

Implementando um mecanismo de processamento de conhecimento em um ambiente de aprendizado baseado na Web

Ricardo Duarte Taveira¹, Antonio Mauro Barbosa de Oliveira² e Roberto Wagner Silva Rodrigues³

Abstract — *The evolution of paradigm's related to epistemology, didactic and cognitive science has allowed the implementation of computational model's called cognitive architecture. This article describes an implementation of a cognitive architecture with the objective of increasing and sharing the constructed knowledge based on PBL (Problem-Based Learning). The architecture is used as a knowledge processing strategy in an learning environment that uses web technology, called INVENTE, which is integrated to a knowledge processing system called WITTY. While the WITTY system allows the making of applications of wide spectrum, particularly learning systems, the INVENTE is a WBLE (Web-Based Learning Environment) designed to support distance learning in technological teaching schools using Internet. Our cognitive architecture is implemented by incorporating the INVENTE functionalities, such as dynamic navigation, virtual environment metaphor, meaning and collaboration, and video conference together with WITTY knowledge acquisition capabilities. These functionalities can be used remotely via WEB SERVICES protocols (SOAP, WSDL, UDDI).*

Index Terms — *Artificial Intelligence, Cognitive Architecture, Distance Learning, Web Based Learning Environment, Web Services.*

I. INTRODUÇÃO

A pesquisa da utilização de ambientes de aprendizagem e ensino baseados na tecnologia Web têm sido objeto de estudo a partir dos serviços oferecidos pela Internet através do HTTP (Hiper Text Transfer Protocol)[1]. A maioria dos ambientes de WBLE (Web Based Learning Environment) têm como característica fundamental a oferta de conteúdos disponibilizados na forma de hipertextos[2].

Tal característica é insuficiente se considerarmos os conceitos e modelos que despontam a partir de uma análise dos processos envolvidos na aprendizagem e no ensino. Tais processos têm seus conceitos abordados na Epistemologia e nas Ciências Cognitivas (Psicologia Cognitiva, Didática e Ciências da Computação)[3].

O momento atual em que vivemos exige do profissional um novo perfil que exige uma série de competências,

principalmente relacionadas a capacidade de desenvolver projetos, resolver problemas e a capacidade de aprender a aprender. Tais competências só são possíveis a partir da melhoria dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. A incorporação de uma arquitetura cognitiva [4] a um ambiente de WBLE cria um diferencial na medida em que transforma a informação em conhecimento. A partir dessas considerações, este trabalho propõe que ambientes WBLE devam agregar funcionalidades a fim de prover suporte a uma abordagem educacional que utilize uma representação do conhecimento elaborado, de modo a incrementar o processo de aprendizagem. Essas funcionalidades propostas podem ser viabilizadas a partir da agregação de novas tecnologias para Web e de softwares para processamento do conhecimento. Em particular apresentamos uma proposta para ensino tecnológico a distância dentro do contexto do projeto INVENTE (INVESTIGação no Ensino TECNológico à Distância).

II. AMBIENTE DE ENSINO TECNOLÓGICO A DISTÂNCIA – O CASO INVENTE

O Projeto INVENTE como uma solução para o ensino tecnológico a distância tem sido objeto de pesquisa no LAR (Laboratório de Redes) no Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE). Como produto do projeto, vários protótipos foram desenvolvidos, os quais têm evoluído através de várias versões descritas a seguir.

INVENTE 1.0

O Projeto INVENTE teve início com a investigação dos requisitos que diferenciam o ensino tecnológico do ensino convencional a distância[5]. Concluiu-se que a arquitetura inicial teria que considerar alguns pressupostos básicos que um ambiente para a educação tecnológica a distância deveria incorporar:

- Pressuposto 1: Os sistemas elaborados para a educação profissional a Distância podem e devem beneficiar-se do aporte da tecnologia de Realidade Virtual.

¹ Ricardo Duarte Taveira, Mestrando, (Mestrado Profissional de Informática Universidade Estadual do Ceará -UECE), Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Ceará - CEFET-CE, Av. 13 de Maio, 2081, 60.040-531, Fortaleza, CE, Brasil, taveira@cefetce.br.

² Antonio Mauro Barbosa de Oliveira, Doctie Paris IV, Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Ceará - CEFET-CE, Av. 13 de Maio, 2081, 60.040-531, Benfica, Fortaleza, CE, Brasil, mauro@cefetce.br.

³ Roberto Wagner Silva Rodrigues, PhD Imperial College, Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Ceará - CEFET-CE, Av. 13 de Maio, 2081, 60.040-531, Fortaleza, CE, Brasil, rwsr@cefetce.br.

- Pressuposto 2: É desejável que um sistema para a educação profissional a distância faça uso da capacidade de controle de QoS das redes, onde for possível.
- Pressuposto 3: É desejável que um sistema voltado para a educação profissional a distância utilize os recursos de vídeo e áudio sempre que necessário, garantindo uma qualidade mínima.
- Pressuposto 4: É desejável que um sistema para a educação profissional a distância permita a agregação de programas específicos das áreas de maneira amigável.
- Pressuposto 5: É desejável que um sistema para a educação profissional a distância possibilite a criação de novos ambientes não previstos na sua concepção original, de modo a se adequar à diversidade de instituições de ensino básico, técnico e tecnológico.

Esta versão 1.0 assume então como pressupostos básicos: o uso da realidade virtual, a exploração de recursos de áudio e vídeo, a utilização de infra-estrutura com provisão de qualidade de serviço (QoS) e a possibilidade de agregação de aplicações de domínio específico e de outras não previstas durante a concepção do ambiente virtual.

INVENTE 2.0

A introdução de programas de Educação a Distância despendem grandes quantidades de recursos (tempo e dinheiro) no treinamento de habilidades sobre novos aspectos técnicos e administrativos, o que não é suficiente. Há a necessidade ainda de desenvolver habilidades para gerenciar outras dimensões do novo ambiente à distância, tais como a *navegação dinâmica*, a *metáfora*, o *significado*, a *cultura*, os *protagonistas e seus papéis*, o *tempo e o espaço*, a *consciência* e a *colaboração*.

Na proposta da versão 2.0 foi realizada uma reflexão sobre estes conceitos, chamados de dimensões críticas da Educação Tecnológica a Distância, dos quais ressaltamos como principais: a adaptação cultural, a exploração adequada dos sentidos e a flexibilização do ambiente virtual [6].

Como resultado dessa reflexão, a proposta da arquitetura da versão 2.0 foi concebida dentro de uma perspectiva mais conceitual e não de uma visão orientada somente à tecnologia. Isto levou a implementação de um Núcleo de Gestão que substitui o bloco “Framework WWW” da arquitetura anterior.

O Núcleo de Gestão é baseado em tecnologia Web e é responsável pela administração dos recursos do ambiente, pela gerência da base de dados, manutenção e administração das publicações e pelo controle de acesso aos recursos. A *Interface de Operação e Navegação*, contida no núcleo de gestão, fornece a interface necessária entre os usuários e os recursos do ambiente. As aplicações foram divididas em *aplicações genéricas e de domínio específico*, visando tornar mais clara a possibilidade da arquitetura agregar diferentes

aplicações, sem induzir a predefinição de um tipo particular ou tecnologia a ser utilizada.

INVENTE 3.0

A versão 3.0 [7] foi implementada após investigarmos as principais características de uma aplicação de videoconferência, onde chegou-se a conclusão de que outras funcionalidades precisavam ser agregadas a uma videoconferência padrão para que ela atendesse aos propósitos da educação tecnológica à distância. As principais funcionalidades agregadas foram:

- Capacidade de apresentação e manipulação de hipermídias: a transmissão em tempo real de documentos hipermídia entre os participantes de uma videoconferência enriquece a interação.
- Uso de laboratórios virtuais para realização de experiências e simulações: o uso da realidade virtual é um dos pressupostos do ensino tecnológico ressaltadas em [1]. Realizar experimentos em um ambiente de educação a distância não é uma tarefa simples. Uma das formas encontradas para realização de experiências de forma colaborativa à distância é através de simulações utilizando realidade virtual.
- Priorização no uso dos Recursos: é importante que as mídias transmitidas durante uma videoconferência possam ter níveis diferentes de prioridade. No ambiente de videoconferência proposto, o foco das atenções não é o áudio e o vídeo do transmissor, mas sim o funcionamento do ambiente como um todo na tentativa de promover o melhor aprendizado possível.

Com esta versão 3.0 e suas novas funcionalidades agregadas, e o fato da ferramenta ter sido construída numa abordagem conceitual, o INVENTE passou a incorporar recursos tecnológicos que permitem dar suporte a novas práticas pedagógicas o que nos levou a constatar que para viabilizar essa possibilidade é necessário uma reflexão dos processos envolvidos na cognição dentro de um contexto de ensino tecnológico.

III. A ANÁLISE COGNITIVA

Em geral, o cerne das atividades escolares encontra-se na produção de significações. Esse processo é alimentado de informações e dados provenientes de seu exterior, os quais foram acumulados historicamente e/ou gerados continuamente, em permanente transformação, procurando construir e/ou desenvolver o conhecimento e a inteligência das novas gerações[8].

As mudanças tecnológicas nos processos de trabalho industrial exigem uma reorganização da escola, no sentido da diminuição da importância das habilidades manuais em favor das habilidades cognitivas. Há portanto a necessidade de rever a concepção de conhecimento, o qual tem suas raízes na Epistemologia, onde é concebido como uma rede de significados em um espaço de representações; uma teia de relações cuja construção não se inicia na escola[8].

A idéia de rede de significados tem sido abordada pelas Ciências Cognitivas, que abrangem, dentre outras áreas de interesse, a Inteligência Artificial, a Psicologia Cognitiva e a Neurociência. Cada uma destas áreas tem contribuído com modelos computacionais construídos para aumentar a compreensão sobre a cognição humana[8], tais como Redes Semânticas, Sistemas de Produção e Redes Conexionistas[3].

Porém, antes de definir qualquer modelo computacional há a necessidade de se caracterizar níveis de cognição. A Pirâmide Informacional[9] (Figura 1) é um modelo que pode servir como instrumento para avaliar estes níveis de cognição num ambiente educacional. Isto nos permite evidenciar a necessidade de considerar conjuntamente componentes como dados, informação, conhecimento e inteligência, bem como o movimento de ir-e-vir, de sobe-desce, desce-sobe, que caracterizam as inter-relações entre tais componentes.

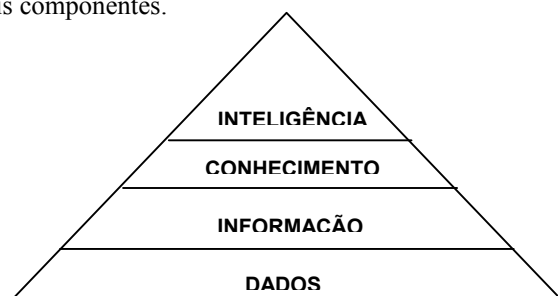


FIGURA 1
PIRÂMIDE INFORMACIONAL

Os níveis da pirâmide são caracterizados a seguir:

- Primeiro Nível - Dados : Os dados tanto qualitativos como quantitativos, às vezes acumulados sob a forma de supostas observações “desinteressadas”, embora potencialmente úteis, isolados são desprovidos de interesse.
- Segundo Nível – Informações : Informações são dados analisados, processados, inicialmente articulados. Apesar da informação ser uma matéria-prima fundamental na escola, o cerne das atividades desenvolvidas na escola não estão situadas nesse nível.
- Terceiro Nível – Conhecimento : O conhecimento é resultado da capacidade de estabelecer conexões entre elementos informacionais aparentemente desconexos, processar informações, analisá-las, relacioná-las, armazená-las, organizá-las em sistemas, avaliá-las segundo critérios de relevância.
- Quarto Nível – Inteligência : Este nível representa a competência de uma organização (um indivíduo, uma empresa, uma organização social, um governo) para administrar conhecimentos disponíveis, construir novos conhecimentos, administrar dados ou informações disponíveis, organizar-se para produzir novos dados e informações, sempre em razão de uma ação intencional tendo em vista atingir objetivos previamente traçados, ou seja, visando a realização de um projeto. A

inteligência encontra-se diretamente associada à capacidade de ter projetos; a partir deles, dados, informações, conhecimentos são mobilizados ou produzidos.

A partir da análise da Pirâmide Informacional podemos concluir que :

- Os dois níveis iniciais da Pirâmide Informacional (Dados e Informação) caracterizam uma Didática e uma Epistemologia behaviorista enquanto que os demais Níveis (Conhecimento e Inteligência) caracterizam uma Didática e um Epistemologia sócio-construtivista;
- Para alcançar os níveis superiores da Pirâmide Informacional deverá ser adotado uma abordagem educacional que viabilize o seu alcance.

Sendo o INVENTE um ambiente para o ensino tecnológico que é caracterizado por atividades direcionadas a resolução de problemas e desenvolvimento de projetos[5][10], é desejável que incorpore funcionalidades que atendam a requisitos relacionados a estas características.

Dentre as várias abordagens educacionais que viabilizam o alcance de níveis cognitivos que caracterizam a produção de projetos destaca-se a Aprendizagem Baseada em Problemas[11].

IV. APRENDIZAGEM BASEADAS EM PROBLEMAS

A Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning/PBL) têm se firmado como uma das mais importantes inovações no campo da educação tornando-se em diversos países, um poderoso instrumento para a reflexão e o questionamento acerca da razão de ser, das finalidades da formação profissional e das mudanças que a ela devem ser imprimidas. PBL produz no processo de aprendizagem dos estudantes, os seguintes efeitos cognitivos:

- Ativação do conhecimento prévio – A análise inicial do problema estimula a recuperação de conhecimentos adquiridos previamente. O conhecimento prévio facilita a compreensão das novas informações.
- Reestruturação do Conhecimento – A maneira como o conhecimento é estruturado na memória torna-o mais ou menos acessível para utilização. A reestruturação do conhecimento se dá a partir da análise do problema. O conhecimento consiste de proposições que são estruturadas em redes semânticas. Uma proposição é uma afirmação que contém dois conceitos e sua inter-relação. Redes semânticas[12] consistem em um amplo número de proposições que se inter-relacionam umas com as outras. A Retenção das informações é melhor quando estão associadas a situações ou domínios de conhecimento que é familiar ao aprendiz. A lembrança é melhor daquilo que é pesquisado, ou da informação que resultou de um esforço ativo de interpretação[13].
- A elaboração sobre os conhecimentos prévios – Processamento ativo das novas informações e da discussão em pequenos grupos antes e depois da aquisição de novos conhecimentos. A elaboração

enriquece as redes semânticas desenvolvidas facilitando a recuperação do conhecimento.

- Aprendizagem em um contexto – O armazenamento de informações na memória e a sua recuperação podem ser significativamente aprimorados grandemente, quando ocorre uma elaboração do material durante o seu aprendizado. O problema serve como uma estrutura para armazenagem de pistas que podem auxiliar a recuperação de conhecimentos relevantes, quando necessários para problemas similares encontrados posteriormente.
- A motivação para aprender aumenta a quantidade de estudo – Como os estudantes são responsáveis pelo que deve ser aprendido, a motivação intrínseca para a aprendizagem cresce.

A criação de uma nova versão do INVENTE propõe a agregação de mecanismos computacionais à atual arquitetura, justificados aqui a partir de uma análise epistemológica e cognitiva bem como na abordagem de aprendizagem baseada em problemas. O projeto da nova versão oferece um suporte a uma prática educacional que irá viabilizar um incremento do aporte cognitivo do aprendiz a partir de uma abordagem construtivista baseada em PBL.

V. INVENTE 4.0

A nova versão 4.0 (Figura 2) pressupõe a incorporação de uma interface para a diagramação de Redes Semânticas, produto da estruturação do conhecimento conduzido pelos aprendizes na metodologia do PBL, e do posterior armazenamento da rede semântica em uma base de conhecimento no servidor Witty usando WebServices.

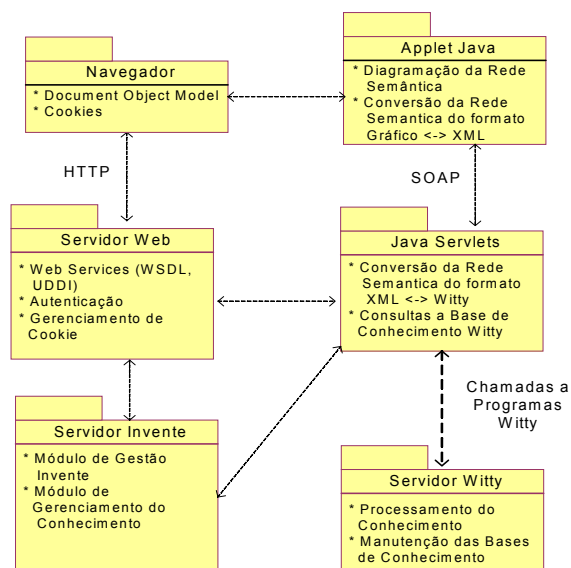


FIGURA 2

VISÃO LÓGICA DA ARQUITETURA DO INVENTE 4.0

A Rede Semântica que representa o conhecimento é traduzida em mensagem no formato XML[14] o qual é enviada ao servidor e em seguida é convertida para a representação em Lógica de Predicados[15].

Como uma Rede Semântica é uma classe de formalismo para representação do conhecimento em forma de grafo, na proposta da implementação do INVENTE 4.0, Redes Semânticas serão utilizadas para representar o modelo do conhecimento pelo aluno usando a interface Web. Os Nós do grafo representam entidades e links (predicados) que por sua vez representam relacionamentos entre essas entidades[16]. Observar que inicialmente usada para desenvolver um modelo psicológico da memória associativa humana[17][18], Redes Semânticas são úteis para codificar o conhecimento taxonômico de um domínio através de entidades, suas propriedades e relações[19]. O conhecimento incorporado em uma Rede Semântica pode ser convertido para Lógica de Primeira Ordem[19].

O emprego da Inteligência Artificial em aplicações de educação ocorre basicamente onde o computador funciona como máquina de ensinar (Tutores Inteligentes), ferramenta, simulador, assistente(Sistema Especialista)[20][21]. No INVENTE 4.0 será agregado a ferramenta Witty que é um software testado e estabilizado[22] desenvolvido para executar as tarefas de uma Máquina de Inferência que opera Bases de Conhecimento concebidas segundo a Lógica de Predicados.

A Ferramenta Witty é um ambiente de desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, que permite a confecção de aplicações de amplo espectro, particularmente sistemas voltados ao aprendizado, organização de informações e aquisição de conhecimento. Para isso, dispõe de uma máquina de inferência que permite efetuar deduções sobre uma ou mais bases de conhecimento, de um conjunto de centenas de primitivas em uma linguagem ao estilo do Prolog, de um processo de casamento de padrões e de métodos comunicação com outros processos ou com a Internet [23].

Além da Ferramenta Witty será agregada a tecnologia WebServices[24], o qual tem sido apontada como solução para atender requisitos principalmente ligados a processamento distribuído, segurança e interoperabilidade. Web Services são componentes de software que são acessados de qualquer dispositivo conectado a Web usando um conjunto de protocolos de mensagens, padrões de programação, e facilidades de rede para registrar e descobrir recursos. Mais detalhadamente, um Web Service encapsula um processo discreto de uma organização que:

- (i) Se expõe e descreve-se – Um Web Service define suas funcionalidades a atributos assim outra aplicação pode entendê-lo, e tornar essas funcionalidades facilmente disponíveis para outras aplicações usando WSDL (Web Services Description Language)[25].
- (ii) Permite que outros serviços localizem-o na Web – um Web Service pode ser registrado em um serviço tipo “pagina amarela”, assim uma aplicação pode localizá-lo

usando registros UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration)[26].

- (iii) Pode ser chamado – uma vez que um Web Service é localizado e examinado, a aplicação remota pode chamar esse serviço usando um protocolo padrão da Internet como o SOAP (Simple Object Access Protocol)[27].
- (iv) Retornar uma resposta – Quando o serviço for fornecido os resultados são retornados para a aplicação que chamou usando o mesmo protocolo padrão da Internet [28].

A agregação que caracteriza a nova arquitetura do INVENTE 4.0 (Figura 2) possui os seguintes componentes:

- Navegador – Executa a função de Interface entre o aprendiz e o INVENTE.
- Applet Java – Executa as funções de Diagramação de Redes Semânticas, conversão de documentos XML enviados pelo Java Servlet para o formato de diagrama, conversão do diagrama da Rede Semântica em documento XML, envia consultas para a Rede Semântica que serão executadas no servidor Witty.
- Servidor Web – Aceita as requisições feitas a partir do Navegador. Disponibiliza e registra os serviços executados pelos Servlets.
- Servidor Invente – Executa as funções de autenticação dos usuários, gerenciamento do INVENTE e do Controle ao acesso às bases de conhecimento.
- Java Servlets – Executa as funções de conversão das redes semânticas vindas do navegador no formato XML para o formato de lógica de predicados, e do formato de lógica de predicados para o formato XML. Faz chamada a programas armazenados no servidor Witty que executam funções de acesso à base de conhecimento. Interage com o Applet Java que roda no browser através do protocolo SOAP.
- Servidor Witty – Realiza a função de máquina de inferência, representa o conhecimento na forma de lógica de predicados permitindo a execução de consultas à base de conhecimento. Todas as funções de acesso e manutenção às bases de conhecimento são executadas através de programas escritos em uma linguagem similar ao Prolog e que são executadas pelo ambiente Witty. O acesso ao servidor Witty é feito através de TCP/IP.

Finalmente, é importante destacar que as novas funcionalidades agregadas ao INVENTE são caracterizadas como uma aplicação genérica segundo a especificação dada na versão 2.0[6].

VI. TRABALHOS RELACIONADOS

A conjunção de abordagens educacionais, Psicologia Cognitiva, Inteligência Artificial e Aplicações de Redes de Computadores tem sido objeto de investigação e

desenvolvimento em todos os grandes centros de pesquisa no mundo[29][30][31].

Os trabalhos relacionados ao tema reforçam a tese do valor e da importância do desenvolvimento do conhecimento e da sua aplicação como um diferencial nas instituições de ensino, nas organizações empresariais e nas nações.

A proposta da nova arquitetura do INVENTE está relacionada a várias pesquisas que vêm sendo realizadas. A incorporação de mecanismos de inteligência artificial em ambientes de Ensino baseados na Web são propostos em [32]. A Representação do Conhecimento através de Ontologias e sua representação usando bases de conhecimento é tratado em [33], e a integração de Ontologias em ambientes de Educação com Inteligência Artificial em[34]. A utilização de Redes Semânticas em um software educacional baseado na Web é abordada em [35]. Atualmente, o projeto Web Semântica conduzido pelo W3C[36] tem como proposta a padronização de Ontologias nos mais diversos domínios do conhecimento para viabilizar o intercâmbio de documentos XML usando a especificação RDF[37].

A arquitetura do INVENTE 4.0 se diferencia pela agregação de WebServices ao suporte a uma ferramenta que reforça uma prática educacional peculiar ao ensino tecnológico.

VII. CONCLUSÕES

Ao mesmo tempo em que as abordagens de educação devem buscar um aumento do nível de cognição dos aprendizes, os Ambientes de Educação a Distância baseados na WEB deverão fazê-lo incorporando ferramentas que auxiliem essas novas abordagens no alcance desses objetivos. O atual estágio de implementação do INVENTE reproduz as abordagens tradicionais de educação. A proposta do INVENTE 4.0 mostrada neste trabalho inicia um processo de melhoria na medida em que dá suporte a práticas educacionais que incorporam processos de construção do conhecimento em níveis cognitivos relacionados a capacidade de resolver problemas e desenvolver projetos. Isto permitirá que atividades relacionadas a resolução de problemas levem ao desenvolvimento de importantes habilidades próprias do ensino tecnológico a distância. Sómente assim os aprendizes terão a oportunidade de pensar e criar oportunidades para experimentar a procura de conhecimento, seleção, aplicação usando uma ferramenta de ETD.

REFERÊNCIAS

- [1] HiperText Markup Language(HTML), [OnLine], Disponível em: <http://www.w3.org/MarkUp/>.
- [2] Gasparini, I., “Concepção de Interfaces WWW Adaptativas para EAD”, [OnLine], Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/~palazzo/Londrina/uel/isabela.pdf>.

- [3] Eysenck, M. W., "Psicologia Cognitiva um Manual Introdutório", trad.:Wagner Gesser e Maria helena Fenalti Gesser, Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- [4] Michael, I. J. , "Computational Intelligence", in Wilson, R., A., Ed., "The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences", ed. Robert A. Wilson, Frank C. Keil, Massachusetts Institute of Technology, The MIT Press, , Massachusetts, 1999, pp.26-27.
- [5] Moura Filho, C. O., "Concepção e Especificação de um Sistema IBW para Educação Tecnológica à Distância", Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza, 1999.
- [6] Soares, J., M., "Um Sistema de Gestão para Educação Tecnológica a Distância- Projeto e Implementação", Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza, 2001.
- [7] Serra, A, B, "Uma Solução de Distribuição para Aplicações em Tempo Real no Contexto do Ensino Tecnológico à Distância (Concepção, Projeto e Implementação)", Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza, 2001.
- [8] Machado, N., J., "Epistemologia e Didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente", São Paulo: Cortez, 2000, pp.27-78.
- [9] Carvalhais Júnior., "Construção de Conhecimento e Informática", [OnLine], Disponível em: <http://www.nuted.edu.ufrgs.br/biblioteca/arquivo.php?arq=9>.
- [10] Braukmann, J. R., "Preparing Students for Living in a Technological Society: A Problem Solving Approach to Teaching", Journal of Technology Education , Vol 1, No 2, 1990, [OnLine], Disponível em: <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v1n2/html/braukman.html>.
- [11] Mamede, S., "Aprendizagem Baseada em Problemas:Uma abordagem Educacional", Hucitec, São Paulo, pp. 81-108.
- [12] Nilsson, N., J., "Artificial Intelligence: a new synthesis", Morgan Kaufmann Publishers, São Francisco, 1998, pp. 308-312.
- [13] Lévy, P., "As tecnologias da Informação", Editora 34, Rio de Janeiro, 1993, pp. 80-82.
- [14] "Applying XML and Web Services Standards in Industry", [OnLine], Disponível em: <http://www.xml.org/>.
- [15] Nilsson, N., J., "Artificial Intelligence: a new synthesis", Morgan Kaufmann Publishers, São Francisco, 1998, pp. 239-250.
- [16] "Semantic Networks", [OnLine], Disponível em: <http://www.scs.leeds.ac.uk/ugadmit/cogsci/tech/semnets.htm>.
- [17] Brewer, W.F., "Schemata", in Wilson, R., A., Ed., "The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences", ed. Robert A. Wilson, Frank C. Keil, Massachusetts Institute of Technology, The MIT Press, Massachusetts, 1999, pp. 729-730.
- [18] Nebel, B., "Frame"Based Systems", ", in Wilson, R., A., Ed., "The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences", ed. Robert A. Wilson, Frank C. Keil, Massachusetts Institute of Technology, The MIT Press, Massachusetts, 1999, pp. 324-325.
- [19] Charniak, E., "Introduction to Artificial Intelligence", Addison-Wesley, Nova York, 1984, pp. 22-27.
- [20] Valente, J.A., "Diferentes usos do Computador na Educação", [OnLine], Disponível em: http://www.nuted.edu.ufrgs.br/biblioteca/public_html/4/32/index.html.
- [21] VanLehn, K., "AI and Education", in Wilson, R., A., Ed., "The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences", ed. Robert A. Wilson, Frank C. Keil, Massachusetts Institute of Technology, The MIT Press, Massachusetts, 1999, pp. 9-10.
- [22] Cury, D., "FLAMA: Ferramentas e Linguagem de Autoria para a Modelagem da Aprendizagem", Tese de Doutorado, ITA, São José dos Campos, 1996.
- [23] Figueiredo, R, S, "Sistemas baseados em Conhecimento em Ambiente de Tempo Real", Dissertação de Mestrado, IME - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1997.
- [24] "Web Services", [OnLine], Disponível em: <http://java.sun.com/webservices/docs/1.0/tutorial/index.html>
- [25] "Web Services Description Language (WSDL)", [OnLine], Disponível em: <http://www.w3.org/TR/wsdl>.
- [26] "Universal Description Discovery and Integration of Web Services", [OnLine], Disponível em: <http://www.uddi.org>.
- [27] Clements, T., "Överview of SOAP", [OnLine], Disponível em : <http://developer.java.sun.com/developer/technicalArticles/xml/webser vices/>.
- [28] "Oracle9i Web Services Tutorials", [Online], Disponível em : <http://otn.oracle.com/tech/webservices/htdocs/series/>
- [29] Mioduser, D., "Internet-in-Education in Israel: Issues and Trends", [OnLine], Disponível em : <http://muse.tau.ac.il/publications/67.pdf>
- [30] Grabinger, S., "Applying the Real Model to Web-Based Instruction", [OnLine], Disponível em : http://ceo.cudenver.edu/~scott_grabinger/downloads/REALWeb.v5.A LTC.pdf.
- [31] Han, S., "Web based Collaborative Learning Environment: Theoretical and Pratical Discourse, and Future Directions", [OnLine], Disponível em : http://ceo.cudenver.edu/~scott_grabinger/downloads/REALWeb.v5.A LTC.pdf
- [32] Braan, J.M., "Prototyping a Distance Learning environment on the Internet: Rationale and Implementation", University of Amsterdam, Faculty of Computer Science, Master Thesis, 1998.
- [33] Waterson, A., "Verifying ontological commitment in knowledge-based systems", University of Aberdeen, Computing Science Department, Knowledge-Based Systems 12 , 1999, p 45-54.
- [34] Richiro, M., "Ontology-aware systems in AI-ED research", Osaka University, April, 1999 , [OnLine], Disponível em: <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/miz/miz-tr9904.pdf>
- [35] "Concept Maps vs. Web Pages for Information Searching and Browsing", University of West Florida, Institute for Human and Machine Cognition, [OnLine], Disponível em: <http://www.coginst.uwf.edu/%7Eacanas/Publications/CMapsVSWebP agesExp1/CMapsVSWebPagesExp1.htm>.
- [36] "Semantic Web", [OnLine], Disponível em: <http://www.w3.org/2001/sw/>
- [37] "Resource Description Framework (RDF)", [OnLine], Disponível em: <http://www.w3.org/RDF/>