

## Um Sistema Tutor Baseado em Agentes no Domínio da Medicina

Ig Bittencourt<sup>1</sup>, Balduino F. dos Santos Neto<sup>1</sup>, João G. M. de Menezes<sup>1</sup>, Jairo S. S. Melo<sup>2</sup>, Raphael Pinho<sup>2</sup>, Edilson Ferneda<sup>2</sup>, Evandro Costa<sup>1</sup>, Ana Paula B. Silva<sup>2</sup>, Lourdes M. Brasil<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas – Instituto de Computação

<sup>2</sup> Universidade Católica de Brasília – Centro de Ciências e Tecnologia

ibert@tci.ufal.br, balduino.fonseca@gmail.com, guilhermemm@gmail.com,  
jairossm@yahoo.com.br, raphaelpinho@gmail.com, evandro@tci.ufal.br,  
eferneda@pos.ucb.br, lmb@pos.ucb.br, anapaula@ucb.br

**Abstract.** *This work presents some results of the Project “Virtual Systems of Education and Training based on Internet for Supporting to Health Area”. In this perspective, we are enquired (i) to provide an environment of anatomical structures through the visualization, navigation and interaction in a three-dimensional and (ii) to create a medical tutoring system for human anatomy teaching. In this first moment, we are emphasizing the domain of the human skull. This work is placed in the Medical Education area for Intelligent Tutoring Systems, which it has using ontologies as a representation format of the application domain and software agents in order to assure the Student-System interaction.*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta resultados parciais do projeto "Sistemas Virtuais de Educação e Treinamento baseado na Internet Suportando a Área de Saúde". Nesta perspectiva, estamos investigando para (i) prover um ambiente de estruturas anatômicas através de visualização, navegação e interação em um modelo tridimensional e (ii) criar um sistema tutor médico para ensino sobre anatomia humana. Neste primeiro momento, estamos enfatizando o domínio do crânio humano. Este trabalho refere-se à área de Educação Médica para Sistemas Tutores Inteligentes, através da utilização de ontologias como um formalismo de representação do conhecimento do domínio da aplicação e agentes de software como entidades que interagem com os estudantes.*

### 1. Introdução

A utilização de aplicações computacionais para apoiar o processo de ensino e aprendizagem não é recente. Com a disseminação do computador pessoal, tal proposta veio a ganhar força e diversos trabalhos de pesquisa foram e têm sido desenvolvidos com objetivo de propiciar ambientes de ensino-aprendizagem mediados por computador. Tais trabalhos vieram a integrar os resultados de pesquisa que compõem uma área ampla de investigação e desenvolvimento denominada Informática na Educação (IE). O fato dos antigos sistemas educacionais não terem o poder de se adaptar ao estudante foi uma limitação que fez com que os estudiosos em Inteligência Artificial (IA) criassem os Sistemas Tutores Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems*) – STI, sistemas esses capazes de tomar decisões pedagógicas em tempo real (de execução), guiando o aluno no seu processo de aprendizado e adaptando a apresentação do conteúdo a certas características

do aluno (Costa, 1997).

O projeto onde este trabalho se insere intitula-se “Sistemas Virtuais de Ensino e Treinamento Baseados na Internet para Suporte à área da Saúde” (MCT/FINEP – Ação Transversal - *Software*, Edital 06/2004). Nesse contexto, o enfoque do projeto é voltado ao estudo das estruturas ósseo-cranianas, atendendo a demanda de educadores da área médica interessados no ensino da anatomia e da fisiologia dessas estruturas. Assim, vem-se investindo no sentido de (i) disponibilizar um ambiente de visualização volumétrica de estruturas ósseas e (ii) produzir um sistema tutor voltado para a educação em saúde para o ensino de anatomia humana.

## 2. Sistema proposto

Este sistema situa-se na área de Educação Médica mediada por Sistemas Tutores Inteligentes, servindo-se das ontologias como forma de representação da terminologia do domínio de aplicação e agentes de software como entidades que interagem com os estudantes. Além disso, o sistema possui uma abordagem baseada na Web.

### 2.1. Arquitetura

Na Figura 1 é apresentada a arquitetura do sistema tutor, seguindo o Modelo MATHEMA (Costa, 1997). Tal sistema foi desenvolvido levando em consideração o Framework Jade<sup>1</sup> e a Plataforma ForBILE – Framework for Building Interactive Learning Environments (Bittencourt, 2006). Jade foi escolhido por implementar os padrões de interoperabilidade para comunicação entre agentes (FIPA), além da credibilidade adquirida através da utilização por diversos grupos de pesquisa. O ForBILE foi utilizado pelas facilidades providas na construção de ambientes educacionais através de uma abordagem multi-agentes.

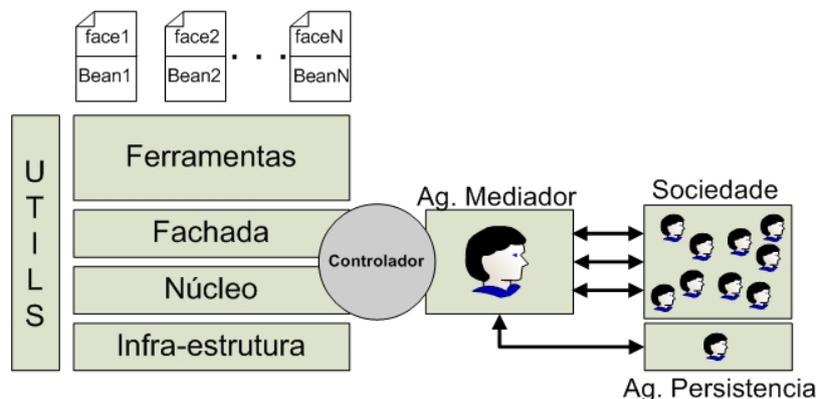


Figura 1. Arquitetura proposta

As camadas Infra-estrutura, Núcleo, Fachada, *Utils* e Ferramentas não são descritas neste artigo, pois não é o foco, podendo para isso consultar (Bittencourt, 2006). O foco do artigo encontra-se na descrição dos agentes/ontologias e sua aplicação no domínio de Anatomia Óssea do Crânio.

A **Interface do Usuário** representa a ligação entre o *Aprendiz Humano* e a aplicação. As características presentes no Sistema Tutor são mostradas na Figura 2. O ponto

<sup>1</sup> Java Agent DEvelopment.

de acesso entre a plataforma e a aplicação equivale a um agente controlador que faz a comunicação do agente mediador com a fachada/núcleo da aplicação. Além disso, o agente controlador possui várias responsabilidades no ambiente, sendo elas: (i) construir todos os agentes quando o ambiente é iniciado, (ii) adicionar e remover agentes da sociedade e (iii) adicionar, remover e atualizar <Serviço, Habilidade> de cada agente.

Apesar de o **Agente Mediador** possuir várias funcionalidades no ambiente, ele equivale a um agente reativo simples. As funcionalidades presentes neste agente podem ser divididas em três: (i) gerenciar os agentes tutores autônomos da sociedade de agentes, (ii) garantir a comunicação entre os agentes da sociedade, permitindo aos agentes solicitarem ao agente mediador qual agente tem habilidade para determinada tarefa e (iii) recomendação de acordo com as necessidades do agente solicitante, ou seja, este agente informa qual agente SATA irá ensinar ao estudante em dado momento e como pode ser o processo de resolução de problemas distribuído. É através dos serviços disponibilizados nas páginas amarelas que o agente mediador tem informações sobre as habilidades dos agentes.

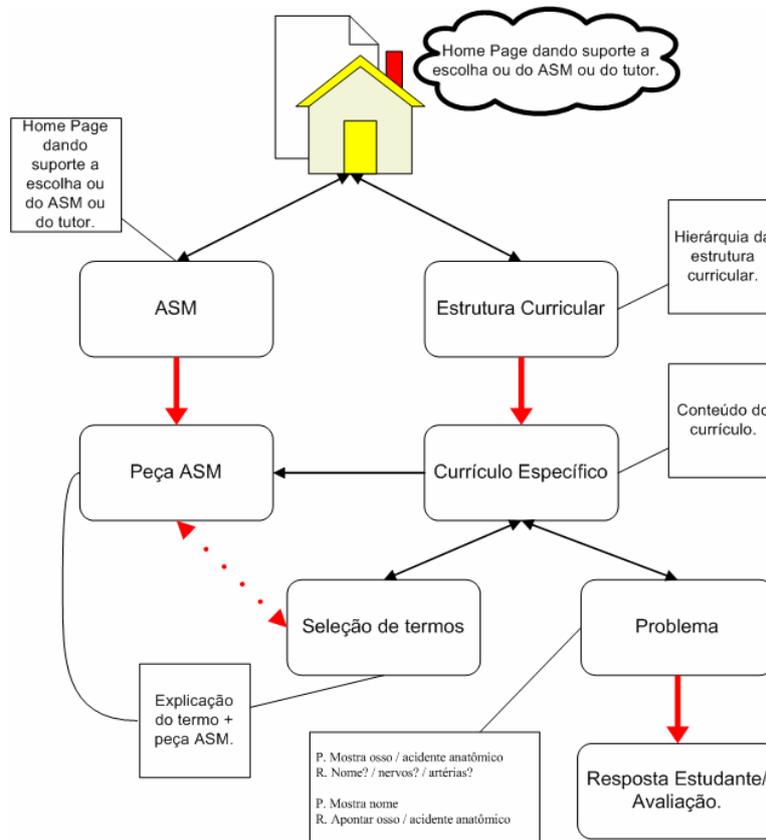


Figura 2. Diagrama Web

Na **Sociedade de Agentes**, dois tipos de agentes são identificados:

1. *Agentes Tutores Autônomos (ATAs)*: ATA é responsável pelo conhecimento sobre os aspectos cognitivos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Dentre as preocupações referentes ao modelo do domínio, citam-se: (i) *Resolução de Problemas*: característica importante que pode estar presente na construção de sistemas educacionais; (ii) *Informações de tutoria*: equivale a características sobre o que será ensinado, como será ensinado e para quem será ensinado, ou seja, as características

concernentes a um STI. SATA possui uma coleção de agentes que podem cooperar entre si a fim de promover a aprendizagem de um dado aprendiz em atividade de resolução de problema. Cada Agente Tutor (AT) da sociedade possui uma arquitetura interna de um sistema tutor inteligente clássico;

2. *Agente Pedagógico*: O agente pedagógico tem a função de acompanhar o estudante na resolução de problemas de anatomia. Este agente, após o aluno responder questões relacionadas ao tema de estudo, faz uma avaliação das respostas dos estudantes e, com isso, gera um diagnóstico para ser enviado ao estudante.

Os **Agentes de Persistência** (AP) são responsáveis pela persistência dos dados e recuperação do conhecimento das interações dos diversos papéis presentes na plataforma. Os APs presentes no sistema médico encapsulam em sua estrutura uma ontologia específica. Com isso, o sistema possui três agentes de persistência, sendo eles:

1. *Agente EMATHEMA*: é responsável por persistir os dados referentes aos modelos do domínio, estudante e pedagógico. Os modelos equivalem à abordagem clássica de sistemas tutores inteligentes. Além disso, tais modelos são organizados segundo uma ontologia educacional (Bittencourt et al, 2006);
2. *Agente de Interação*: agente que permite a persistência de dados inerentes à interação entre os agentes no ambiente médico;
3. *Agente Auxiliar*: O agente auxiliar é responsável por fazer consultas de conteúdo de anatomia em uma ontologia OWL. A principal interação que ocorre com este agente é com o agente pedagógico, que solicita dicas para o agente auxiliar.

Objetivando a interação dos agentes e a disponibilização de um sistema médico personalizado, algumas especificações devem ser feitas. Para isso, três ontologias foram desenvolvidas de modo a garantir o STI com as características anteriormente abordadas: uma ontologia do modelo pedagógico, plano instrucional e a de comunicação. Abaixo são descritas as ontologias.

## 2.2. Ontologias

A modelagem da ontologia educacional tem foco através de uma visão dimensional (visão externa) sobre este domínio, a qual ajudará o seu posterior particionamento (conduzindo a uma visão interna). A visão externa equivale a uma interpretação de um dado domínio de conhecimento, enquanto a visão interna equivale a um particionamento do domínio. Tal investimento de modelagem conduziu a uma visão tridimensional associada ao domínio, onde as dimensões são:

1. *Contexto*: que equivale a um ponto de vista sobre um domínio de conhecimento, ou seja, representa uma dentre as várias interpretações de um domínio;
2. *Profundidade*: é concernente a alguma forma de refinamento na linguagem de percepção, ou seja, a estratificação dos vários níveis epistemológicos de percepção do objeto de conhecimento em apreciação;
3. *Lateralidade*: diz respeito aos conhecimentos afins de suporte a um dado objeto de conhecimento do domínio alvo, proveniente duma visão particular de contexto e profundidade, constituindo-se, no escopo do presente trabalho, em pré-requisitos da referida unidade.

Cada partição de *D* origina subdomínios, os quais passam a ser mapeados em estruturas curriculares. Uma visão interna do currículo é composta por unidades pedagó-

gicas( $up$ ), da forma  $Curric = \{up_1, up_2, \dots, up_n\}$ , onde  $Curric$  denota um currículo, considerando que cada  $up_i$  denota uma unidade pedagógica do  $Curric$ . Estas unidades estão relacionadas segundo uma ordem definida com base em critérios pedagógicos. A cada  $up_i$  corresponde um conjunto de problemas, isto é,  $Pu_i = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ . A cada problema, está associado um conhecimento de suporte à sua resolução, incluindo basicamente conceitos e resultados que servem para ajudar o aprendiz humano durante o processo de resolução, isto é,  $P_k = \{ks_1, ks_2, \dots, ks_n\}$ .

Cada par  $\langle C_i, P_{ij} \rangle$ , onde  $C =$  Contexto e  $P =$  Profundidade, define um subdomínio  $d_{ij}$  a ser tratado no escopo de um agente tutor  $AT_{ij}$ . Em cada um dos AT, o domínio  $d_{ij}$  é abordado em termos da estruturação pedagógica, segundo o seguinte esquema: (i) ao subdomínio  $d_{ij}$  é associado um *curriculum*; (ii) ao *curriculum* é associada uma seqüência de Unidades Pedagógicas (UP), ordenadas por pré-requisito e grau de dificuldade; (iii) cada UP é constituída por um conjunto de problemas e a cada problema estará associado um conjunto de Unidades de Conhecimento (UC) que dão suporte à solução; (iv) para cada UC estão associados seus respectivos conhecimentos de suporte: (a) apresentação teórica, (b) visualizações gráficas, (c) informações complementares, (d) testes e suas respostas. Desta forma, neste trabalho, tem-se sete (7) AT, conforme a Tabela 1.

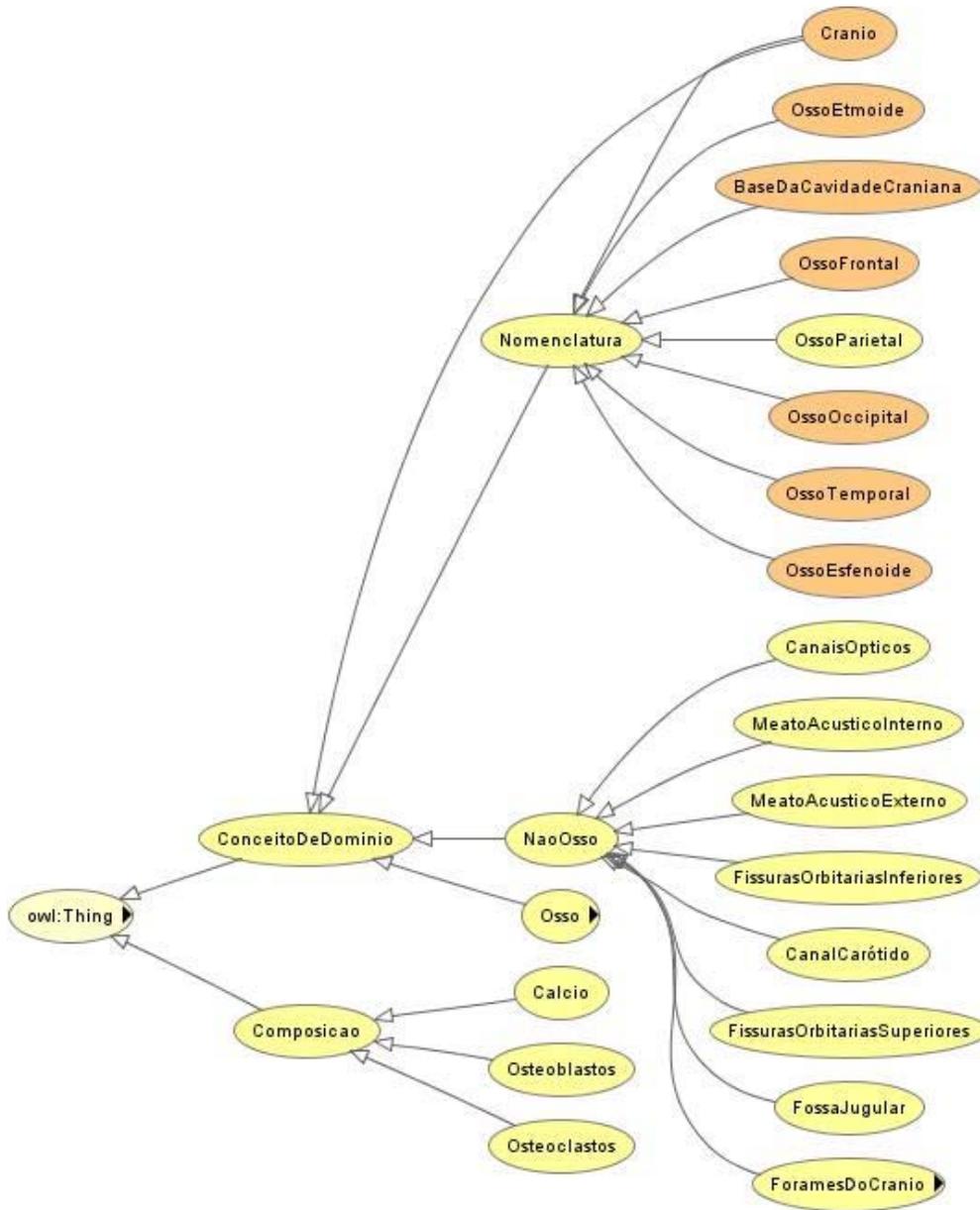
**Tabela 1. Dados do domínio de Anatomia**

Item	Estilo
Domínio	Anatomia Óssea (Esqueleto)
Contexto <sub>1</sub>	Crânio
Profundidade <sub>1</sub>	Abóbada craniana
Profundidade <sub>2</sub>	Base da cavidade craniana
Profundidade <sub>3</sub>	Face
Profundidade <sub>4</sub>	Palato ósseo
Profundidade <sub>5</sub>	Órbita
Profundidade <sub>6</sub>	Passagens através do crânio
Profundidade <sub>7</sub>	Seios paranasais
...	...

A definição das UP foi realizada, em conjunto com o especialista, levando em consideração a identificação de tarefas e questões de competência realizada para a modelagem da ontologia. Desta forma, para o primeiro agente ( $AT_{11}$  – Abóbada Craniana), por exemplo, temos como UP cada um dos ossos que a compõem: Frontal, Parietais, e Occipital. Em cada um desses ossos (UPs), são consideradas como UC sua apresentação teórica e seus detalhes específicos, tais como forames. As informações de base para essas UCs é a ontologia do domínio. O conteúdo disponibilizado poderá ser visualizado: (i) de uma forma tradicional, a saber, através de hipertexto, onde cada conceito (descrição dos ossos ou seus detalhes específicos) apresentado poderá ser eventualmente visualizado graficamente, ou (ii) diretamente a partir do modelo gráfico do crânio, onde o conteúdo é acessível pelo acionamento de suas áreas sensíveis correspondentes a cada um dos ossos visíveis num determinado ponto de vista. A Figura 3 apresenta uma parte da ontologia construída em Protégé para o domínio da Anatomia Óssea do Crânio.

O domínio modelado foi incorporado ao sistema tutor, cuja interface é apresentada na Figura 4, que representa o texto apresentado por um AT. Observe que existem diversas palavras em *itálico*. Isto ocorre porque o sistema avalia quais são os termos existentes no texto e com isso mapeia-os em *links* para que o estudante possa clicar e ver detalhes sobre aquele assunto, numa navegação tradicional em hipertexto. Além disso, o estudante tem o recurso de explorar o conteúdo a partir de visões tradicionais presentes

em atlas de anatomia (visões anterior, interior, lateral, superior e inferior) ou de um modelo 3D (ver Figura 4). Selecionando uma parte da anatomia, o conteúdo correspondente pode ser visualizado. Essa visualização apóia-se no módulo ASM (Ambiente de Simulação Médica), responsável por disponibilizar o modelo 3D do crânio, oferecendo funcionalidades de Realidade Virtual. Este módulo fora realizado em duas etapas: (i) captação do modelo e (ii) implementação do ambiente de realidade virtual. Além disso, a cada unidade pedagógica está associado um conjunto de testes para avaliação de retenção do conteúdo pelos alunos.



**Figura 3. Um conjunto simplificado da ontologia do domínio**

O protocolo de comunicação usado pelos agentes foi definido no sistema. Tal protocolo foi especificado através de uma ontologia utilizando o Protégé. Esta ontologia é composta por uma tripla, que são: Agente (informações básicas sobre os agentes), Serviços (providos por cada agente no sistema) e Habilidade (presente em cada par <Agente, Serviço>). Cada agente no sistema é um indivíduo na ontologia. Adicionalmente, tal

ontologia tem informação sobre a implementação, como o nome do pacote e classes referentes a cada serviço/habilidade. Com esse aspecto, se algum serviço/habilidade tem mais de uma implementação, uma implementação “default” é definida na ontologia. Em outras palavras, esta ontologia permite inversão de controle no sistema.

### 2.3. Modelo 3D

O modelo de visualização (Figura 4) foi construído em Borland Visual C++. Tal ambiente foi utilizado pelo sistema através da construção de um arquivo de OCX que foi encapsulado na *Interface Web*. O modelo não possui nenhuma relação com o sistema educacional, ou seja, não requisita nenhum tipo de serviço aos agentes do arcabouço.

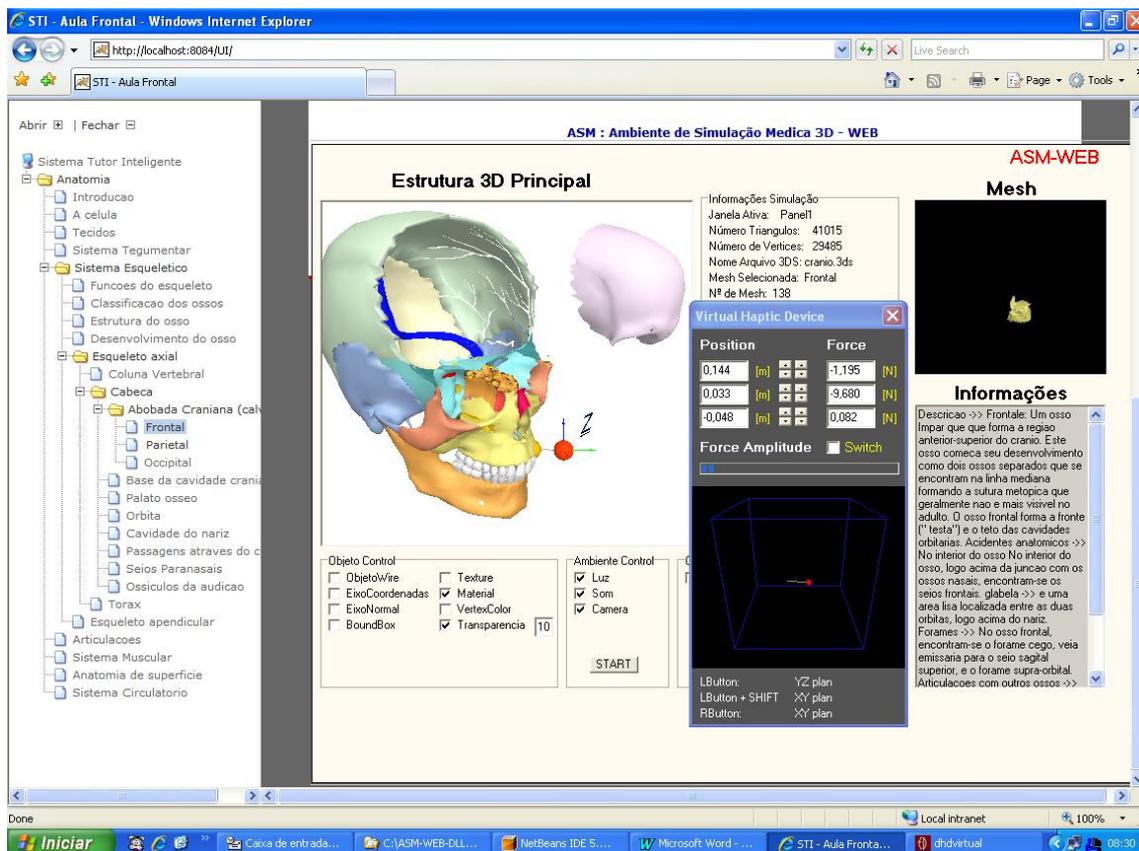


Figura 4. Ambiente Web do sistema tutor

Os procedimentos de modelagem foram realizados usando o programa *3D Slicer* (Slicer, 2006), *software* livre para pesquisa, de código aberto, disponível para visualização, registro, segmentação e quantificação de imagens médicas (Villamil *et al.* 2005). No *software*, constrói-se o modelo tridimensional a partir de tomografias computadorizadas e ressonâncias magnéticas, especialmente configuradas em formato DICOM. Para refinar e reparar os volumes gerados pelo *Slicer*, foi utilizado o *software* de modelagem 3D *Studio Max*. O *Slicer* gera um modelo .vtk, formato não compatível com o *3D Studio*. Utiliza-se então o conversor PolyViz, que converte o .vtk em um .obj, que pode ser facilmente importado para o *3D Studio*.

Para a implementação do ambiente de realidade virtual, foi estudada uma biblioteca *open source* CHAI 3D, disponibilizada pelo grupo de estudo de Robótica da Universidade de Stanford (USA), que é destinada ao desenvolvimento de aplicações de in-

teração, visualização e negação de ambiente de Realidade Virtual (RV) (Chai3D, 2006) Esta biblioteca provê facilidades na visualização de modelos 3D, simulação interativa, interfaces e comunicações hápticas. Com a utilização dessa biblioteca básica, novas rotinas foram desenvolvidas para atingir o objetivo deste projeto, isto é, manipular um modelo do crânio para ser usado no ensino da anatomia.

O protótipo do ASM desenvolvido até então apresenta funcionalidades da interface com o usuário com diferentes visões para o mesmo modelo 3D. Os controles de ambiente, como cores de *background*, *zoom* na figura, posicionamento da câmera e disponibilização de informações relacionadas ao modelo foram também implementadas.

### 3. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este artigo abordou a construção de um STI em anatomia óssea do crânio. A construção do STI multiagentes seguiu o modelo MATHEMA usando ontologia como recurso de conceitualização/especificação do domínio. A ontologia do domínio de anatomia e a Meta-Ontologia foram desenvolvidas em *Protégé*. Além disso, a definição de todos os agentes envolvidos no ambiente já está especificada.

Com o sistema proposto, espera-se ter contribuído para a área de informática na educação, em sistemas tutores médicos. A originalidade do trabalho equivale a utilização de duas abordagens de ensino, através de um modelo 3D e um modelo textual, sendo abordados através de agentes e ontologias. Além disso, tal sistema utilizou modelos e plataformas robustas no desenvolvimento. O sistema vem sendo experimentado com alunos da área de Saúde no âmbito da disciplina relativa à Anatomia Humana.

Como trabalhos futuros, pretendemos finalizar o desenvolvimento dos agentes e sua validação. Esforços vêm sendo despendidos também no sentido de uma efetiva integração do modelo 3D com a ontologia do domínio.

### Referências

- Bittencourt, I. I.; Nunes, C.; Costa, E. de B.; Tadeu, M.; Bezerra, C. (2006). Um Sistema de Autoria para Construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem baseado em Agentes. In: *Anais do XVII SBIE*, p. 487-496, Brasília.
- Bittencourt, I. I. (2006). Plataforma para construção de ambientes interativos de aprendizagem baseados em agentes. Dissertação de Mestrado, UFAL.
- Chai3D (2006). The Open Source Haptics Project. [<http://www.chai3d.org/index.html>].
- Costa, E. de B. (1997). Um Modelo de Ambiente Interativo de Aprendizagem Baseado numa Arquitetura Multi-Agentes. Tese de Doutorado, UFP, Campina Grande.
- Protégé. (2000), Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System. Disponível em <http://protege.stanford.edu>.
- Slicer (2006). 3D Slicer: Medical Visualization and Processing Environment for Research. [<http://www.slicer.org/>].
- Villamil, M. B.; Nedel, L. P.; Freitas, C. M. D. S.; Maciel, A. (2005). A model to Simulate the Mastication Motion at the Temporomandibular Joint. In: *SPIE MEDICAL IMAGING 2005 – Physiology, Function, and Structure from Medical Images*, Vol. 6. San Diego.