

⁶ Multimeios vem em razão da escolha do tipo de público, custos operacionais e, principalmente, eficácia para a transmissão, recepção, transformação e criação do processo educativo.

6.1 Descrição do Modelo

O processo de desenvolvimento de um ambiente instrucional é muito mais do que traduzir aulas presenciais para um ambiente de aprendizagem. A estruturação de um ambiente web ou aplicativo, pressupõe uma rede de articulações de estratégia e táticas pedagógicas, as quais são definidas a partir dos objetivos e pressupostos pedagógicos.

A disponibilização de material didático na Web ou em cursos isolados (*Standalone*⁷) já é realidade, existindo toda ordem de cursos disponíveis, dentro de ambientes específicos para gerenciamento dos mesmos ou não.

O projeto em questão visa especificar um modelo ou um guia inteligente que, através das respostas a várias perguntas implementadas no sistema, permita a construção automatizada de material instrucional.

Inicialmente, serão definidos alguns aspectos referentes ao modelo de um sistema especialista.

Um primeiro aspecto é o projeto educacional do ambiente, onde deve ser definida a sua arquitetura pedagógica, observando-se os seguintes requisitos, segundo a LDB 9394/96⁸ para elaboração do projeto pedagógico: identificação do público alvo; definição dos objetivos; definição da área de conhecimento; definição do conteúdo; definição das estratégias de ensino-aprendizagem; tipos de avaliação e meios de comunicação.

O objetivo de organizar e sistematizar o desenvolvimento do software educativo é estruturar estratégias apropriadas para favorecer o processo de ensino e aprendizagem, melhorando os meios de transmissão da informação a ser veiculada. A sua elaboração é uma tarefa complexa por envolver conhecimentos multidisciplinares no âmbito da educação e da informática, tais como: conhecimento de teorias da aprendizagem que permitam conhecer como as pessoas aprendem; conhecimento de teorias instrucionais como as disseminadas por M.D.Merrill, J.Carroll, Ausubel, Brunner, entre outros;

⁷ Desenvolvimento de aplicações standalone são os aplicativos que funcionam independentes de um *browser*, sendo executadas em janela própria.

⁸ LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei Federal nº 9394/96).

conhecimento a respeito dos conteúdos a serem transmitidos através do software educacional, de forma a organizá-los e sistematizá-los de acordo com o modelo instrucional adotado; conhecimento do modelo instrucional adotado e suas estratégias instrucionais.

O projeto do protótipo de um Sistema Especialista para o auxílio a elaboração de sistemas educacionais tem como ponto de partida a proposta pedagógica e como produto um ambiente de aprendizagem baseado no computador que integra diversas mídias, serviços e ferramentas.

Um segundo aspecto a ser considerado no projeto é a modelagem computacional, que possui os seguintes requisitos: definição do tipo de armazenamento (Web, CD-ROM – aplicativos *standalone*); definição do ambiente de desenvolvimento ou linguagem de programação, definição das ferramentas e serviços disponíveis e dos requisitos necessários ao desenvolvimento, definição das mídias (hipertexto, texto, som, imagem, animação) e elaboração de material.

No desenvolvimento do projeto, deve-se selecionar o método orientado a objetos segundo o qual pretende modelar o sistema, utilizando-se das técnicas do método para a representação do mesmo. Para a modelagem dos problemas, necessitamos de ferramentas para a representação dos objetos, os quais simbolizam as "coisas" do mundo, e dos processos, simbolizados pelo comportamento dessas "coisas" do mundo.

A notação utilizada na modelagem do sistema, é a definida pelo modelo UML - Linguagem de Modelagem Unificada (Unified Modeling Language - Booch, 1998).

O terceiro aspecto diz respeito à construção do ambiente propriamente dito, buscando a implementação do ambiente baseado nas recomendações de interface, qualidade do software educacional e ergonomia.

Como ponto de partida, o professor deve acessar o sistema através de um *login* de supervisor, podendo posteriormente fazer alterações. Também prevê uma janela para cadastrar usuários e senhas os quais serão fornecidos aos usuários do projeto (sistema) na sua forma final. A inclusão de logins para

os alunos poderá ser realizada posteriormente, antes de interagir com o sistema ou após a finalização do projeto.

Interagindo com a base de conhecimento, através das respostas as perguntas feitas pelo SE, o professor poderá incluir outras variáveis e seus respectivos valores, bem como as regras que irão ser implementadas na base de conhecimento.

As respostas das várias perguntas vão inferir em valores que serão confrontados a base de conhecimento para a solução do problema, gerando como resultados, especificações e diretrizes que serão utilizadas na elaboração do sistema educacional, como por exemplo: o tipo de mídia o qual será gerado o projeto final, o tipo de implementação do projeto (STI, Tutorial, Apresentação, etc). Após a definição do conteúdo a ser desenvolvido pelo sistema, é feita uma busca pela rede WWW para localizar possíveis arquivos a serem incorporados ao sistema e a base de dados, utilizando-se de uma filtragem por tipo de documento (*.pdf, *.doc, *.ppt), tamanho do arquivo e quantidade de acessos.

Após a geração do projeto, de acordo com o tipo de implementação selecionado, o professor poderá fazer alterações convenientes, adicionando e/ou removendo textos, arquivos, sons, imagens, entre outros. As alterações poderão ser efetuadas na própria janela de edição do projeto e, posteriormente, salvas e geradas na condição de projeto definitivo.

O paradigma da orientação a objetos mostrou-se satisfatório na construção de sistemas especialistas. Para a implementação do sistema proposto, foi selecionada como ferramenta de desenvolvimento, a linguagem de programação Java (SUN, 2002). Além de oferecer facilidades para portabilidade e uma interface gráfica padrão e independente de plataforma, a linguagem Java é orientada a objetos, e vem se tornando uma tendência para desenvolvimento de sistemas.

Segundo a abordagem feita no capítulo cinco, a máquina de inferência é o programa que possibilita a geração de novos fatos e novas hipóteses a partir das informações na base de conhecimento.

De acordo com o estudo, o modo de raciocínio do modelo proposto será baseado no raciocínio dirigido por eventos, onde a solução de um problema tem dados ou idéias básicas como ponto de partida sem meta pré-definida a partir dos quais realiza-se a aplicação seqüencial de um conjunto de regras até que se obtenha um novo conjunto de fatos. A técnica de encadeamento para frente (do inglês, “forward chaining”), é destinado a prever o resultado (conclusão) de vários fatores (condições). Em termos de sistema, isto significa que pesquisamos as partes SE das regras à procura de condições que levarão à chamada das partes ENTÃO.

Utilizando-se dos paradigmas da programação orientada a objetos, através dos mecanismos básicos desta tecnologia – classes, objetos, mensagens, métodos e hereditariedade (Winbland et al., 1993), as regras podem ser armazenadas diretamente com o objeto ou em um objeto de mais alto nível da hierarquia. Os objetos realizam uma comunicação entre si, enviando e recebendo mensagens e, na ocorrência do recebimento de uma mensagem, o objeto consulta sua base de dados e suas regras para decidir o que fazer.

Na modelagem do conhecimento, são necessários alguns tipos de conhecimento afim de que se tenha uma conduta "inteligente":

- Objetos: fatos a respeito de objetos no mundo que nos cerca;
- Eventos: ações e eventos no mundo;
- Performance: conhecimento de como fazer as coisas;
- Meta-conhecimento: conhecimento a respeito do que sabemos e qual a extensão e origem de um assunto em particular.

Para a representação do conhecimento, utilizamos as técnicas de quadros⁹ (do inglês “frames”) com regras incorporadas (Leung, 1989), já que são bem adaptados ao raciocínio humano, flexíveis e fáceis de usar. Permitem a herança automática dos atributos e podem estruturar uma grande quantidade de conhecimentos.

⁹ Segundo Chorafas (1988), molduras.

Na especificação do projeto de interfaces, será proposto um ambiente gráfico que atenda os princípios de ergonomia de software, bem como aspectos da qualidade de software educacional, que compreende as características pedagógicas, facilidade de uso, interface, entre outros.

6.1 O projeto do sistema SESE

O protótipo SESE – Sistema Especialista para o Auxílio a Elaboração de Sistemas Educacionais, é a especificação de um modelo de implementação da ferramenta para o professor desenvolver o seu material instrucional.

Para fins de compreensão do projeto, será apresentado um estudo de caso para um curso fictício, discorrendo sobre o assunto “UML” para alunos do curso de bacharelado em Sistemas de Informação.

O uso dos diagramas de caso de uso (*use-cases*), auxilia a identificação das classes e ajudam no projeto de interface com os usuários. A Fig. 6.1, demonstra as funções do usuário do sistema Especialista a ser especificado no decorrer deste trabalho.

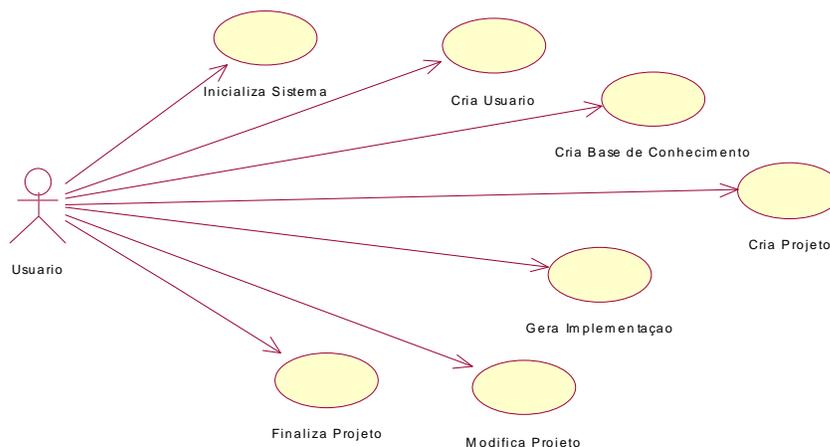


Figura 6. 1: Diagrama de casos de uso do sistema proposto.

Para iniciar a interação com o sistema, o modelo prevê o questionamento, através de uma interface amigável, de informações que irão influenciar na elaboração do material educacional a ser criado.

O projeto da interface não consiste no uso abundante de recursos gráficos, com o objetivo de "embelezar" a interface. É necessário utilizar estes recursos com moderação de modo que a interface se torne um meio de comunicação efetivo para um maior número de pessoas tanto na fase de construção como na fase de apresentação do sistema. Foi adotado o mesmo estilo para todas as telas no modo de autor do projeto, bem como o uso de seleção de itens na tela e diálogos para o usuário saber o que esta ocorrendo no momento da interação.

Na inicialização do protótipo, o sistema inquire ao operador sobre o nome de usuário e senha, cuja resposta correta é necessária e suficiente para a abertura da tela principal de operação do sistema no modo autor do projeto ou no modo de apresentação, utilizado pelos alunos. Nessa tela (Fig. 6.2), serão exibidas as informações iniciais sobre o sistema e autores. Essas informações ficarão disponíveis na abertura quando a base é posta em funcionamento, até o momento da confirmação da senha do usuário.

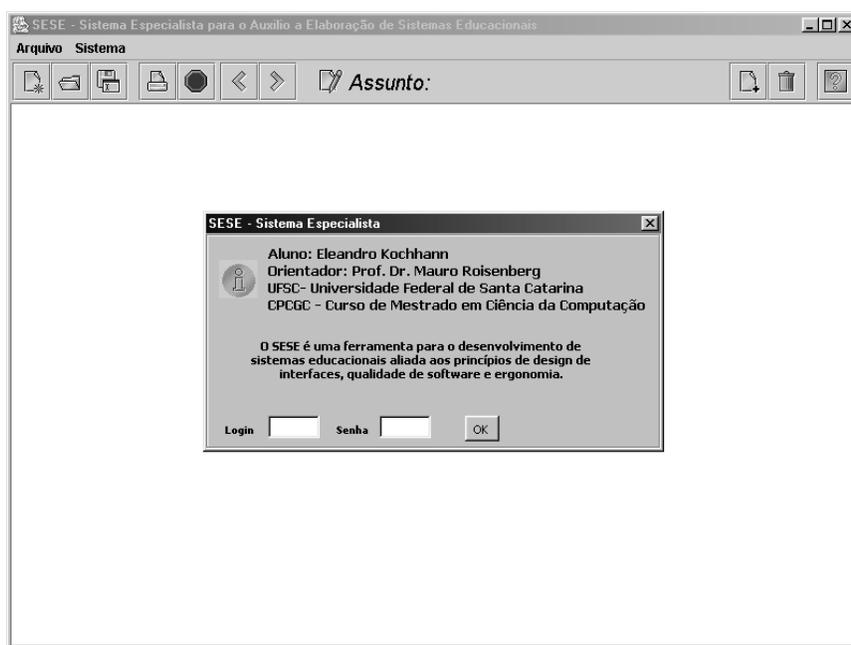


Figura 6. 2: Tela de exibição inicial do protótipo

Inicialmente é requerido o objetivo do curso. Os objetivos irão ser apresentados na tela inicial do protótipo implementado, quando utilizados pelos

aprendizes.

Na abordagem pedagógica do ambiente, um dos aspectos que influenciam na elaboração do material educacional, é a escolha do público alvo (Fig. 6.3). Geralmente são designados de usuários, aprendizes, alunos, etc., as pessoas que utilizarão ou se beneficiarão do software educacional.



Figura 6. 3: Tela de identificação do público alvo.

Segundo o estudo realizado no capítulo dois, a aplicação das metodologias de ensino adequadas para cada tipo de público implica na eficácia do aprendizado, determinando a tradução didática dos conteúdos.

Os componentes curriculares de algumas das áreas de estudo (ensino infantil, médio e fundamental – conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais), já são pré-definidos, com isso, a identificação dos aprendizes, irão definir a área de conhecimento e o método de ensino mais prováveis de serem utilizadas.

Se Publico_alvo = Educação Basica
 Então Área_Estudo = educação infantil
 OU Área_Estudo = ensino fundamental
 OU Área_Estudo = ensino médio
 E Método_ensino = <METODO>
 E Método_ensino = <METODO>
 ...
 E Método_ensino = <METODO>

Quadro: PUBLICO ALVO	
é-um	PESSOA
descrição	Default: Nenhum Se desconhecida proceder selecionar_descricao
tipo	<Publico_Alvo> Se Infantil ou Médio ou Fundamental proceder Aplicar_tática_fixa.
tem-um	Instance of ÁREA ESTUDO

Figura 6. 4: Representação baseada em quadro do elemento Publico Alvo

Após a identificação do público, é solicitada a área de conhecimento para esse público.

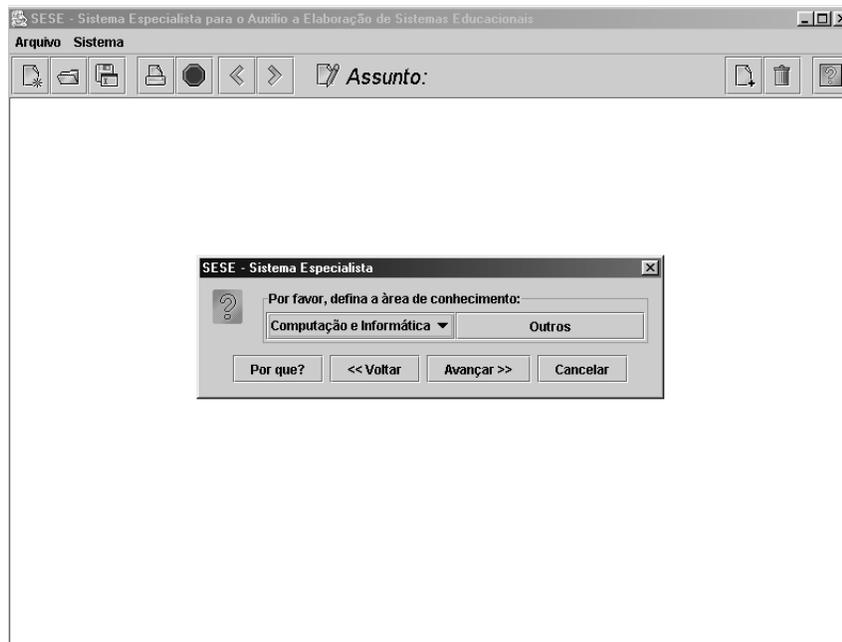


Figura 6. 5: Tela de seleção da área de conhecimento.

Para fins de compreensão, sugerimos na simulação efetuada, baseado em regras já incorporadas na base de conhecimento, os métodos: T-A-T, onde devem ser apresentados a teoria e conceitos, realizado uma aplicação real sobre o assunto e fazer mais um reforço do assunto; TAPPS, onde são feitos

questionamentos sobre o assunto, avaliação, crítica e sugestão das respostas; NGM, onde é será elaborado um projeto em grupo. Podem ainda ser selecionadas outras táticas que o professor achar necessário para a implementação no projeto.

```

Se Publico_alvo = Educação Superior
E Área_Estudo= Computação e Informática
Então Método_ensino = <METODO>
E Método_ensino = <METODO>
...
E Método_ensino = <METODO>

```

Na identificação do assunto, que nesta demonstração será sobre “UML”, o sistema faz uma busca na base de dados para localizar arquivos textos e outros documentos pertencentes a cursos anteriores, que poderão ser aproveitados na integra ou em parte neste projeto.

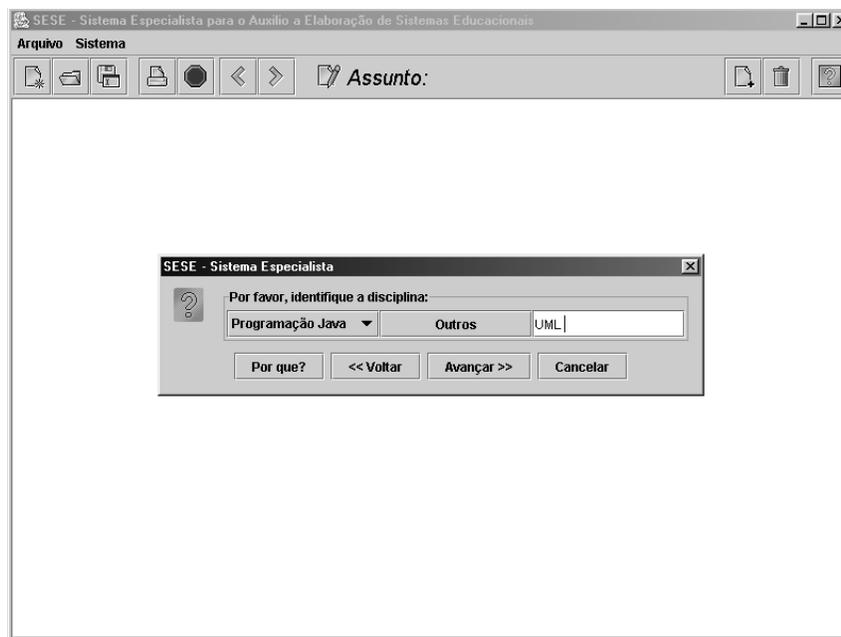


Figura 6. 6: Tela de identificação da disciplina (assunto).

Para a avaliação do aprendiz, conforme o método selecionado, o sistema deve propor os tipos de avaliações segundo as táticas empregadas por de cada método e, então, permitir através de um editor, a criação de exercícios e testes, *download* de arquivos disponibilizados pelo professor através do

correio eletrônico e, também, permitir o acesso a grupos de discussões e a outros sistemas de autoria como jogos e testes *on-line*.

Conforme as táticas adotadas para a implementação do projeto, o sistema também selecionou como forma para avaliação dos alunos do curso: a elaboração de simulações, questionários e avaliações escritas (Fig. 6.7), podendo ainda selecionar o item “Projetos” como um elemento a mais para a avaliação deste curso. Para essas formas de avaliação o sistema possibilita a baixa dos arquivos por transferência de arquivos pela Web (*download*) e o envio dos mesmos através do correio eletrônico (e-mail).

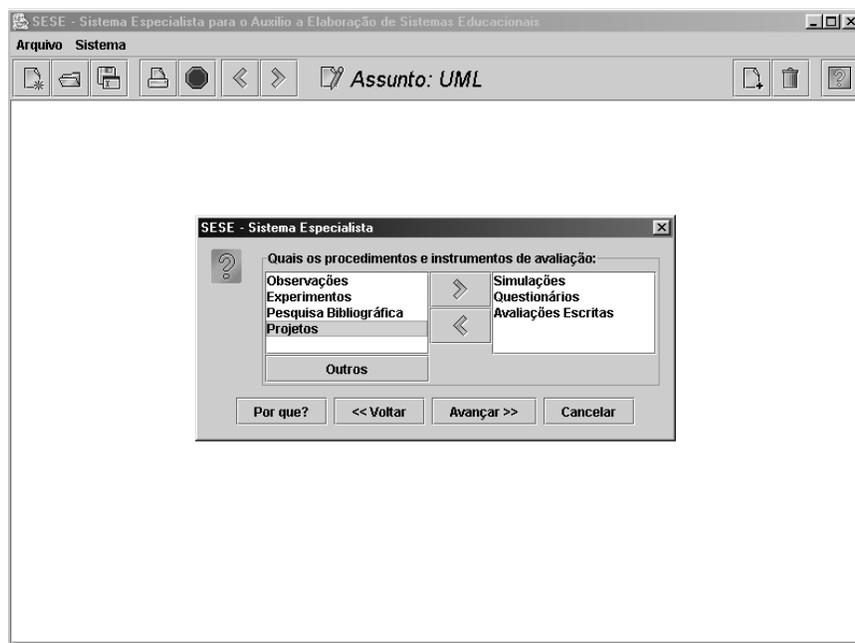


Figura 6. 7: Tela de seleção dos métodos de ensino

Se Publico_alvo = Educação Superior
 E Área_Estudo= Computação e Informática
 E Método_ensino = TAPPS
 Então Forma_Avaliação = <F.AVALIACAO>

Se Publico_alvo = Educação Superior
 E Área_Estudo= Computação e Informática
 E Método_ensino = T-A-T
 Então Forma_Avaliação = <F.AVALIACAO>

Se Publico_alvo = Educação Superior
 E Área_Estudo= Computação e Informática
 E Método_ensino = NGM
 Então Forma_Avaliação = <F.AVALIACAO>

O modelo instrucional é um processo sistemático mediante o qual se analisam as necessidades e metas do ensino. E a partir destas análises é que se selecionam e desenvolvem as atividades e recursos para alcançar essas metas, assim como os procedimentos para avaliar a aprendizagem e para revisar a instrução. Baseado nesses fatos, o modelo do sistema proposto busca a mescla dos modelos instrucionais observados neste estudo, proporcionando a interdisciplinaridade desejada pelos educadores.

O sistema permite a inclusão de outros arquivos, tipo textos, sons, imagens e vídeos, conforme Fig. 6.8, que ficarão gravadas na base de dados, facilitando a composição do projeto final e também futuros cursos que abordarem parte ou sua totalidade, sem a necessidade de novas incorporações de conteúdos.



Figura 6. 8: Tela de seleção dos arquivos para o projeto.

A base de conhecimento também é mantida pela introdução de novos fatos e regras através do editor de *regras de inferência* (descrição de regras) conforme visto na Fig. 6.9, bem como pelas inferências realizadas pelo sistema. A Base de dados é acrescida de material instrucional a medida em que são incorporados novos arquivos e variáveis ao sistema.

Figura 6. 9: Tela de inclusão de regras.

O sistema permite ainda a busca pela rede WWW a procura de sites, arquivos para download como PDF (com plug-in do Acrobat Reader) e FLASH (com plug-in Flash Player), bem como outros conteúdos ou links a serem incorporados ao sistema e, depois selecionado com um dos buscadores (Fig. 6.10), é feita a conclusão do projeto. De acordo com o tipo de implementação escolhido, o sistema deve exibir o conteúdo do curso em telas editáveis, as quais poderão ser alteradas pelo professor, como mostra a Fig. 6.10.

Figura 6. 10: Tela de seleção de buscadores da www.

O tipo de implementação aplicada ao projeto foi à apresentação de slides (Fig. 6.11) e o tipo da mídia final a ser implementado o curso, será uma pagina para Web gerado em HTML (Fig. 6.12). A escolha pelo tipo de implementação e tipo de mídia final, favorece o estudo aqui realizado, pois a maior parte do material instrucional disponível atualmente, é para aplicação em cursos a distancia.

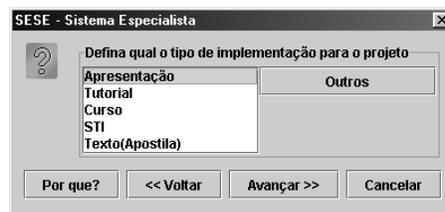


Figura 6. 11: Tela de seleção do tipo de implementação.

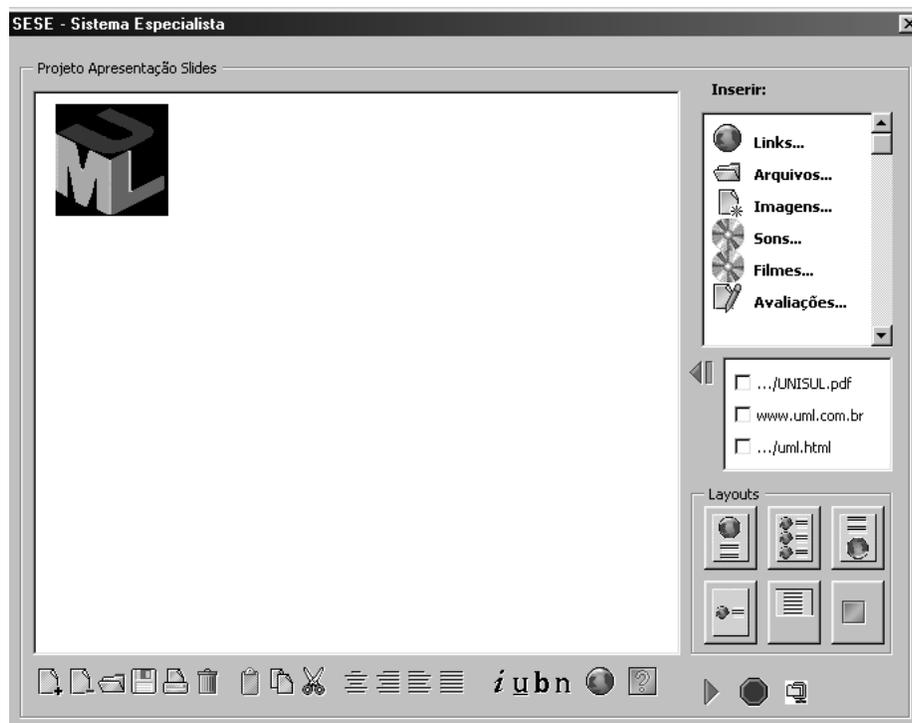


Figura 6. 12: Tela de alteração do projeto final (Apresentação de slides).

O passo seguinte é a geração do projeto, que será finalizado de acordo com o tipo de mídia selecionado para a composição do projeto final conforme Figura 6.13.

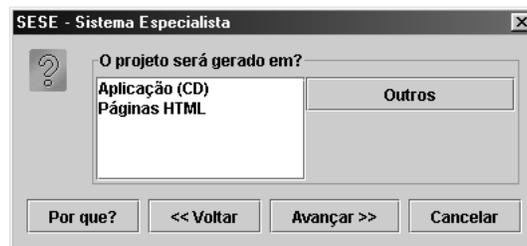


Figura 6. 13: Tela de seleção da finalização do projeto.

Antes de gerar a implementação do projeto, foi selecionado como máquina de busca na internet, o buscador *Alta Vista*¹⁰, onde foram encontrados arquivos no formato PDF e no formato DOC que tiveram alterações nos últimos 3 meses. Esses arquivos poderão ser informados como *links* ou o seu conteúdo ser anexado como parte integrante do projeto. Nesta tela encontra-se a opção de concluir, que dará início a geração do projeto, de acordo com as respostas do professor.

O projeto neste momento encontra-se gerado em uma pasta com o nome do curso, dentro do diretório onde localiza-se o sistema SESE, contendo todos o material selecionado pelo professor, para, posteriormente, ser disponibilizado em mídia (CD-ROM) ou em um provedor de internet (páginas Web).

Considera-se que muitas características do protótipo poderiam ser melhoradas tais como: performance, usabilidade e flexibilidade na elaboração dos materiais. No entanto, como buscava-se a contemplação da possibilidade de elaboração de materiais didáticos através de um SE, tais características foram consideradas dentro dos limites possíveis no escopo de uma dissertação de mestrado exeqüível no prazo de 2 anos.

¹⁰ www.altavista.com.br

7. CONCLUSÕES

A tecnologia da informação está tendo um crescimento muito acelerado. Em consequência, a quantidade de produtos ligados à educação, como os softwares educativos, também tem aumentado em grandes proporções.

Com este trabalho, ressalta-se a grande utilidade da inteligência Artificial no auxílio a elaboração de sistemas educacionais, garantindo aspectos importantes para a construção destes, como a qualidade do software educacional e o projeto de interfaces.

É importante observar que dentre os princípios da elaboração da interface, haja uma padronização das telas a serem apresentadas e a utilização do estilo de lista de itens para seleção desejada. Outro aspecto importante é a utilização das técnicas de inspeção da qualidade ergonômico/pedagógicas do software educacional, que objetivam validar junto ao usuário-alvo, as funcionalidades propostas para um sistema, bem como as formas de operação dessas funcionalidades.

Sabemos que os computadores estão propiciando uma verdadeira revolução no processo ensino-aprendizado. Podemos ver diferentes tipos de abordagens de ensino que podem ser realizados através do computador, auxiliando o processo de aprendizagem em diferentes níveis e situações.

Entretanto, a maior contribuição do computador como meio educacional advém do fato do seu uso ter provocado o questionamento dos métodos e processos de ensino utilizados e, também, a simplificação dos processos para

a elaboração de material instrucional.

A utilização de Sistemas Especialistas para viabilizar um sistema educacional demonstrou ser uma técnica aplicável, apresentando resultados satisfatórios, visto que os processos podem ser executados de forma interativa, rápida e com o compartilhamento das informações para a geração de outros materiais instrucionais.

A utilização da abordagem construtivista permite o uso de estratégias internas para a construção do conhecimento, dá ao aluno a oportunidade de desenvolver melhor suas habilidades cognitivas, extrapolar o conteúdo definido, buscar informações em outros contextos, testar estratégias e descobrir o conhecimento de forma imprevista.

Observou-se também, que em sistemas baseados em orientação a objetos, o formalismo de representação do conhecimento por quadros é considerado adequado para a implementação do protótipo, visto que esta forma, rica em recursos, está organizada hierarquicamente em classes, subclasses e instâncias. Outras características interessantes desta forma de representação do conhecimento são a herança automática de seus atributos e a habilidade de um quadro determinar se ele próprio é aplicável em uma dada situação.

O protótipo do sistema SESE é um modelo que poderá contribuir de forma significativa no trabalho do educador, facilitando a elaboração do material instrucional com recursos tecnológicos, praticidade na criação e finalização do projeto de um curso e, ainda, possibilitando outras formas pedagógicas para apresentar o mesmo conteúdo didático nos diferentes níveis de aprendizagem.

De um modo geral, vários sistemas de autoria oferecem ao professor um conjunto integrado de ferramentas para criação e aplicação de cursos, fáceis de usar e baseadas na melhor tecnologia disponível. Comparando esses sistemas temos o *TopClass* que permite a reutilização de conteúdos já desenvolvidos, o *WebCT* que fornece a maior variedade de ferramentas de comunicação, no *Oncourse* há facilidades multimídia para a apresentação

da atividade educacional, apoio para propostas de trabalhos em grupo, possibilidade de importação de recursos didáticos e suporte para desenvolvimento de atividades usando recursos didáticos variados (slides, textos, imagens), o *AulaNet* fornece bom suporte ao professor na criação, manutenção e aplicação de cursos, é fácil de usar e não requer conhecimento de programação, incorporando outros produtos de software, e o *Visual Class* que permite a criação de conteúdos em dois formatos: EXECUTÁVEL, para serem distribuídos em CD ROMs e HTML/Javascript para serem publicados na WEB. Ambos os sistemas possuem características e funcionalidades peculiares ao seu propósito, no entanto, seria interessante analisar formas de avaliar sua qualidade pedagógica e operacional.

Conclui-se portanto que este campo de pesquisa é bastante amplo e que muito há para ser investigado. Da mesma forma que a Inteligência Artificial se apresenta como uma nova abordagem de utilização da informática na Educação, muito a Educação pode vir a oferecer à Inteligência Artificial, no sentido de aprofundar as pesquisas a respeito de buscar novas metodologias, no ponto de vista pedagógico, e adaptar as já consagradas.

O protótipo apresentado deve ser ainda submetido a outras fases preliminares de avaliações, bem como ser submetido a um grupo de professores autores e alunos para que avaliem efetivamente a ferramenta.

Do ponto de vista técnico, deverão ser observados e melhorados os seguintes aspectos: compartilhamento em rede local e Internet, compatibilização com outros softwares, hardware e funcionalidade em rede (importação e exportação de objetos), apresentação auto-executável, recursos hipertexto e hiperlink, disponibilidade de ajuda (*help-desk*), manual técnico com linguagem apropriada ao professor - usuário, facilidade de instalação, desinstalação e manuseio, etc.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

Sugere-se como trabalhos futuros à complementação do protótipo desenvolvido, através da implementação das funcionalidades previstas no projeto do sistema, assim como outras:

- A combinação das técnicas de inferência de encadeamento para frente com o encadeamento para trás;
- A Implementação do mesmo protótipo do modelo desenvolvido neste trabalho porém, utilizando outro ambiente de desenvolvimento como a *Shell* KAPPA, objetivando uma comparação de desempenho entre os dois modelos;
- Acrescentar ao sistema um dispositivo que identifique o perfil do aluno (modelo do usuário) na interação do curso, contribuindo com a eficiência do ambiente ao identificar suas preferências e necessidades e, também, as mudanças nos métodos de ensino empregados no sistema.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAECKER R. M.; BUXTON W. A. S. **Readings in Human-Computer: A Multi-disciplinary Approach**. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1987.
- BASTIEN, J. M. C. & SCAPIN, D. L. **Ergonomic criteria for the evaluation of Human-Computer Interfaces**. Rocquencourt: INRIA, 1993. (Relatório de Pesquisa n° 156).
- BECKER, F. **Da ação à operação: o caminho da aprendizagem em J. Piaget e P. Freire**. Rio de Janeiro: DP&A Editora e Palmarinca. 2ª edição. 1997. p.11.
- BÉDARD, R. tradução de DESCHÊNES A. J. (Télé-université) e outros. **Construtivismo e Formação a Distância**. Artigo publicado na Revista Tecnologia Educacional. 1998. Rio de Janeiro. V. 26. No 140. Jan/Fev/Mar.
- BENYON, D. & DAVIES, G. **A guide to usability; usability now!** Milton Keynes, The Open University, 1990.
- BERCHT, M. **Avaliação Pedagógica como Fator para a Construção de Estratégias de Ensino em Ambientes de Ensino e Aprendizagem Computadorizados: exame de qualificação**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1997.
- BITTENCOURT, D. F. **A Construção de um Modelo de Curso "Lato Sensu" Via Internet – A Experiência com o Curso de Especialização para Gestores de Instituições de Ensino Técnico Ufsc / Senai**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). UFSC, Florianópolis, 1999.
- BOLZAN, R. F. F. A. **O Conhecimento Tecnológico e o Paradigma Educacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). UFSC, Florianópolis, 1998.

- BOOCH, G., RUMBAUGH, J., JACOBSON, I. **The Unified Modeling Language User Guide**. Reading: Addison-Wesley, 1998.
- BRANDE, L. V. **Flexible and Distance Learning**. Londres: John Wiley & Sons, 1993.
- BRIGHTMAN, H. J. **GSU Master Teacher Program: On Learning Styles**. 1998. Disponível em www.gsu.edu/~dschjb/wwwmbti.html. Acesso em: 10/07/2002.
- CAMPOS, G. H. B. **Metodologia para avaliação da qualidade de software educacional**. Diretrizes para desenvolvedores e usuários. Tese de Doutorado., COPPE/Sistemas - UFRJ. Rio de Janeiro.1994-a.
- CAMPOS, F. C. A; ROCHA, A. R. C.; CAMPOS, G. H. B. **Design Instrucional e Construtivismo: Em Busca de Modelos para o Desenvolvimento de Software**. IV Congresso RIBIE, Brasília. 1998.
- CAMPOS, G. H. B., BARUQUE, L. B., MELO, R. N. **Um estudo para o desenvolvimento de projetos em EAD: Design e ferramenta cognitiva**. Coordenação de Educação a Distância / PUC-Rio.2001.
- CAMPOS, G H. B., CAMPOS, F. C. A. **Qualidade de Software Educacional**. Artigo publicado como capítulo do livro “Qualidade de software” Ministério da Ciência e Tecnologia. MCT. PBQP. 2001.
- CAMPOS, F. C. A. **Hipermídia na Educação: Paradigmas e Avaliação da Qualidade**. Tese de M.Sc., COPPE/Sistemas - UFRJ. Rio de Janeiro. 1994-b.
- CAMPOS, G. & CAMPOS, F. **Design Instrucional, Novas Tecnologias e Desenvolvimento de Software Educacional**. In: Anais VIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, V. I, pp. 289-311, São José dos Campos, SP, Brasil, Novembro.1997.
- CARROLL, J. M. **The Nurnberg Funnel**. Cambridge, MA: MIT Press. 1990.
- CHAIBEN, H. **Inteligência Artificial na Educação**. Universidade Federal do Paraná. Centro de Computação Eletrônica. Divisão de Suporte Técnico. Disponível em www.cce.ufpr.br/~hamilton/iaed/iaed.htm. Acesso em 03/11/2001.
- CHORAFAS, D N. **Applying Expert Systems in Business**. USA: McGraw-Hill, 1987.
- CHORAFAS, D. N. **Sistemas Especialistas: aplicações comerciais**. Ed. McGraw-Hill, 1988. Tradução Mirian F. Diniz. São Paulo – SP. p.120. 1988.

- CURILEM, G. M. **Pesquisa sobre Metodologias de Projeto de Sistemas Tutores Inteligentes**. 1998.
- CYBIS, W. de A., PIMENTA, M., SILVEIRA, M., GAMEZ, L. **Uma Abordagem Ergonômica para o Desenvolvimento de Sistemas Interativos**. Atas do I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais: Compreendendo Usuários, Construindo Interfaces (IHC'98), pp.102-111. Maringá, 1998.
- EASTMOND, N. **Assessing needs, developing instruction, and evaluating results in distance education**. In: WILLIS, Barry. Distance education - strategies and tools. Englewood Cliffs (New Jersey): Educational Technology Publications Inc., 1994.
- FÁVERO, A. J. **Tutorial – Sistemas Especialistas**. UEM – Universidade Estadual de Maringá. Disponível on-line em <http://www.din.uem.br/ia/especialistas>. Acesso em 12/04/2002.
- FRASSON, C. et al. **Using Pedagogical Agents in a Multi-Strategic Intelligent Tutoring System**. In: World Conference on Artificial Intelligence Tutoring Agents, 8, Kobe: Japan, 1997.
- GIRAFFA, L. M. M. **Seleção e Adoção de Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes: exame de qualificação**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1997.
- GSI- Grupo de Sistemas Inteligentes. **Vida Artificial – Tutores Inteligentes**. UEM – Universidade Estadual de Maringá. Disponível em www.din.uem.br/ia/800x600/vida.html
- ISO/IEC 9126. **Information Technology-Software Product Evaluation - Quality Characteristics and Guideline for Their Use**. ISO,1991.
- KEARSLEY, G. **A Base de Dados Theory Into Practice - TIP (A Teoria na Prática)**. 1999. Disponível em www.planetaeducacao.com.br/professores/suporteaprof/pedagogia/teoria43_dessoc.
- LAASER, W. **Manual de criação e elaboração de materiais para educação à distância**. Brasília: CEAD; Editora Universidade de Brasília, 189p.: il. 1997.
- LABIUTIL. **Abordagem Ergonômica para IHC**. Apostila de curso, Laboratório de Utilizabilidade UFSC/Senai-SC/CTAI, Florianópolis, SC. 1997.
- LEIDNER, D. E.; JARVENPAA, S. **"The use of Information Technology to Enhance Management School Education: A Theoretical Wiew**. In MIS Quarterly DC, v. 19, n.3, p.265-291, sept.1995.

- LEUNG, K. S., LAM, W.. **A Fuzzy expert system shell using both exact and inexact reasoning**. Journal of Automated Reasoning ,v.5, p. 207-233, 1989.
- LIA – Laboratório de Inteligência Artificial. **Expert SINTA Shell - Uma Ferramenta Visual para Construção de Sistemas Especialistas**. Disponível em www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta.
- MARTINS, R. X. **Aprendizagem Cooperativa via Internet – A implantação de dispositivos computacionais para a viabilidade técnica de cursos on-line**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis. 2000.
- MYERS, I. B., BRIGGS, K. Consulting Psychologists Press Inc. **Working out your Myers Briggs Type**. Disponível em: www.teamtechnology.co.uk/tt/t-articl/mb-simpl.htm (1998).
- MERGEL, B. **Instructional Design & Learning Theory. Professional and Theoretical Issues in Educational Technology: Occasional Papers**, maio de 1998. Disponível em: www.usask.ca/education/coursework/802/papers/mergel/mergel.PDF. Acesso em: 15/10/2002.
- MERRILL, M. D. **Component Display Theory**. In C. Reigeluth (ed.), **Instructional Design Theories and Models**. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- MOORE, M. G.; KEARSLEY, G. **Distance education: a systems view**. Belmont (USA): Wadsworth Publishing Company, 1996.
- PALANGANA, I. C. **Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky: a relevância do social**. São Paulo: Plexus. 1994
- PAPERT, S. **A Máquina das Crianças**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. p.13.
- PEREIRA, A. S. **Um Agente para Seleção de Estratégias de Ensino em Ambientes Educacionais na Internet**. Dissertação (Mestrado em ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação. PPGC da UFRGS, Porto Alegre/RS. 1999.
- PINHEIRO, M. A. **Estratégias para o Design Instrucional de Cursos pela Internet: Um Estudo de Caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 2002.
- POLSON, M. C.; Richardson, J.J. **Foundations of Intelligent Tutoring Systems**. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1988.

- POZO, A. T. R. **Sistema inteligente para treinamento do controle da infecção hospitalar.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 1991.
- RAMOS, R. F. **Sistemas Especialistas - uma Abordagem Baseada em Objetos com Prototipagem de um Seleccionador de Processo de Soldagem.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis. 1995. Disponível em www.eps.ufsc.br/disserta/ramos/indice. Acesso em 10/01/2003.
- Revista da Aldeia Humana (organizada por Alexandre Manu; tradução de Fernando Vugman; revisão de Cláudio Dutra) - Florianópolis, SC: SENAI/LBDI, 1995.
- RIBEIRO, H. C. S. **Introdução aos sistemas especialistas.** Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1987.
- RICH, E. & KNIGHT, K.. **Inteligência Artificial.** São Paulo: Makron Books, 1993.
- RITA - Revista de Informática Teórica e Aplicada – Vol. 6. (1999). Porto Alegre, Instituto de Informática, UFRGS. ISSN 0103-4308.
- RODRIGUES, R. S. **Modelos de educação à distância.** IN: PRETI, Oresti (Org.). Educação à distância; construindo significados. Cuiabá: NEAD/IE-UFMT; Brasília: Plano, 2000. p.155-179.
- ROMISZOWISKI, A. J. **Designing Instructional Systems.** Nichols Publishing Co. 1981.
- SANTOS, N. **Desenvolvimento de Software Educacional.** Notas de Aula. Abril 1999. disponível em www.ime.uerj.br/professores/neide/Des_Soft.html. Acesso em 10/10/2002.
- SAVARIS, S. V. A. M. **Sistema Especialista para Primeiros Socorros para Cães.** Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. UFSC, Florianópolis. 2002. p. 31.
- SILVA, C. R. O. **Bases Pedagógicas e Ergonômicas para Concepção e Avaliação de Produtos Educacionais Informatizados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. UFSC, Florianópolis. 1998.
- SILVEIRA, R. A. **Modelagem Orientada a Agentes Aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuídos de Ensino: JADE - Java Agent framework**

- for Distance learning Environments.** Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Computação. PPGC da UFRGS, Porto Alegre/RS. 2001.
- SUN MICROSYSTEMS, Inc. **The Java Language Environment White Paper.** Disponível em: <http://java.sun.com/doc/languageenvironment/index.html> 2002.
- TROLLIP, S.R. & ALESSI, S.M. **Computer - Based Instruction, Methods and Development.** Second Edition, Prentice Hall, INC, 1991.
- UNIFIEO – Inteligência Artificial. Revista Eletrônica 2000. Disponível em http://www.unifieo.br/revista/rev2000/trabalhos/trab_inteligencia.htm. Acesso em 25/09/2001.
- UZEDA, L. J. G. **Educação Matemática e Novas Tecnologias: O Uso da Informática e a Internet no Ensino da Matemática.** Trabalho de conclusão de curso em Matemática – modalidade Licenciatura. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática e Estatística. 2000.
- VIEIRA, F. M. S. **Avaliação de Software Educativo: Reflexões para uma Análise Criteriosa.** Disponível em www.edutec.net/Textos/Alia/MISC/edmagali2.htm Acesso em 17/08/2002.
- WATERMAN, D. A. **A Guide to Expert System.** Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1986.
- WISNER, A. **Por dentro do trabalho: ergonomia: método & técnica.** São Paulo: FTD: Oboré, 1987.
- VYGOTSKY, L. S. **Mind in Society.** Cambridge, MA: Harvard University Press. 1978, p57.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** Trad. José Cipolla Nt. - São Paulo: Martins Fontes, 1994. Cap. 6, p. 103-119.
- WILLIS, B. **Distance education at a Glance.** Series of Guides prepared by Engineering Outreach at the University of Idaho. Disponível em www.uidaho.edu/eo/distglan.html. 1996. Acesso em: 10/10/2002.
- WINBLAD, A. L.; EDWARDS, S. D.; KING, D. R. **Software Orientado ao Objeto.** Tradução Denise de Souza Boccia. São Paulo: Makron Books, 1993.
- ZUCHI, I. **O desenvolvimento de um Protótipo de Sistema Especialista Baseado em Técnicas de RPG para o Ensino de Matemática.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis. 2000.