



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

## **GeSTI: UM SISTEMA TUTOR INTELIGENTE APLICADO AO ENSINO DE MECÂNICA**

**Aida A. Fadel** - aida@unb.br

Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Mecânica

Campus Darcy Ribeiro – Asa Norte

70910-900 – Brasília - DF

**Emiliano S. de Faria** - esf@brturbo.com

Universidade de Brasília - Departamento de Ciência da Computação

**Dianne Magalhães Viana** – diannemv@unb.br

Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Mecânica

***Resumo:** O Gerador de Sistemas Tutores Inteligentes, GeSTI, refere-se a uma proposta de plataforma para construção de Sistemas Tutores Inteligentes que dispõe de um suporte lingüístico para facilitar a especificação dos elementos disciplinares e pedagógicos necessários ao processo ensino-aprendizagem. Tem por finalidade reduzir os obstáculos construtivos, sistematizando as técnicas de Inteligência Artificial utilizadas na representação do Domínio de Conhecimento e do Modelo do Estudante e em dispositivos computacionais de inferência, oferecendo ao Especialista um ambiente prático e de fácil uso para desenvolver seu próprio Sistema Tutor Inteligente. O modelo proposto para o Gerador de Tutores Inteligentes incorpora conceitos de interoperabilidade, intercambiabilidade e reusabilidade praticados por consórcios de padronização internacionais, portanto, é expansível e capaz de lidar com diferentes necessidades pedagógicas objetivando a aplicação a temas complexos e ambientes diversos como aqueles encontrados em cursos universitários. O presente trabalho apresenta o modelo para a especificação do Domínio de Conhecimento e Estratégias de Ensino de forma a possibilitar o sequenciamento automático de atividades pedagógicas aplicadas à engenharia através da construção de um tutor inteligente voltado ao ensino da disciplina básica de Mecânica. Na presente proposta, o domínio do conhecimento é representado por uma estrutura hierárquica que será visitada pelo estudante em diferentes etapas, dependendo do desenvolvimento individual de cada um, com base no desempenho nas atividades pedagógicas. A escolha das etapas é realizada observando-se as Estratégias de Ensino definidas pelo professor Especialista.*

**Palavras-chaves:** Tutor Inteligente, STI.

### **1. INTRODUÇÃO**

Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) são programas educacionais que utilizam técnicas de inteligência artificial (IA) para auxiliar no processo ensino-aprendizagem, capazes de fazer inferências e de simular decisões como se fossem os próprios professores orientadores

especialistas. Segundo BURNS and CAPPS (1988), um Sistema Tutor Inteligente é um Sistema Especialista com aplicação na área educacional acrescido do Modelo do Estudante e das Estratégias de Ensino (Módulo Tutor), conceitos que serão mais bem descritos ao longo deste trabalho.

Os STIs podem ser utilizados na WEB, em cursos à distância, cursos presenciais e outros ambientes de aprendizagem, como instrumento principal ou ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem.

## **2.1 Histórico dos Sistemas Tutores Inteligentes**

A Figura 1, apresenta uma cronologia da evolução dos STIs, desde a sua origem na década de 50, até a década de 80.

Os primeiros programas a surgir foram os Sistemas de Ensino Assistidos por Computador (CAI), ou os chamados Programas Lineares, que se caracterizavam por mostrar o conhecimento de uma forma linear, isto é, nenhum fator podia interferir na estrutura de ensino estabelecida na sua criação pelo programador.

A partir dos anos 60, começou-se a conceber que as respostas dos alunos podiam ser usadas para controlar o material de estudo. Surgiram os Programas Ramificados, que eram mais adequados por oferecerem retorno específico. Se, por um lado apresentavam um número fixo de “ramificações”, assemelhando-se nesse sentido com os Programas Lineares, por outro lado, diferenciavam-se destes pela capacidade de atuar segundo a resposta do aluno. No entanto, o enfoque destes programas era ainda totalmente centrado no professor, de forma que o aluno deveria compreender um conteúdo passado pelo professor e responder a questões previamente formuladas que mediriam o grau de entendimento.

No início da década de 70 surgiram os Programas Generativos, que eram capazes de gerar situações pedagógicas ou problemas que deveriam ser respondidos e corrigidos automaticamente de forma a medir o quanto o aluno tinha aprendido. Assim, por exemplo, um gerador randômico de números produziria dois números a serem adicionados pelo aluno, e logo o resultado do computador para a adição seria comparado com o resultado do aluno, para gerar a resposta. Essa abordagem tinha como principais limitações o fato de que sua aplicabilidade restringia-se a uma pequena parcela de áreas de conhecimento e, adotava para obtenção da solução um processo completamente dissociado da lógica de raciocínio humano.

Na década de 80, os STIs despontaram com o intento de tratar as falhas dos Sistemas Generativos. Tais programas podem ser vistos como CAI inteligentes, pois apresentavam uma estrutura diferenciada para trabalhar com domínios educacionais, visto que utilizavam a combinação de técnicas de IA e Psicologia Cognitiva para guiar o processo de ensino-aprendizagem.

SLEEMAN e BROWN (1982) revisaram o estado da arte nos sistemas CAI e criaram o termo Sistemas Tutores Inteligentes (Intelligent Tutoring Systems), para descrever os sistemas ICAI e distingui-los dos sistemas CAI. Este termo tinha uma suposição implícita acerca de como aprender, focalizado em aprender fazendo. Tais sistemas vieram facilitar o processo ensino-aprendizagem, fazendo-o mais efetivo, correto e agradável.

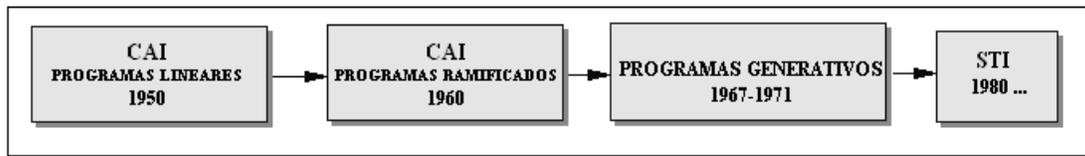


Figura 1 – Evolução histórica dos STIs

A arquitetura clássica ou tradicional de um STI, pode ser vista na Figura 2 (BARR,1982; YAZDANI, 1987; SELF, 1988; VICCARI, 1990; OLIVEIRA, 1994).

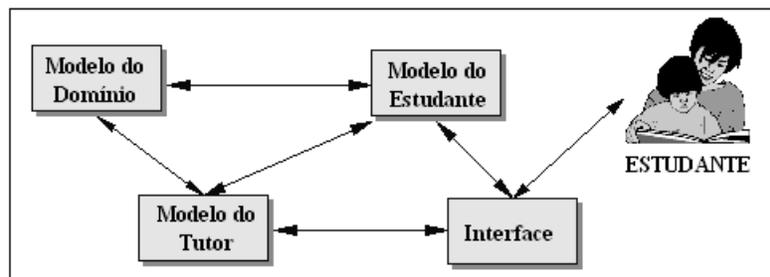


Figura 2 - Arquitetura clássica de um STI.

## 2.2 Demanda por um Sistema Tutor Inteligente dedicado ao ensino de Engenharia

A crescente demanda por educação superior, tem se refletido nas políticas governamentais para ampliação do número de vagas ofertadas. O atendimento desta demanda fica sujeito à limitação imposta pelo número de professores cuja taxa de crescimento não se dá na mesma ordem. Como atender a esta crescente demanda resguardando a garantia de qualidade?

A resposta aponta para o desenvolvimento de ferramentas de ensino que incorporem a tecnologia disponível e conceitos de psicologia e educação de aprendizagem de modo a aplicá-los eficazmente no ensino superior. Esta proposta eleva o computador de mera ferramenta geradora de hipermídia a um gerador de recursos para acompanhar o aluno individualmente ao longo de seu processo de aprendizagem, fornecendo também ao professor subsídios para avaliar o material ou o processo utilizados nas atividades de ensino.

No presente trabalho, o sistema tutor desenvolvido é capaz de acompanhar individualmente cada aluno, respondendo às suas necessidades, além de oferecer formas de avaliação específicas para as aplicações de engenharia, como, por exemplo, a avaliação de resultados apresentados em sistemas de unidades diversos; a utilização de uma mesma representação gráfica para gerar a resposta de um diagrama de esforços. Nesse último caso, o aluno, utilizando um editor de imagens poderá acrescer os esforços à representação original. Também, uma característica importante do sistema, consiste no aproveitamento de conteúdos e atividades geradas por diferentes disciplinas, armazenadas em uma biblioteca e catalogadas segundo regras aplicadas na tecnologia da informação. Tais objetos de aprendizagem são formulados seguindo uma padronização para possibilitar a reusabilidade.

## 2. DESCRIÇÃO DO GERADOR DE TUTORES INTELIGENTES

O modelo utilizado na construção do Gerador de Tutores Inteligentes baseia-se na interação do Especialista com o Estudante no processo ensino-aprendizagem utilizando-se de técnicas de Inteligência Artificial e consiste dos módulos: (1) *Domínio do Conhecimento*, que é a representação do conhecimento do Especialista de forma estruturada, bem como das regras de transferência deste conhecimento. Esse módulo engloba os sub-módulos de Bases de Apoio, da Árvore do Conhecimento e das Estratégias de Ensino; (2) *Modelo do Estudante*, que representa o nível de conhecimento do Estudante no processo de interação com o sistema. Consiste dos sub-módulos de Base do Estudante, Histórico de Interação, aqui chamado Histórico do Estudante e Conhecimento do Estudante; (3) *Módulo de Diagnóstico*, que consiste do processo responsável por aplicar as regras previstas na Estratégia de Ensino de acordo com o nível atual do conhecimento do Estudante, definido no Histórico do Estudante; E por fim, (4) *Módulo Tutor*, que é a interface propriamente dita do Estudante com o sistema.

As Ferramentas de Autoria são programas de interface amigável com o usuário, no caso o Especialista, que facilitam o processo de elaboração tanto do Módulo do Domínio de Conhecimento, quanto dos Objetos de Aprendizagem que, por sua vez, consistem dos conteúdos e atividades pedagógicas descritos segundo os padrões internacionais.

A Figura 3, construída com base em CARVALHO (2000) e FARIA (2004), apresenta o esquema de inter-relações entre os módulos e demais componentes STI.

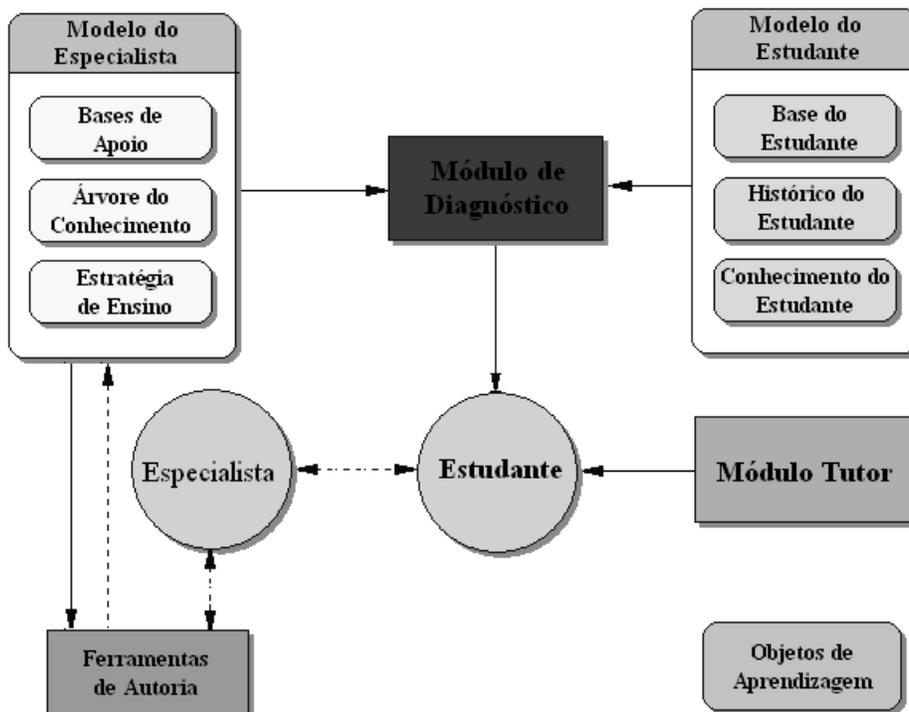


Figura 3 - Arquitetura do gerador de tutores inteligentes.

O Especialista, durante a fase de projeto, através de Ferramentas de Autoria, fornece as bases de sua expertise ao Domínio do Conhecimento. Um Modelo do Estudante, inicialmente apresentando o nível mais reduzido do conhecimento desta expertise, é atualizado a cada interação com o sistema, representando o processo de aprendizagem desse aluno. O registro da evolução do conhecimento do Estudante fica armazenado no Histórico do Estudante e serve de base para a aplicação das Estratégias de Ensino definidas pelo Especialista, o Módulo Diagnóstico por sua vez compara o nível de conhecimento do aluno ao do Especialista a cada interação, e aplicando as regras de aprendizagem, apresenta ao Estudante um novo cenário no processo através do Módulo Tutor.

### **3. APLICAÇÃO DE PADRÕES**

De modo a possibilitar a universalização dos conteúdos utilizados no modelo desenvolvido, adotam-se normas e especificações estabelecidas pelo IMS Consortium e pelo LTSC-IEEE, principais organismos de padronização internacional.

A aplicação das normas pode ser verificada tanto na organização dos conteúdos quanto na apresentação dos objetos de aprendizagem.

O conteúdo é organizado de forma hierárquica, utilizando tecnologia XML, em atendimento ao padrão preconizado pela norma IMS Content Packaging [IMS], versão 1.0 (Final Specification), o que irá conferir características de intercambiabilidade, interoperabilidade e reusabilidade ao modelo.

Os objetos de aprendizagem têm sua classificação definida pelo padrão Learning Object Metadata do LTSC-IEEE [IEEE], sendo implementados de acordo com a norma IMS-Learning Resource Meta-Data, versão 1.2.1, Final Specification.

As características mais específicas do relacionamento dos objetos de aprendizagem com o STI são definidas em um modelo de representação externa de objetos de aprendizagem que será descrito adiante.

### **4. COMO CAPTURAR A EXPERTISE DO PROFESSOR E TRANSMITIR O CONHECIMENTO?**

A captura da expertise do professor ou especialista é realizada pelo STI através da confecção pelo mesmo da Árvore do Conhecimento e da definição das Estratégias de Ensino, bem como da elaboração dos objetos de aprendizagem. Tais recursos serão detalhados a seguir.

#### **4.1 Árvore do Conhecimento**

O Domínio do Conhecimento é expresso em termos de uma “Árvore do Conhecimento”, ou seja, é feita a formatação do programa de ensino em uma estrutura hierárquica projetada para organizar os conteúdos e atividades nos respectivos itens de currículo. Assim, num arquivo de texto comum, utilizando a Linguagem de Definição da Árvore do Conhecimento (LDAC), que é estabelecida especificamente para tal, segundo FARIA (2004), são descritos: (1) os itens de currículo, seqüenciados de acordo com o que o Especialista considera ser a melhor estrutura para a transmissão do conhecimento e (2) as classes e instâncias dos objetos de aprendizagem, ou seja, que recursos serão utilizados para abordar os itens de currículo, quais sejam, aulas, testes, exemplos,...

## **4.2 Estratégias de Ensino**

Com o uso da Linguagem de Definição das Estratégias de Ensino (LDEE) [Major], que também utiliza um arquivo de texto comum, é declarada uma série de regras de aprendizagem, que, juntamente com o modelo do estudante e o modelo do especialista, irão orientar o sequenciamento das atividades de aprendizagem e ensino. Essas regras são estruturadas na forma de condição e ação, declaradas pelo uso de linguagem natural. A LDEE utiliza em sua aplicação os termos e objetos de aprendizagem estabelecidos na Árvore do Conhecimento.

Assim o Especialista poderá definir previamente uma ação a ser adotada para um estudante em particular em função de sua performance no processo ensino-aprendizagem.

Essas regras constituem um conjunto que oferece uma gama de cenários pedagógicos diversos, e previamente estabelecidos, que a cada iteração do programa, com base no histórico do aluno apresentara uma escolha diferenciada para aquele aluno. Deste modo um aluno que não tenha se saído bem na assimilação de dado assunto, deverá receber novamente o mesmo conteúdo sob forma diferenciada, ou detectada uma deficiência em conhecimentos básicos, este será remetido ao aprendizado de conteúdo específico para saná-la e então novamente retornar ao assunto anterior. Se o processo se repete com diversos estudantes poder-se-ia inferir que o conteúdo deverá ser aperfeiçoado para melhorar esses índices, o que oferece ao Especialista a possibilidade de reformular sua abordagem do assunto.

Pode-se, por exemplo, definir na Estratégia de Ensino que, se o Estudante, após um número pré-definido de avaliações, não alcançar o limite mínimo estabelecido para o aprendizado, esse deverá entrar em contato com o monitor da disciplina para sanar suas dificuldades. Uma vez alcançado o nível desejado o aluno retornara ao fluxo do STI. Neste caso verifica-se uma significativa interação humana no processo.

A flexibilidade verificada na definição das Estratégias de Ensino permite também ao Especialista a liberdade de adotar a postura pedagógica de sua escolha.

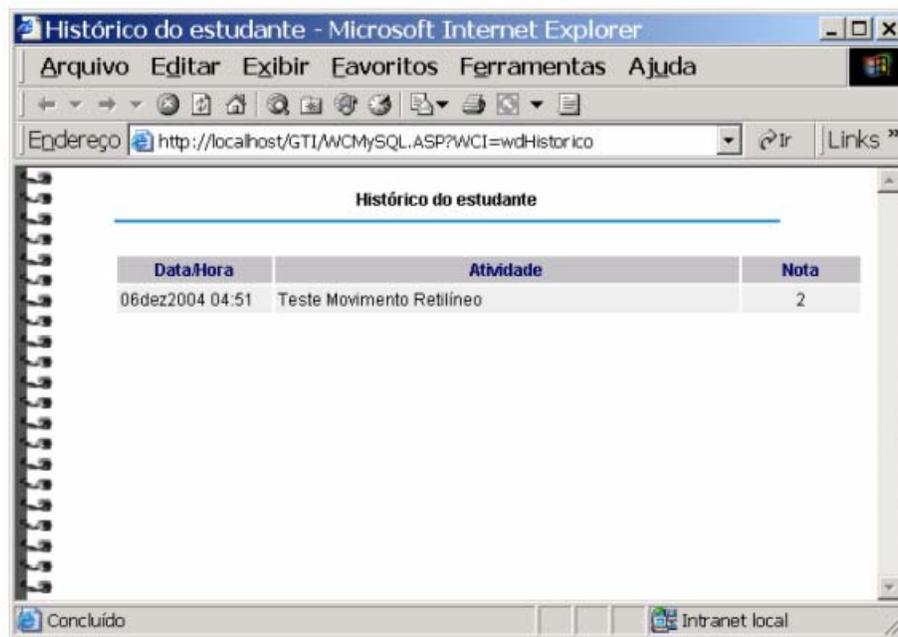
## **4.3 Objetos de Aprendizagem**

As atividades pedagógicas são descritas de acordo com o modelo de dados proposto e passam a ser referidas como objetos de aprendizagem, desde que estejam rotuladas de acordo com a padronização prevista nas normas. Os objetos de aprendizagem contemplam tanto as atividades escolhidas para a transmissão do conhecimento: aulas, seminários, projetos, listas de exercícios... Como também os conteúdos e sua abordagem, de modo que um assunto pode ser apresentado em filmes, em aulas expositivas, utilizando recursos diversos inclusive meios hipermídia.

Os objetos de aprendizagem representam uma parcela de grande importância no STI, e devem ser devidamente planejados, criteriosamente escolhidos e previamente avaliados para, então, serem finalmente incorporados ao modelo e aplicados.

## 5. DIAGNÓSTICO DO APRENDIZADO

O diagnóstico do aprendizado é obtido pela comparação entre os níveis considerados satisfatórios para o aprendizado, definidos nas Estratégias de Ensino, e o registro no Histórico do Estudante (Figura 4). Para um aluno que inicia o processo o sistema considera que o seu nível de conhecimento encontra-se no patamar mais baixo enquanto que o conhecimento do Especialista encontra-se no nível mais elevado. A função do sistema é elevar o nível de conhecimento do Estudante a padrões previamente estabelecidos, tendendo a aproximá-lo do conhecimento do Especialista. Segundo ANDERSON (1988), essa abordagem é definida como *overlay* do especialista.



Data/Hora	Atividade	Nota
06dez2004 04:51	Teste Movimento Retilíneo	2

Figura 4 - Histórico do Estudante.

## 6. MODULO TUTOR

O Modulo Tutor representa a interface entre o Estudante e o sistema, é o portal de acesso do Estudante ao STI e deverá apresentar as características ergonômicas necessárias para favorecer o processo ensino-aprendizagem.

Nesse portal são apresentados os conteúdos de acordo com o nível de aprendizado demonstrado pelo aluno. Aplicadas as regras de aprendizagem habilita-se uma série de atividades aparecendo selecionada para o Estudante a atividade sugerida pelo sistema como a mais adequada naquele momento.

## 7. FERRAMENTAS DE AUTORIA

Para a definição e implementação da Árvore do Conhecimento e das Estratégias de Ensino é necessário tanto o conhecimento de regras de programação, quanto à aplicação das normas e

padrões internacionais. Tal condição envolve um nível de complexidade elevado associado a esta tarefa e requer o desenvolvimento de ferramentas de autoria para auxiliar na definição destes dois documentos e na produção dos objetos de aprendizagem.

## **7.1 Produção de Objetos de Aprendizagem**

As ferramentas utilizadas para produção de Objetos de Aprendizagem geralmente estão disponíveis ou podem ser desenvolvidos para atendimento de necessidades diferenciadas. Dentre as ferramentas mais comumente utilizadas podem ser citados editores de texto, editores de apresentação, editores de páginas html, além de outros ambientes de programação que atendam o padrão internacional IMS.

## **7.2 Ontologia e Taxonomia**

De forma a garantir características de interoperabilidade e reusabilidade de conteúdos e reaproveitar atividades desenvolvidas que serão comuns a mais de uma disciplina, são aplicados conceitos de taxonomia e ontologia na criação dos objetos de aprendizagem.

A possibilidade de compartilhamento do conhecimento foi a principal razão da utilização da ontologia no campo da Inteligência Artificial nos últimos anos. Ela é mais que um vocabulário padrão, pois assegura que os termos escolhidos sejam suficientes para especificar e definir conceitos e permitir relacionamentos adequados a partir da escolha terminológica realizada. É mais que uma taxonomia, pois inclui a expressão exata do domínio específico do conhecimento. De acordo com NOY and HAFNER (2000), para a comunidade de Ciência da Computação, o termo ontologia se refere a uma definição semântica, constituída de um vocabulário de termos organizados em uma taxonomia, suas definições e um conjunto de axiomas formais usados para criar novas relações e para restringir as suas interpretações segundo um sentido pretendido.

Em outras palavras, a necessidade de entendimento entre os agentes é assegurada com o uso de vocabulário comum entre as partes interessadas, que seja consistente com respeito ao especificado na ontologia. Esse acordo é chamado “Ontological Commitment” e é crucial para habilitar diferentes grupos de trabalho em várias áreas a fim de comunicar-se e compartilhar resultados.

Um exemplo de aplicação na área de engenharia pode ser a classificação de atividades e conteúdos relativos à elaboração de Diagramas de Corpo Livre, que devem aparecer em diversas disciplinas no curso, desde conteúdos de Estática, Dinâmica, Mecânica dos Fluidos a Projetos Aplicados. Tais conteúdos e atividades poderiam ser compartilhados no ensino do assunto Diagrama de Corpo Livre.

## **8. UM TUTOR INTELIGENTE PARA O ENSINO DE MECÂNICA**

Uma aplicação do sistema foi desenvolvida para as disciplinas Mecânica 1 e Mecânica 2 do curso de graduação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília.

Para implementação do Sistema Tutor Inteligente, que inclui o desenvolvimento do Módulo Tutor, Módulo de Diagnóstico, Linguagem de Definição da Árvore do Conhecimento (LDAC), e Linguagem de Definição das Estratégias de Ensino (LDEE), foram utilizados o Visual Studio 6.0, SGDB Access 2000, XML SPY 6.0, e alguns editores gráficos para edição de imagens e ícones. O programa foi compilado para rodar em servidor Internet Information Server sob sistema

operacional Windows 2000. Os conteúdos foram implementados utilizando recursos como editores de texto e geradores de documentos no formato PDF, geradores automáticos de questionários, etc...

Para a inserção da aplicação no modelo, foi criada inicialmente a *Árvore do Conhecimento*, que equivale à estruturação usando LDAC, (Figura 5), do programa da disciplina (Figura 6). Em seguida criou-se o arquivo de *Estratégia de Ensino*, usando a LDEE de acordo com a Figura 7, contendo as regras de aprendizagem expressas na forma condição-ação. Uma vez compilado o programa, o *Modulo Tutor* encontra-se apto a aplicar as regras de aprendizagem, direcionando cada Estudante de acordo com suas características idiossincráticas, Figura 8.

<b>Atividade:</b>	<b>Aula</b>
<b>modalidade:</b>	<b>a distancia</b>
<b>tipo de avaliacao:</b>	<b>booleana</b>
<b>Atividade:</b>	<b>Monitoria</b>
<b>Modalidade:</b>	<b>presencial</b>
<b>Tipo de Correção:</b>	<b>manual</b>
<b>Avaliador:</b>	<b>Tutor</b>
<b>Tipo de avaliacao:</b>	<b>booleana</b>
<b>Atividade:</b>	<b>Teste de Multipla Escolha</b>
<b>modalidade:</b>	<b>a distancia</b>
<b>numero de participantes:</b>	<b>individual</b>
<b>tipo de avaliacao:</b>	<b>nota de 0 a 10</b>
<b>tipo de correcao:</b>	<b>automatica</b>
<b>1.Introdução</b>	
	introducao.htm
<b>2. Cinemática da Particula</b>	
	cinem_part.htm
<b>2.1.Tipos de Movimento</b>	
	tiposmov.htm
<b>2.1.1. Movimento Retilíneo</b>	
	mov_ret.htm
<b>2.1.1.1 Leia o Aviso!</b>	
	Mensagem
	mens1a.htm
	desabilitada
<b>2.1.1.2 Aula Movimento Retilíneo</b>	
	Aula
	1_movim_retil.pdf
<b>2.1.1.3. Teste Movimento Retilíneo</b>	
	Teste de Multipla Escolha
	GERATESTES

Figura 5 - Trecho da *Árvore do Conhecimento* em LDAC.

<b>Programa da Disciplina Mecânica 2</b>
<b>1.0 INTRODUÇÃO</b>
<b>1.1 - Modelagem dinâmica de sistemas mecânicos;</b>
<b>1.2 - Domínio da mecânica.</b>
<b>2.0 CONCEITOS BASICOS</b>
<b>2.1 - Movimento de um ponto.</b>
<b>2.1.1 - Tipos de movimentos.</b>
⋮

Figura 6 - Trecho do programa da disciplina Mecânica 2.

Se	notade Teste de Multipla Escolha (Movimento Retilíneo) maiorque MM
então	desabilite Teste de Multipla Escolha (Movimento Retilíneo), habilite (Movimento Curvilíneo), selecione Aula (Movimento Curvilíneo), habilite Teste de Multipla Escolha (Movimento Curvilíneo), selecione Teste de Multipla Escolha (Movimento Curvilíneo).
senão	habilite Mensagem (Movimento Retilíneo), selecione Mensagem (Movimento Retilíneo), desabilite Teste de Multipla Escolha (Movimento Retilíneo), habilite ReTeste de Multipla Escolha (Movimento Retilíneo).
Se	notade ReTeste de Multipla Escolha (Movimento Retilíneo) maiorque II e notade ReTeste de Multipla Escolha (Movimento Retilíneo) menorque MM
então	desabilite Mensagem (Movimento Retilíneo), habilite Monitoria (Movimento Retilíneo), selecione Monitoria (Movimento Retilíneo), desabilite ReTeste de Multipla Escolha (Movimento Retilíneo).

Figura 7 - Trecho da Estratégia de Ensino em LDEE.

## 9. CONCLUSÕES

O modelo computacional está em fase final de elaboração, podendo-se visualizar o funcionamento de suas principais características. Estão sendo desenvolvidas ferramentas de autoria específicas para engenharia.

Do ponto de vista computacional, a ferramenta combina o uso de compiladores tradicionais com padrões internacionais o que permite sua universalização.

O modelo implementado permite uma maior interação humana no processo ensino-aprendizagem ao possibilitar o contato direto do Estudante com o Especialista em tempo de execução do processo.

Não foram ainda implementados testes do Tutor com turmas reais, os quais deverão ocorrer nos próximos semestres.

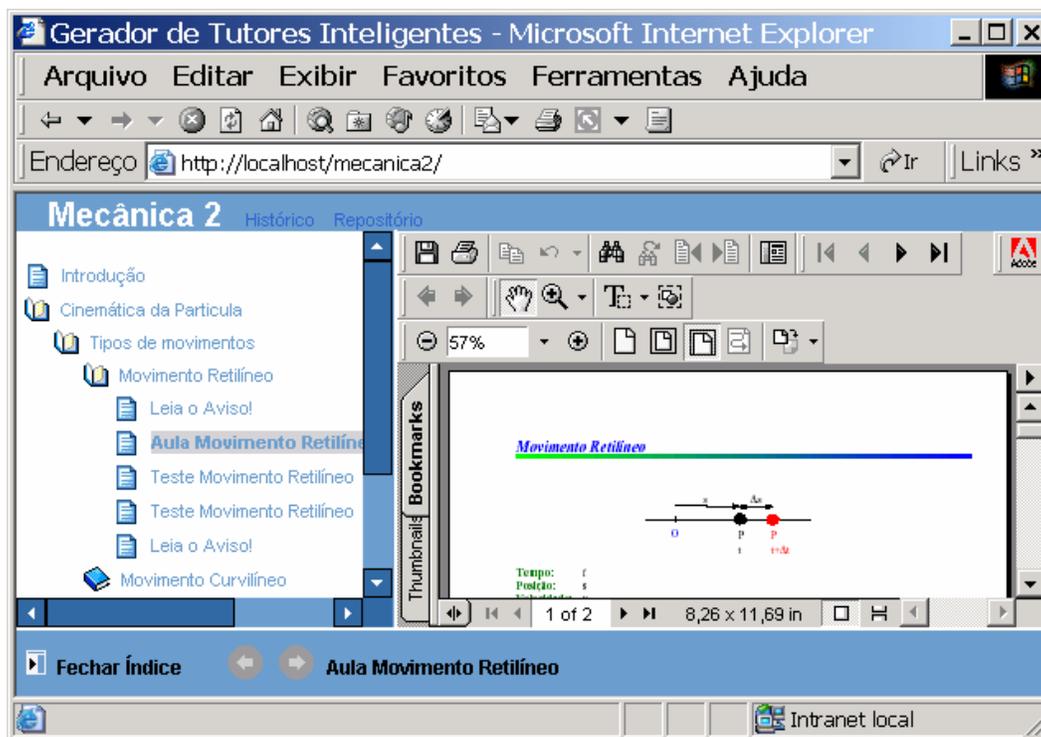


Figura 8 - Módulo Tutor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J.R. The Expert Module. In: Polson , M.C.; Richardson , J.J. editors. **Foundations of Intelligent Tutoring Systems**. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, New Jersey, chapter 2, pp. 21–52, 1988.

BARR, A., FEIGENBAUM, E.A. **The Handbook of Artificial Intelligence**. Los Altos: California, USA, 1982.

BURNS, H.L., CAPPS, C.G. Foundations of Intelligent tutoring systems: An Introduction. In Polson, M.C.; Richardson , J.J. editors, **Foundations of Intelligent tutoring systems**, chapter 1, pp 1–19. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, New Jersey, 1988.

CARVALHO, M. **Generating intelligent tutoring systems for teaching reading: combining phonological awareness and thematic approaches**. Tese de doutorado. 2000/ University of Edinburgh, Edinburgh, U.K.

FARIA, E.S. **Um Modelo para Especificação de Domínio de Conhecimento e Estratégias de Ensino para Sequenciamento de Atividades Pedagógicas em Sistemas Tutoriais Inteligentes**. 2004. Tese de Mestrado, Depto. de Ciência da Computação. Universidade de Brasília, Brasília.

IEEE. **Learning Technology Standards Committee**. IEEE P1484.12 LOM Working Group. <http://www.ltsc.ieee.org/wgl2>. June, 2004.

- IMS. **Instructional Management Systems**. <http://www.imsproject.org>. July, 2004.
- MAJOR, N. Modelling Teaching Strategies. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, 6(2/3), pp. 117-152, 1995.
- NOY, N. AND HAFNER, C. Ontological foundations for experimental science knowledge bases. **Applied Artificial Intelligence**, 14(6):565–618, 2000.
- OLIVEIRA, F. M. **Critérios de Equilíbrio para Sistemas Tutores Inteligentes**, Tese de Doutorado. 1994. CPGCC/UFRGS, Porto Alegre, Brazil.
- SLEEMAN, D.H. AND BROWN, J. S. **Intelligent Tutoring Systems**. New York, Academic Press, 1982.
- SELF, J. **Artificial Intelligence and Human Learning**. London: Chapman Hall, 1988.
- VICCARI, R., 1990, “Um Tutor Inteligente para a programação em Lógica -Idealização, Projeto e Desenvolvimento”
- VICCARI, R.; GIRAFFA, M.M. **Fundamentos de Sistemas Tutores Inteligentes**. 2003. Curso de Pós-Graduação em Computação- UFRGS: PPGCC.
- YAZDANI, M. **Intelligent Tutoring Systems: an overview**. **Artificial Intelligence and Education**. 1987. Tese de Doutorado, Universidade de Coimbra, [S.I]: Ablex, Vol.1, pp. 183-201.

## **GENERATING AN INTELLIGENT SYSTEM TUTORING WITH AN APPLIED TO MECHANICS TEACHING**

***Abstract:** This paper presents a formal model for the specification of knowledge domain structure and teaching strategies, to allow automatic sequencing of engineering pedagogical activities in intelligent tutoring systems in computer networks (Internet or Intranet). The proposed model is expansible and able to deal with different pedagogical needs, aiming at application to complex themes and environments, such as those found in university courses. The present proposal is based on the expert overlay approach for modelling the student's machine representation. In this approach the knowledge domain is represented by a hierarchical structure which will be visited through different paths for each student, depending on his or her own development and performance at the pedagogical activities. The choice of the paths is done after checking the teaching strategies on the knowledge domain, as defined by an engineering expert teacher . The proposal also incorporates concepts and practices of interoperability, interchangeability and reusability sponsored by international standardisation consortiums and entities.*

***Key-words:** first one, second one, third one (maximum: 5 key-words)*