

PROJETO ELETROTUTOR: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE AMBIENTES INTELIGENTES DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Ricardo Silveira

UFRGS - Instituto de Informática
Cia Riograndense de Telecomunicações
Av Sen Salgado Filho 49 3 andar
CEP 90010-221 fone +55 (51) 229-1887
rsilv@inf.ufrgs.br / rsilv@crt.gov.br

Rosa Viccari

UFRGS - Instituto de Informática
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Bloco IV
Agronomia - POA - RS Caixa Postal: 15064 CEP
91501-970 Telefone: +55 (51) 316-6159
rosa@inf.ufrgs.br

Resumo

Este trabalho apresenta um projeto que propõe uma arquitetura distribuída de "Intelligent Learning Environment" (ILE) baseada em Sistemas Multiagentes, suportada na Internet, e o atual estado de desenvolvimento com a implementação de um sistema tutorial denominado Eletrotutor II. A primeira versão do Eletrotutor foi concebida como um sistema tutorial inteligente tipo "stand-alone", desenvolvido em linguagem Prolog. A versão 2, implementada recentemente, adota uma arquitetura cliente-servidor e utiliza a Internet, isto é, suportado pela arquitetura TCP/IP e pelo protocolo HTTP. A versão 3, que está sendo proposta emprega arquitetura de sistemas multiagentes. As diversas versões Eletrotutor procuram manter sempre as mesmas características pedagógicas e de conteúdo da versão original, e um design metodológico de avaliação empírica que é apresentado, juntamente com os atuais resultados

Palavras - Chave

Informática na Educação - Tutores Inteligentes - Intelligent Learning Environment (ILE) - Inteligência Artificial - Sistemas Multiagentes

1 - Introdução

O campo da Inteligência Artificial na Educação tem experimentado recentemente, uma mudança de enfoque do desenvolvimento de tutores inteligentes, ou ICAIs, para a produção de ambientes de aprendizagem inteligentes (Intelligent Learning Environment - ILE). Esta tendência, segundo [SEL 92] decorre das novas concepções da Psicologia de Aprendizagem e do apelo das abordagens de ensino centrado no aluno.

O crescente desenvolvimento da tecnologia das redes de computadores, por outro lado, com o aperfeiçoamento dos meios de comunicação, dos protocolos e das técnicas de processamento distribuído chama a atenção para o uso de recursos de sistemas distribuídos com finalidades de ensino-aprendizagem. A recente popularização da INTERNET bem como de outros tipos de redes vêm permitindo o desenvolvimento de ambientes de ensino aprendizagem distribuídos. Os Ambientes de Ensino Distribuídos ou Distributed Learning Environment DLE, constituem-se por uma configuração de ambiente de ensino-aprendizagem caracterizado pela

utilização de uma arquitetura distribuída ou uma arquitetura cliente-servidor na implementação destes sistemas. Diferentemente dos sistemas tradicionais que se caracterizam por operarem em modo Stand-Alone, isto é, autônomo e completo em si mesmo, os sistemas DLE têm pelo menos um componente Servidor, que constitui-se no sistema propriamente dito, instalado em uma determinada plataforma e um ou mais componentes Cliente, que constitui-se no programa ou programas instalados no ambiente de usuário. A comunicação entre estes componentes ocorre sobre uma arquitetura de rede que integra estes ambientes, por meio dos protocolos adequados.

Esta arquitetura de DLE apresenta a vantagem sobre as arquiteturas tradicionais de disponibilizarem os recursos de aprendizagem de forma centralizada, permitindo um maior controle sobre o processo, disponibilizando estes recursos simultaneamente a diversos alunos, diminuindo os custos de implantação em larga escala. Além disso, arquiteturas mais avançadas poderão lançar mão de inteligência distribuída, colocando a disposição do aluno, recursos de outros sistemas que eventualmente estejam de alguma forma relacionados com o sistema ao qual o aluno está interagindo.

O atual estado da arte das redes de computadores permite disponibilizar praticamente todos os recursos multimídia freqüentemente encontrados nos ambientes de aprendizagem tradicionais com uma performance de qualidade e velocidade adequados, introduzindo a vantagem do sistema poder lançar mão de recursos que não estejam fisicamente disponíveis em sua plataforma. A partir desta perspectiva, acredita-se também, que seja possível evoluir para o desenvolvimento de sistemas mais inteligentes que exerçam uma supervisão sobre cada um dos alunos-usuários de forma centralizada, monitorando o desempenho de cada um e adaptando, de forma inteligente, a estratégia de ensino e a disponibilização de recursos conforme o estado cognitivo do aluno.

O campo da Inteligência Artificial (AI) vem se desenvolvendo no sentido da Inteligência Artificial Distribuída (Distributed Artificial Intelligence - DAI), como uma subárea de A.I. que estuda a solução de problemas cooperativos através de um grupo descentralizado de processos ou agentes. Estes agentes costumam ser acoplados entre si, mas mutuamente independentes, com capacidade para raciocínio, planejamento e comunicação. Avanços recentes no campo dos ambientes de aprendizagem inteligentes (ILE) [OLI 96], [MOU 96] e [COR 94] têm proposto o uso de arquiteturas baseadas em sociedades de agentes. Os princípios dos sistemas multiagentes têm se mostrado bastante adequados ao desenvolvimento de sistemas de ensino, devido ao fato de a natureza do problema de ensino-aprendizagem ser mais facilmente resolvido de forma cooperativa. O crescente desenvolvimento da tecnologia das redes de computadores, por outro lado, com o aperfeiçoamento dos meios de comunicação, dos protocolos e das técnicas de processamento distribuído chama a atenção para o uso de recursos de sistemas distribuídos com finalidades de ensino-aprendizagem. A recente popularização da INTERNET bem como de outros tipos de redes vem permitindo o desenvolvimento de ambientes de ensino aprendizagem distribuídos.

A proposta do projeto ELETROTUTOR é desenvolver uma arquitetura para a implementação de Ambientes Inteligentes de Aprendizagem dentro de uma abordagem de Sistemas Multiagentes Distribuídos, suportados pelos protocolos e serviços da internet.

Embora a "World Wide Web" (WWW) seja extremamente atrativa do ponto de vista educacional, é essencialmente um sistema hipertexto ou hipermídia passivo e estático em sua natureza, pois não é fornecido nenhuma espécie de guia ou ajuda ao estudante de modo que ele possa navegar no hiper-espço. Para construir um ambiente educacional interativo, em vez de um mero hiper-livro eletrônico, é necessário prover um mecanismo de adaptação individual que, de forma ativa, leve o aluno através do hiper-espço, tendo em consideração o "background" de conhecimento dele, sua habilidade de compreensão, sua área de interesse, seus planos e suas intenções. Enquanto a WWW provê diversas propriedades que apresentam valor como a plataforma para um ambiente educacional interativo multimídia, ela falha em prover as seguintes facilidades que são essenciais para permitir a um sistema a capacidade de adaptação ao indivíduo

- Identificação do usuário
- Controle do software cliente
- Controle da navegação

Para prover ao sistema alguma forma de controle sobre o lado remoto (cliente) devem ser desenvolvidos mecanismos sobre o protocolo WWW que possibilitem o desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem que exerça um certo controle sobre as atividades de ensino-aprendizagem. Estes mecanismos permitiram implementar com sucesso diversos cursos que já estão disponíveis na rede [NAK 96]. Estas implementações, no entanto, restringem o ambiente instrucional a um único "site", isto é são implementados em um único servidor, não sendo possível assim fazer uso de recursos multimídia já existentes na rede.

Este projeto propõe avançar no sentido de uma arquitetura e que permita implementar um ITLE que atue como uma sociedade de agentes, cada um deles com seus objetivos, crenças planos e intenções, e que interagem mutuamente com o objetivo comum de levar o desenvolvimento cognitivo da sociedade de agentes como um todo a um patamar adequado aos objetivos comuns desta sociedade. Para tanto, torna-se necessário, estabelecer uma metodologia de diagnóstico cognitivo adequado para a utilização em ambientes inteligentes de aprendizagem baseado nesta arquitetura, com vistas a atualização dinâmica do sistema, e que permita trilhar as mudanças no estado cognitivo, isto é, modelar habilidades e a aquisição de conhecimento

Para atingir este objetivo foi tomado como ponto de partida um ambiente de ensino desenvolvido e avaliado em um projeto anterior [SIL 92] cujas características de conteúdo e estratégia de ensino vêm sendo mantidas desde então e tendo sua eficácia avaliada.

2 - Implementações do ELETROTUTOR

objetivo inicial da implementação do ELETROTUTOR foi realizar uma pesquisa [SIL 92], objetivando verificar a eficácia do uso de ambientes de aprendizagem na escola. Para tanto, buscou-se implementar um sistema tutorial que abordasse uma unidade de estudo no campo do ensino da Física, mais precisamente da Eletricidade, no estudo da Lei de Ohm e suas aplicações. No desenvolvimento do tutor, buscou-se, ao optar por um conteúdo relativamente pequeno e de fácil compreensão, poder explorar melhor o potencial didático-pedagógico do sistema de ensino auxiliado por computador, sem pretender esgotar o conteúdo. Todas as versões do ELETROTUTOR são constituídas por oito unidades, cada uma delas constituídas por **lições, exemplos e exercícios**.

As lições do ELETROTUTOR são estruturadas em forma de telas que são apresentadas sequencialmente, e que, por sua vez, são formadas por pequenos textos implementados através de janelas ou frames. Cada tela é montada, através de superposição e justaposição de janelas de texto previamente elaborados. Portanto, a Base de Conhecimentos do ELETROTUTOR é constituída em forma de frames que estão constituídos nos oito arquivos de lições, e que são apresentados ao aluno através de um mecanismo de controle que gera as seqüências de quadros e de telas. Este mecanismo permite também que o aluno através do teclado, controle a seqüência das telas, avançando ou retrocedendo nas mesmas, bem como permite que o aluno interrompa a lição, retornando ao Menu Principal.

Os **exemplos** são formados por vários tipos de aplicações práticas sobre a maioria das lições. Cada exemplo de um determinado tipo, foi elaborado de forma que o aluno é convidado a inserir dados através do teclado, referentes aos valores a serem aplicados na fórmula que está sendo exemplificada. De posse destes dados o sistema calcula o resultado, resolvendo a equação, e apresenta o resultado ao aluno, juntamente com o processo de cálculo utilizado.

Da mesma forma que nas lições, os arquivos de exemplos dispõem de mecanismos de controle que permitem que o aluno fique fazendo indefinidamente um determinado exemplo, inserindo valores diferentes e observando o cálculo feito e o resultado obtido. Ou, senão, o aluno pode avançar para o exemplo seguinte, voltar novamente ao exemplo anterior ou ainda voltar para o menu principal.

Os **exercícios** foram elaborados de modo que cada um deles constitui-se num módulo independente dos outros. Cada exercício tem a capacidade de gerar números randomicamente e através deles, acessa uma base de dados constituída por valores pré-determinados a serem utilizados na proposição do exercício ao aluno. Isto faz com que cada exercício seja formulado de uma modo diferente, cada vez que ele é proposto, permitindo assim que o aluno possa fazer um número exaustivo de exercícios, de um determinado tipo, com diferentes valores numéricos.

2.1 - A arquitetura do ELETROTUTOR-I

A primeira versão do ELETROTUTOR, foi implementado em linguagem ARITY-PROLOG. A sua arquitetura seguiu, com algumas adaptações, ao modelo proposto por [VIC 89]. O Eletrotutor, na implementação original, opera no modo interpretado, necessitando portanto da presença do interpretador ARITY/PROLOG junto com o programa. O sistema é implementado nos módulos descritos anteriormente e dispõe ainda de um módulo denominado **arquivo de introdução** que é constituído por uma seqüência de telas que estabelece um diálogo com o aluno, explicando-lhe o propósito do programa, como utilizá-lo e fazendo-lhe uma série de perguntas com o objetivo de levantar dados a respeito do aluno. Ao final o tutor apresenta uma tela de objetivos a serem alcançados, entre os quais vêm assinalado os objetivos que o tutor julga adequados para este aluno em particular. O aluno é convidado a seguir adiante nas lições que lhe foram prescritas ou reformular o assinalamento dos objetivos, mudando os passos a serem seguidos.

A partir destes objetivos, o Eletrotutor monta uma base de dados com as informações sobre o aluno e com a seqüência de lições, exemplos e exercícios que deve ser seguidos numa

proposta inicial. Esta base de dados é gravada em disco e vai sendo reformulada a medida em que o aluno avança na matéria.

Existe ainda um módulo de controle e carregamento, no qual foram implementados os mecanismos de criação do menu principal, de criação dos "mundos" do PROLOG, de carregamento dos arquivos e de acionamento dos diversos módulos. Faz parte deste módulo também o predicado de controle tutorial do processo, que controla a sequência de procedimentos de ensino e atualiza a base de dados do aluno.

2.2 - A arquitetura do Eletrotutor II

A implementação do Eletrotutor II [SIL 96a] procurou preservar ao máximo as características funcionais da versão original. Foram mantidos a estrutura de pré-requisitos e de conteúdo instrucional, assim como as principais estratégias de ensino utilizadas. Foi empregado o mesmo sistema de apresentação de conteúdos por meio de frames com textos e figuras seguido da apresentação de exemplos gerados pelo sistema e da proposição de exercícios. O Eletrotutor II foi desenvolvido em linguagem HTML versão 3, que permite o uso de frames, tornando a interface mais agradável e propiciando ao aluno o controle do processo através de um menu. Para cada uma das unidades foi desenvolvido um conjunto de páginas HTML contendo os textos e as figuras que constituem o conteúdo apresentado pelo Eletrotutor.

Os Exercícios e os exemplos foram incorporados a cada uma das unidades através do uso de Java Script. Com isto o controle sobre o andamento das lições fica sob a responsabilidade do ambiente do usuário. Os scripts, ao serem executados, constroem as questões e as apresentam ao aluno. Em seguida o script processa a resposta fornecida pelo aluno e fornece o feedback adequado.

Os exemplos também são gerados da mesma forma e permitem ao aluno obter uma sequência exaustiva de exemplos em cada lição até que se sinta seguro para fazer os exercícios. Não existe na atual implementação nenhum mecanismo de identificação do usuário ou de modelagem do aluno. A arquitetura do Eletrotutor II é mostrada na FIGURA 1 a seguir.

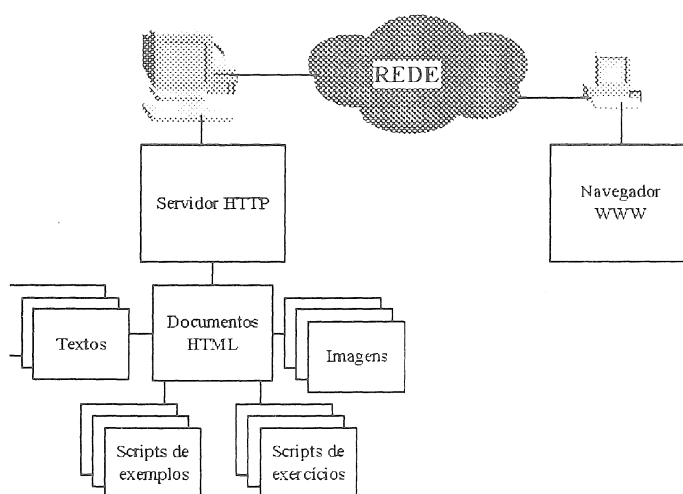


FIGURA 1 - Arquitetura do Eletrotutor II

A interface com o usuário é dividida em dois frames: um frame principal onde os textos e figuras são apresentados e um frame de menu, através do qual o aluno pode controlar o andamento das lições. A FIGURA 2 a seguir mostra a tela inicial do Eletrotutor II e um exemplo de tela de lição, de exemplo e de exercício.

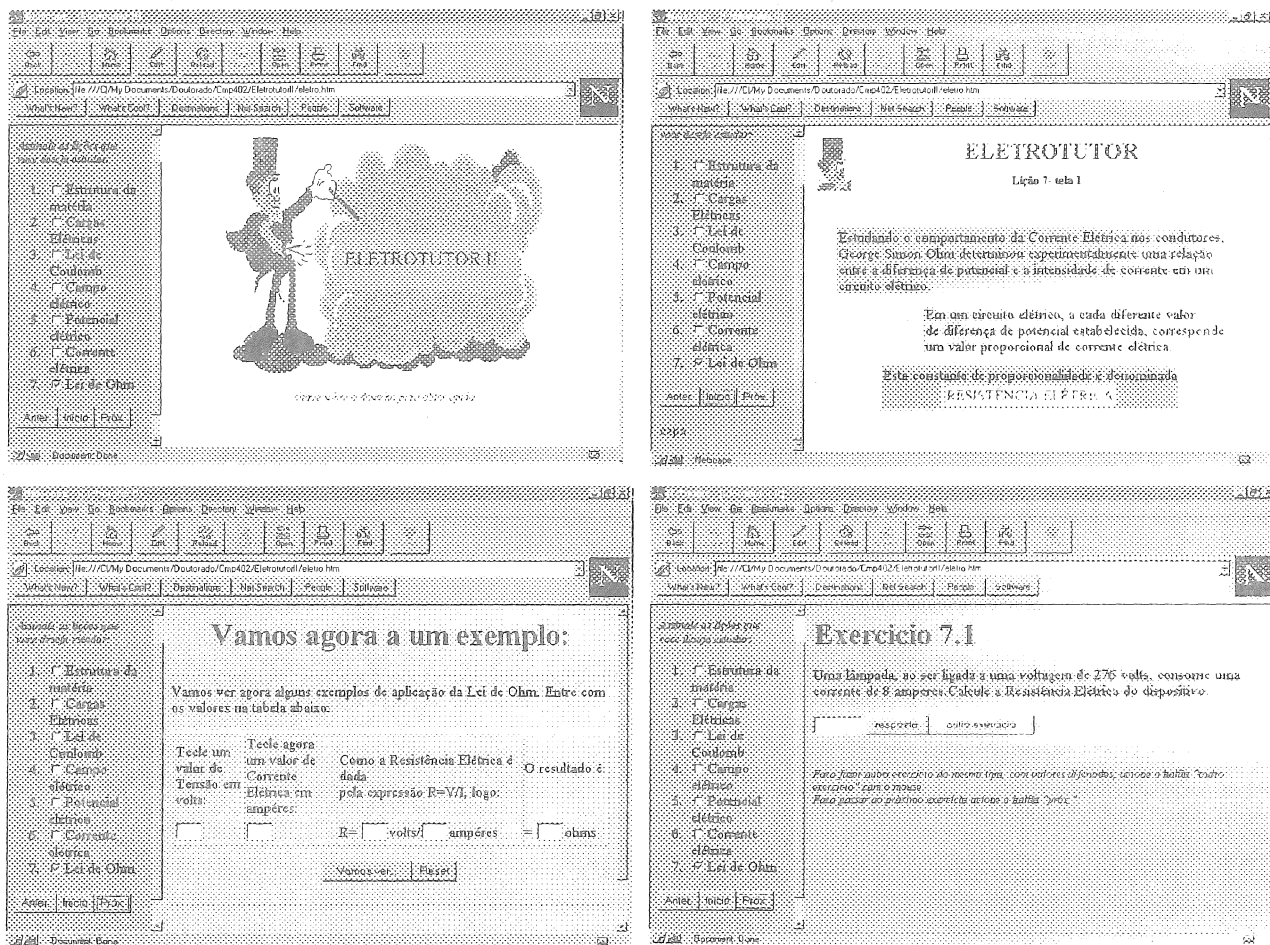


FIGURA 2 - Telas do Eletrotutor II

ELETROTUTOR - II está disponível no endereço:

<http://www.inf.ufrgs.br/~rsilv/eletro.html>.

O uso de linguagem Java Script no momento da implementação do sistema é compatível com o "browser" Netscape a partir da versão 2.0, sendo, no momento o "browser" recomendado para ser utilizado. Acredita-se que futuramente os "browsers" de outros fabricantes possam suportar esta linguagem.

2.3 - A arquitetura do ELETROTUTOR-III

A terceira versão do ELETROTUTOR, que está em desenvolvimento, utiliza a tecnologia da linguagem Java para implantar no lado cliente. Junto ao "browser", um applet que atuará como um agente autônomo com o propósito de se comunicar com outros agentes no lado servidor a fim de monitorar em background o desenvolvimento do estado cognitivo do aluno durante a sessão de ensino-aprendizagem. Esta arquitetura de agente é baseada na arquitetura SEM (Sociedade de Estados Mentais) proposta por [COR 94]

A Arquitetura SEM é uma arquitetura genérica de agentes cognitivos autônomos cuja principal característica é que as especificações de agentes são feitas em termos de estados mentais *DESEJO*, *CRENÇAS*, *INTENÇÕES*, e *EXPECTATIVAS*. O kernel da arquitetura SEM, chamado de agente global, é constituído por quatro agentes locais autônomos, cada um dos quais correspondendo aos quatro estados mentais anteriormente citados. O comportamento do agente global emerge como um comportamento coletivo destes agentes locais, que resulta essencialmente das relações causais entre os correspondentes estados mentais.

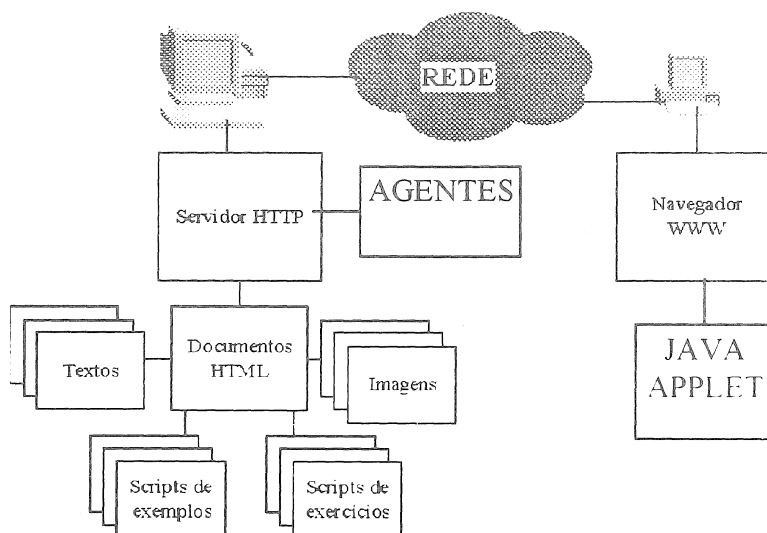


FIGURA 3 - Arquitetura do Eletrotutor III

A principal finalidade dos agentes é modelar e monitorar a evolução do estado cognitivo de cada aluno e controlar a atividade tutorial. A estratégia de ensino pode ser assim adaptada de forma dinâmica de acordo com o desempenho, os planos e objetivos do aluno. A arquitetura SEM foi adotada em substituição a tradicional arquitetura dos ITSs, permitindo que os estados mentais sejam tratados como agentes locais ou subagentes. Neste trabalho, a arquitetura proposta para agentes com atitudes tutoriais e de aprendiz é definida supondo um conjunto de estados mentais que caracterizam cada uma destas atitudes, isto é, um conjunto básico de crenças, desejos, intenções, e expectativas que podem ser definidos para qualquer agente que possua estas mesmas atitudes.

Pretende -se estabelecer uma metodologia de diagnóstico cognitivo mais adequado para a utilização em ambientes inteligentes de aprendizagem baseado nesta arquitetura, com vistas a atualização dinâmica do sistema. Trilhar as mudanças no estado cognitivo significa modelar habilidades e a aquisição de conhecimento, tarefa que implica no manuseio de informações não-monotônicas em essência.

3 - Avaliações do ELETROTUTOR

Eletrotutor apresentado em [SIL 92], foi elaborado para um estudo de dissertação de mestrado em Educação, com o objetivo de verificar sua viabilidade como instrumento educacional. Para avaliar a eficácia deste sistema foi feita uma pesquisa experimental, com uma amostra constituída por alunos do terceiro ano do segundo grau, divididos em três grupos, sendo um deles submetido ao ensino através do tutor, outro submetido ao ensino, do mesmo conteúdo, através de aula expositiva, e o terceiro não foi submetido a nenhuma forma de ensino. Os alunos realizaram dois testes de conhecimentos, relativos à matéria, através dos quais comparou-se a performance dos alunos de cada um dos três grupos em um pré-teste e um pós-teste. Além disto foram realizadas observações sistemáticas e entrevista com alunos submetidos ao uso do programa com o objetivo de levantar dados complementares sobre o uso do tutor. Os resultados obtidos nos testes, pelos três grupos é mostrado na tabela 1, a seguir:

GRUPOS	Grupo de controle	Aula Expositiva	Eletrotutor
Pré-teste	3,5	3,4	4,4
Pós-teste	4,9	8,3	7,8

Estes resultados, analisados com um tratamento estatístico adequado, demonstram que não há diferença significativa na performance alcançada pelos dois grupos.

Após a implementação do ELETROTUTOR II, foi realizado um trabalho de avaliação em mesmos moldes semelhantes, em quatro turmas de duas diferentes escolas. Em cada uma destas turmas os alunos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: um deles participou de uma sessão de ensino com o ambiente, enquanto isso o outro grupo participou de uma aula expositiva ministrada por um professor de física da escola. Posteriormente todos os alunos foram submetidos a uma prova escrita e os resultados dos dois grupos é comparado. Atualmente a avaliação foi feita com uma das escolas e o resultado é, com um grupo experimental de 33 indivíduos, a média obtida foi 6,36, enquanto que, com o grupo de controle, com 30 alunos, a média foi 7,37. Estes primeiros resultados parecem demonstrar um bom desempenho do ELETROTUTOR como recurso de ensino.

Os resultados das investigações parecem demonstrar que o uso de Ambientes de Aprendizagem é tão eficaz quanto o ensino com aulas expositivas. Portanto, a utilização desses recursos no ensino apresentam-se como uma excelente opção do professor como recurso metodológico a ser empregado nas aulas, sendo portanto uma alternativa viável de utilização da Informática em Educação, a qual explora muito bem os recursos oferecidos pelos computadores, sem dispensar, porém, a necessidade de acompanhamento por um professor.

A implementação do Eletrotutor II apresentado em [SIL 96a] é, portanto, mais um passo em direção ao objetivo final de desenvolver uma arquitetura distribuída, baseada em agentes, para

o design de ambientes de aprendizagem inteligentes. O uso da estrutura propiciada pela Internet, com o emprego de linguagem HTML para a apresentação de recursos multimídia através da rede como estratégia instrucional e o uso da linguagem Java Script para prover mecanismos de interação com o aluno através da geração dinâmica de exemplos e exercícios, demonstrou a viabilidade do projeto e mostrou o potencial da rede para o desenvolvimento de aplicações educacionais.

4 - Bibliografia

- [COR 94] CORREA, M. **The architetur of dialogues among distribuited cognitive agents.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Engenharia, 1994. Tese de doutorado.
- [HER 96] HERNÁNDEZ-DOMINGUEZ, Arturo. A flexible and adaptable virtual class in a tele-teaching environment. In CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE INFORMÁTICA, 22, 1996, Bogota **Proceedings...**Bogotá: [s.n.], 1996
- [MOU 96] MOUSSALLE, N., VICCARI, R. ; CORREA, M. **Intelligent tutoring systems modelled through the mental states.** submitted paper to SBIA 1996
- [NAK 96] NAKABAYASHI, Kiyoshi et al.. **An intelligent Tutoring system on word-wide-web: towards an integated learning environment on a distribuited hypermidia.** NTT, Tóquio, 1996. (disponível em <http://i-calat.min.ntt.jp>).
- [OLI 96] OLIVEIRA, Flávio Moreira ; VICCARI, Rosa Maria **Are learning systems distribuited or social systems?** European Conference on A. I. in Education. Lisbon, 1996. accepted paper.
- [SIL 92] SILVEIRA, Ricardo A. **Inteligência Artificial em Educação: um modelo de sistema tutorial inteligente para microcomputadores** Porto Alegre: Dissertação de Mestrado em Educação da PUCRS, 1992..
- [SIL 96] SILVEIRA, Ricardo A. **Um ambiente inteligente de ensino-aprendizagem (ITLE) estruturado em uma sociedade de agentes.** Projeto de trabalho de doutorado CPGCC da UFRGS, 1996.
- [SIL 96a] SILVEIRA, Ricardo A. **Eletrotutor II: um tutor na web.** Trabalho individual n. 580, CPGCC da UFRGS, 1996.
- [SEL 92] SELF, John A. **Computational Mathetics: the missing link in intelligent tutoring systems research?** in COSTA E.(Ed.) **New directions in intelligent tutoring systems research** Berlin: Springer-Verlag, 1992 (no prelo).
- [TOR 95] TORSUN, I.S. **Foundations of Intelligent Knowledge-based systems** London. Academic Press, 1995.
- [VIC89] VICCARI, Rosa Maria. **Um tutor inteligente para a programação em lógica: idealização, projeto e desenvolvimento.** Coimbra: Tese de doutorado. da Universidade de Coimbra, 1989
- [VIC92] VICCARI, Rosa Maria. OLIVEIRA, Flavio Moreira de. **Sistemas tutores inteligentes.** Porti Alegre UFRGS, 1992