

## **Laboratório Virtual ASTERIX – resultados decorrentes da sua utilização como ferramenta cognitiva.**

**Roseclea Duarte Medina<sup>1</sup>, Liane M. R. Tarouco<sup>2</sup>, Suzana Amoretti<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
97110-000 – Santa Maria – RS – Brasil  
rose@inf.ufsm.br

<sup>2</sup>CINTED/PGIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
90040-060 – Porto Alegre – RS – Brasil  
liane@penta.ufrgs.br

<sup>3</sup>CINTED/PGIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
90040-060 – Porto Alegre – RS – Brasil  
suzana.amoretti@terra.com.br

**Resumo:** Esse trabalho apresenta os resultados obtidos com a utilização do laboratório virtual ASTERIX (Aprendizagem Significativa e Tecnologias aplicadas no Ensino de Redes de computadores: Integrando e eXplorando possibilidades), que tem como objetivo principal atuar como uma *ferramenta cognitiva* para auxiliar no processo de aprendizagem significativa na área conceitual de redes, suprindo, em parte, a inexistência de um laboratório físico para desenvolvimento da prática da disciplina. O laboratório possui módulos de realidade virtual, inteligência artificial e simulação/animação, oferecendo assim um ambiente multicontextual para o aprendizado dos conceitos de redes de computadores. A análise dos resultados foi através de três instrumentos: desenvolvimento de projetos de redes, criação de mapas conceituais e de aplicação de questionário. Os objetivos foram plenamente atingidos, ou seja, a utilização do ASTERIX favoreceu/facilitou a aprendizagem significativa dos conceitos de redes, atuando como ferramenta cognitiva no processo do aprendizado de redes.

**Palavras-chave:** Informática Educativa, Laboratório Virtual, Realidade Virtual, Inteligência Artificial, Aprendizagem Significativa, Ensino de Redes

**III Workshop de Tecnología Informática Aplicada em Educación  
(WTIAE)**

## 1. Introdução

A área de Redes de computadores é umas das mais dinâmicas em função do crescimento exponencial das redes nas últimas décadas, tanto em tamanho quanto em complexidade, e isto tem exigido dos profissionais da área um estudo contínuo e aprofundado para atender, pelo menos em parte, o grande leque de tecnologias emergentes, hardware e software de múltiplos fabricantes, protocolos, padrões, etc. Neste contexto tem surgido recentemente discussões sobre o ensino de redes, levantamentos de como os professores estão ministrando a disciplina, quais conteúdos estão sendo abordados e em que profundidade, se há a utilização de laboratórios e de que forma o processo está sendo realizado. Existe senso comum sobre a necessidade de aperfeiçoar o ensino de redes para propiciar uma melhora no processo cognitivo do aluno, o *como* melhorar é a questão.

Já é reconhecida e comprovada a utilidade dos laboratórios tradicionais como ferramenta para auxiliar no processo de aquisição de novas informações, mas nem sempre é possível ter a disposição um laboratório por várias razões, entre elas a falta de recursos financeiros para a montagem e manutenção, dificuldades de acesso ( distância geográfica, escala de uso, horário de funcionamento, etc) e principalmente em alguns casos a quase inviabilidade de construir um laboratório devido a natureza das operações terem um alto índice de periculosidade. Esta situação problemática de falta de laboratório tradicional é uma das alavancas para um dos nichos de aplicação da realidade virtual: o desenvolvimento *de laboratórios virtuais*.

Esse trabalho apresenta os resultados obtidos com a utilização do laboratório virtual ASTERIX (Medina e Tarouco, 2003), que tem como objetivo principal atuar como uma *ferramenta cognitiva* para auxiliar no processo de aprendizagem significativa na área conceitual de redes, suprimindo, em parte, a inexistência de um laboratório físico para desenvolvimento da prática da disciplina.

Por meio de diversos mecanismos o participante de um Laboratório Virtual pode interagir com a simulação, realidade virtual e um *chatterbot*, denominado de Profa. Elektra (Leonhardt,2003) obtendo destes respostas que desencadeiam novas ações. Ao participar deste processo a aluno descobre por si e aprende, construindo seu conhecimento com base nas sensações por ele percebidas. A aprendizagem realizada através da experiência pessoal do participante e das interações com outros participantes, torna-se mais rica, consolidada e dinâmica.

No Laboratório Virtual o participante entra em contato com algumas simulações/animações que tornam possível construir um percurso formado por etapas, conduzindo o participante para o objetivo pretendido. Seguindo este caminho, torna-se mais fácil ao participante/aluno evoluir para a conceitualização do mundo em que esteve envolvido, auxiliando na compreensão dos processos vivenciados e na elaboração das conclusões obtidas a partir desta experiência. Um dos grandes méritos da utilização de Laboratórios Virtuais é a “reversão do tempo”, ou seja, no mundo real o tempo passa e o retorno ao passado é impossível, já no mundo virtual, tem-se o controle do tempo, inclusive sob o aspecto mais importante, a repetição do mesmo, o “voltar atrás”, permitindo que as ações sejam refeitas quantas vezes forem necessárias e se for o caso, em contextos diferentes, facilitando ainda mais a construção do conhecimento.

Neste trabalho a teoria de David Ausubel, Aprendizagem Significativa, fundamentou a criação e a metodologia de utilização do laboratório virtual ASTERIX, objetivando auxiliar no processo de ensino e aprendizagem significativa dos conceitos de redes.

## 2. Aprendizagem Significativa

Aprendizagem Significativa é um conceito enfatizado por David Paul Ausubel desde a década de 1960. Para Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre *quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não-arbitrária e substantiva (não-literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder* (AUSUBEL, 1980, p. 23).

Dessa forma, neste processo, há uma interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “*conceito subsunçor*” (subsumer) ou apenas “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva do aprendiz. “*Subsunçor*” é definido como um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “âncoradouro” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito, ou seja, que ele tenha condições de atribuir significado a essa informação.

Para acelerar o processo de transformação da aprendizagem mecânica para a significativa, Ausubel recomenda o uso de **organizadores prévios** que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Então, **organizadores prévios** são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Também facilitam a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”. Os organizadores são apresentados num nível de abstração mais elevado, maior generalidade e inclusividade do que o novo material a ser apresentado. Os resumos, ao contrário, normalmente são apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material a ser aprendido.

No contexto deste trabalho, para uma melhor utilização do laboratório e almejando uma aprendizagem significativa dos conceitos de redes, foram desenvolvidos e utilizados organizadores prévios expositórios e comparativos. Os expositórios foram utilizados para conceitos com alto grau de novidade, com o objetivo de oferecer subordinadores próximos relevantes. Os subordinadores oferecem um esteio ideativo em termos que já são familiares ao aluno; já os organizadores prévios comparativos foram utilizados para material relativamente familiar, com o objetivo de integrar os conceitos novos com conceitos similares na estrutura cognitiva como para aumentar a diferenciação entre idéias novas e existentes que são essencialmente diferentes mas que se prestam a confusão, levando-se em conta condicionantes como o conhecimento prévio dos alunos e a experiência da professora, com a finalidade de *preencher o hiato* entre o que o aluno já conhecia e o que precisava conhecer *antes* de poder aprender determinados conceitos de redes.

## 3. Breve descrição do laboratório virtual ASTERIX .

O laboratório virtual ASTERIX foi utilizado com o objetivo de induzir e apoiar o pensamento ativo, construtivo, intencional, autêntico e cooperativo dos alunos, pois, segundo Jonassen (1996), quando os alunos se envolvem nestes significados, construindo processos, a aprendizagem significativa surgirá naturalmente.

A seguir será apresentado um resumo sobre as áreas que sofreram confluência para originar o protótipo do laboratório virtual de redes de computadores.

### **3.1 Módulo de Realidade Virtual**

Neste trabalho a Realidade Virtual foi utilizada para desenvolver o ambiente do laboratório virtual de redes. A aluno “entra” numa sala/laboratório onde há uma bancada com dispositivos utilizados para extensão e segmentação de redes, como hub, bridge, switch e roteador.

Este ambiente foi desenvolvido utilizando o software VRCreator e os ajustes necessários foram implementados com VRML 2.0. Este protótipo se enquadra em realidade virtual não imersiva, ou seja, não exige a utilização de capacete nem de salas de projeção nas paredes (CAVEs).

O aluno pode explorar a sala virtual, manipular seus objetos e interagir com a Profa. Elektra, sem preocupar-se com restrições existentes num laboratório físico, como, por exemplo, falta de espaço para todos os alunos, horário de funcionamento fixo e quebra de equipamentos. Também tem a liberdade de repetir inúmeras vezes seus experimentos, analisando os diferentes resultados obtidos.

Sobre a bancada, estão disponíveis os equipamentos de rede e um “globo terrestre”. Este globo facilita o acesso dos alunos, através de links, a outros laboratórios de redes e animações disponíveis na internet e também ao módulo SR do laboratório (Simulador de Redes). O acesso direto ao material disponível na internet, como sites dos fabricantes de equipamentos, é facilitado para permitir o conhecimento das tecnologias emergentes, que ainda não constam da bibliografia, e dos novos modelos de dispositivos de redes.

Ao manipular os equipamentos sobre a bancada, o aluno poderá, por exemplo, visualizar com detalhes os dispositivos de rede construídos com realidade virtual. Todos os equipamentos que fazem parte da bancada podem ser visualizados em 3D. Essa forma de visualização permite uma análise mais detalhada, pois é possível afastar, aproximar e girar do equipamento, possibilitando uma melhor compreensão do objeto em estudo, além do grau de realidade apresentado. De acordo com Jonassen, essa manipulação e observação de objetos pelos alunos auxilia na construção das suas próprias interpretações resultantes dessa manipulação, favorecendo uma aprendizagem Ativa.

Os objetos em 3D foram modelados a partir de fotos de equipamentos reais e de fabricantes conhecidos, o que instiga o aluno a comparar as funcionalidades dos modelos oferecidos no mercado (trabalho este frequentemente realizado na vida profissional, quando se trata de aquisição de equipamentos), contribuindo para uma aprendizagem autêntica.

### **3.2 Módulo Profa. Elektra**

A Inteligência Artificial foi utilizada neste trabalho através da inclusão de um *chatbot* - Profa. Elektra - com o objetivo de apoiar a aprendizagem significativa no laboratório virtual. A Profa. Elektra é o agente de conversação que interage com os alunos, respondendo perguntas e questionamentos ou provendo explicações a respeito das animações que exemplificam o funcionamento dos dispositivos de redes de computadores disponíveis no laboratório virtual.

Sempre que aluno sentir falta de um conceito subsumido, pode recorrer à Elektra, obtendo um retorno imediato, não dependendo mais da disponibilidade do professor. Acrescente-se a isso o fato da Elektra ser *incansável*, pois o aluno pode repetir várias vezes a mesma pergunta, e a Elektra responderá, inclusive apresentando respostas diferentes, facilitando, assim, um estabelecimento maior de relações entre os conceitos.

A Profa. Elektra foi implementada utilizando-se o software ALICE (Artificial Linguistic Internet Computer Entity). A base de conhecimento que é utilizada por este agente de conversação foi desenvolvida com AIML (Artificial Intelligence Markup Language).

### **3.3 Módulo SR (Simulador de Redes) e Animações**

Segundo Petreche et alii (2000), as simulações/animações são um recurso facilitador do processo de aprendizagem de alguns conceitos, pois permitem apresentar, de forma simulada, comportamentos e características que, de outra forma, seriam mais difíceis de elucidar.

O módulo SR é “disparado” no laboratório ASTERIX através de uma opção/link do “globo” presente na sala em 3D e executado em uma janela separada.

Este módulo favorece diretamente a aprendizagem autêntica/construtiva, pois os alunos se deparam com situações muito semelhantes, senão idênticas, às vivenciadas no cotidiano profissional. Aqui é possível simular desde a criação de uma rede até sua manutenção e administração.

O ASTERIX tem disponível várias animações para auxiliar os alunos numa melhor compreensão de conceitos como VLANS, domínios de colisão, funcionamento de protocolos de comunicação, conceito de Cluster, entre outros.

Uma das animações disponíveis é o crescimento da rede, na qual pode ser acompanhado o processo de saturação do servidor e sobrecarga da rede. O aluno pode interagir com esta animação, pois são oferecidas, através de um menu, possíveis opções para solucionar o problema, como inclusão de novos servidores e dispositivos. Fica a seu critério estabelecer a melhor estratégia.

## **4. Estratégias e Metodologia**

### **4.1 Estratégias para utilização do laboratório virtual**

Conforme citado na seção 2, em cada tópico da disciplina e antes da utilização do laboratório, foi realizada uma aula expositiva apresentando alguns organizadores prévios (expositórios/comparativos). De acordo com Ausubel, estes organizadores têm a função de servir de “pontes cognitivas” entre o que o aluno já sabe e o que precisa aprender, facilitando a aprendizagem significativa.

A estratégia adotada para trabalhar os conceitos em cada tópico da disciplina envolveu os seguintes passos:

1. Apresentação de organizadores prévios
2. Manipulação dos objetos 3D na sala virtual (observação das características, comparação dos modelos apresentados, reflexão a respeito das observações e discussão com os colegas);
3. Através do “globo terrestre”, visitar *sites* de fabricantes de equipamentos, se interar a respeito das novas tecnologias;
4. Verificar o material depositado pelos colegas na estante. Preparar seu assunto de interesse e disponibilizar na estante;
5. Interagir com as animações disponíveis, locais ou remotas (acessadas via Globo), alterando seus parâmetros (como, por exemplo, no crescimento da rede, testar hipóteses de inclusão de equipamentos e analisar os diferentes resultados);
6. Interagir com a Profa. Elektra;
7. Elaborar mapa conceitual dos conceitos aprendidos; primeiramente individual, após em grupo;
8. Após receber os enunciados dos problemas/exercícios, testar hipóteses de situações de rede no módulo SR (Simulador de Rede), elaborar mais de uma solução, discutir em grupo; e
9. Propor/apresentar um projeto de rede que melhor atenda às exigências técnicas solicitadas no enunciado, de acordo com os recursos financeiros disponíveis.

No laboratório também são oferecidas animações que não refletem, por exemplo, um conceito correto ou um comportamento apropriado. É o próprio aluno que deve encontrar onde estão os “erros” e sugerir as alterações necessárias, para que, finalmente, a animação represente um conceito ou comportamento de forma adequada. Isso força os alunos a repensarem sobre os conceitos aprendidos, questionarem as relações criadas na estrutura cognitiva, além de propiciar novas interações com a Profa. Elektra e com os colegas.

## **4.2 Metodologia**

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria, mais precisamente no Centro de Tecnologia. Participaram 32 alunos do Curso da Ciência da Computação, matriculados na disciplina de Redes de Computadores. O laboratório virtual desenvolvido está hospedado num servidor denominado AIA, onde também está instalado o ambiente virtual de aprendizagem TelEduc, utilizado como coadjuvante no desenvolvimento das atividades da disciplina de redes e de onde o laboratório virtual pode ser acessado. Sendo assim, os alunos podem utilizá-lo via Web de qualquer um dos laboratórios do Curso de Ciência da Computação ou de qualquer outro lugar.

Como objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos – no caso o ensino de redes –, a pesquisa desenvolvida foi, quanto à sua natureza, uma pesquisa aplicada e, quanto à sua abordagem, qualitativa.

O que mais interessa neste trabalho são as aquisições cognitivas decorrentes do uso do laboratório virtual e da interação com um agente de conversação, bem como a sua consolidação na estrutura do aluno. Assim, do ponto vista de seus objetivos e dos procedimentos técnicos a serem abordados, constitui-se fundamentalmente em uma pesquisa exploratória/experimental. Almeja-se encontrar subsídios e contribuições para o uso de laboratórios virtuais como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem de conceitos na disciplina de redes.

#### **4.2.1 Coleta e análise dos dados**

O processo de avaliação abrangiu avaliação do laboratório virtual ASTERIX e avaliação do aprendizado consecutivo ao uso do laboratório virtual.

Para a avaliação do laboratório, foi utilizado como instrumento de coleta um questionário contendo, na primeira parte, um conjunto de perguntas com o objetivo de investigar a motivação proporcionada pelo uso do laboratório, a utilidade do material apresentado, a usabilidade e a interatividade do laboratório, a validade da aprendizagem por meio do uso do laboratório, entre outras. Na segunda parte do questionário<sup>1</sup>, foi apresentada perguntas sobre os recursos que fazem parte do laboratório, como: “qual a sua opinião sobre {as animações apresentadas} {o módulo SR} {a profa. Elektra} {a sala e os objetos em realidade virtual} {o conjunto ASTERIX + TelEduc}”. Dessa maneira, sem indução a questões específicas, o aluno teve a oportunidade de expressar sua opinião, identificar aspectos favoráveis e realizar críticas e sugestões. Esse questionário foi aplicado no último dia de aula da disciplina, que ocorreu no final de janeiro de 2004.

Para avaliação do aprendizado consecutivo ao uso do laboratório virtual, foi solicitado aos alunos a elaboração de um mapa conceitual dos conceitos aprendidos no ASTERIX. A técnica de mapeamento conceitual utilizada nesse instrumento de pesquisa foi a *low-directed* (onde os mapas conceituais são construídos do zero – “construct-a-map-from-scratch”). Na avaliação dos mapas desenvolvidos, foi utilizado com maior ênfase o Método Holístico (Kinchin, 2000) para a análise qualitativa da aprendizagem dos conceitos, e alguns aspectos considerando o Método Relacional (McClure et al, 1999) e o Método Estrutural (Novak, 1984) para breve levantamento quantitativo.

Também foi solicitada a resolução de um problema de rede que consistiu na elaboração de um projeto de média complexidade. Pelo fato de o aluno solucionar satisfatoriamente um problema proposto, temos como afirmar que houve aprendizado de conceitos de forma significativa, pois, para Ausubel, “a resolução de problemas, em particular, de situações novas e não-familiares que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido, é a principal evidência da aprendizagem significativa” (AUSUBEL, 1980).

<sup>1</sup> O questionário fechado foi adaptado de Behar (1993)

Esses trabalhos (mapas e projetos) serviram como indícios da ocorrência da aprendizagem dos conceitos de redes. Por meio deles, foi possível explorar (eles defenderam seus projetos e mapas) até que ponto os julgamentos e as construções estão assegurados e resistem a contra-argumentos.

## 5. Resultados

No contexto deste trabalho, foi possível a identificação de indícios da ocorrência de uma aprendizagem significativa dos conceitos de redes apresentados no laboratório virtual ASTERIX, considerando, através dos projetos de redes elaborados pelos alunos, questões como escalabilidade, disponibilidade, desempenho, segurança, gerenciabilidade, usabilidade, adaptabilidade e custo. As soluções apresentadas e defendidas demonstraram uma boa articulação dos conceitos apresentados no laboratório virtual ASTERIX e convertidos pelos alunos em estratégias na busca de um desempenho satisfatório, como por exemplo, a utilização de VLAN - por todos os grupos - e de cluster de balanceamento de carga (*load balancing*) - por três grupos.

No debate sobre as soluções de segurança apresentadas, os alunos demonstraram claramente um crescimento cognitivo relativo aos conceitos de redes envolvidos no processo de implementação de segurança da rede, observado tanto nas discussões em sala de aula, no ambiente TelEduc (através do Fórum, Mural, Diário de Bordo e Correio) e na interação com a Profa. Elektra (logs).

A aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos ficou flagrante não somente nos projetos apresentados como também na clara diferenciação feita pelos alunos entre conceitos afins como por exemplo, *router e screening router*, discernimento este necessário para a devida compreensão do processo de filtragem de pacotes e a conseqüente capacidade de determinar a utilização de um ou de outro ensejando a solução de um problema.

No trabalho de elaboração dos projetos os alunos tiveram que considerar vários objetivos técnicos, sendo que a formação conceitual adquirida durante o uso do laboratório facilitou articulações mais complexas a respeito de situações conflitantes como por exemplo a) custo *versus* a maioria dos outros objetivos; b) alta disponibilidade implica em redundância, que por sua vez acarreta em custo; c) alto desempenho requer alta capacidade de enlaces, ou outras tecnologias caras; c) segurança diminui facilidade de uso e d) adaptabilidade a constantes mudanças pode diminuir a disponibilidade. Sendo assim, para a elaboração das propostas os alunos tiveram que refletir muito a respeito dos níveis de monitoração, redundância e controle desejados. Isso envolveu cuidadosa análise das necessidades, inclusive avaliação de riscos, e a escolha entre requisitos muitas vezes conflitantes, a fim de decidir o que seria implementado, considerando tempo, recursos financeiros e conhecimento técnico disponível.

Neste contexto, fica evidente a ocorrência da aprendizagem significativa dos conceitos de redes pois apenas o conhecimento teórico sobre os mesmos não seria suficiente para atingir os objetivos propostos. Foi necessário aplicar os conceitos envolvidos na solução do problema proposto, o que exigiu dos alunos construção do conhecimento, conversação e colaboração com os colegas e muita articulação e reflexão para atingir uma solução satisfatória, e essa observação é válida para todos os projetos apresentados.

A criação de mapas conceituais foi outro instrumento utilizado para obter evidências de uma aprendizagem significativa decorrente da utilização do laboratório virtual ASTERIX. No início do semestre, antes da utilização do laboratório virtual, foi solicitado aos alunos que elaborassem um mapa conceitual inicial para evidenciar o conhecimento prévio sobre redes de computadores. De acordo com a metodologia proposta, ao final do semestre e após algumas semanas sem utilização do laboratório, foi solicitado um segundo mapa (mapa final) com o objetivo de verificar a influência da utilização do laboratório virtual na consolidação dos conceitos de redes na estrutura cognitiva dos alunos. Para a construção dos mapas foi facultado aos alunos a utilização do software Cmap Tools, The Brain, editor de textos e até mesmo lápis/caneta e papel. Os escores obtidos estão resumidos na tabela 1.

|               | <b>Método Estrutural</b>                  | <b>Ordem</b> | <b>Método Relacional</b> | <b>Ordem</b> |
|---------------|---|--------------|--------------------------|--------------|
| <b>Mapa 1</b> | p= 56; h=25; c=10;<br>e=10; <b>ET=101</b> | 4°           | 76                       | 5°           |
| <b>Mapa 2</b> | p=51; h=20; c=10;<br>e=0; <b>ET=81</b>    | 5°           | 110                      | 4°           |
| <b>Mapa 3</b> | p=10; h=10; c=20;<br>e=0; <b>ET=40</b>    | 6°           | 32                       | 6°           |
| <b>Mapa 4</b> | p=88; h=25; c=50;<br>e=13; <b>ET=176</b>  | 2°           | 250                      | 2°           |
| <b>Mapa 5</b> | p=44;h=30; c=50;<br>e=0; <b>ET=124</b>    | 3°           | 126                      | 3°           |
| <b>Mapa 6</b> | p=91; h=30; c=50;<br>e=23; <b>ET=194</b>  | 1°           | 261                      | 1°           |

p=proposição, h=hierarquia, c=cross-link, e=exemplo, ET= escore total

Tanto nos escores apresentados, quanto na análise qualitativa dos mapas, foi possível observar uma relativa homogeneidade no grau de subsunção, representado pelos níveis hierárquicos. O grau de integração conceitual percebido nos mapas foi considerado muito bom, apesar do atributo *cross-link* apresentar uma discrepância entre os valores (c=10,10,20,50,50,50). Essa interpretação favorável é decorrente de uma análise conjunta que considerou a quantidade de *cross-links* ( c ) nos mapas mas também a qualidade dos mesmos. Todos os mapas, em maior ou menor número, apresentaram integração de conexões entre os conceitos subordinados em diferentes ramificações dos mapas. A integração conceitual também ficou explícita durante a apresentação/explicação dos mapas realizada pelos alunos em sala de aula, onde naturalmente o próprio grupo acrescentava ou alterava algum *cross-link*.

A diferenciação específica de conceitos subordinados não ficou completamente demonstrada em todos os mapas (por ex. três mapas obtiveram escore e=0), mas novamente o complemento ocorreu nas apresentações onde os exemplos foram apresentados em grande número, de forma variada e correta.

Mesmo apresentando diferentes escores, os mapas desenvolvidos foram coerentes, coesos, expressivos e lógicos. O “conflito cognitivo” ou “desvio cognitivo” (diferença entre os níveis de categorização) foi percebido em um mapa, que chamamos de “mapa exceção”. Em nenhum momento, ou seja, nos mapas impressos e nas apresentações dos mesmos, houve a ocorrência de dois ou mais rótulos conceituais expressando o mesmo conteúdo ou então o mesmo rótulo utilizado para expressar mais de um conceito. Também não sucedeu – e isso ficou igualmente claro na elaboração e defesa dos projetos de rede – a confusão com conceitos semelhantes, isso leva a crer que com a utilização do laboratório virtual ASTERIX as diferenças conceituais ficaram bem explicitadas, transparecendo nos mapas que os conceitos foram percebidos e memorizados como distintos. A medida que os conceitos foram sendo apresentados no laboratório de várias formas, as diferenças começaram a ser explicitadas, ocorrendo o que Ausubel chama de “princípio da diferenciação progressiva”, onde os conceitos mais gerais vão sendo progressivamente individualizados em termos de detalhe e especificidade.

Na Comparação dos mapas iniciais e finais, os mapas iniciais mostraram o conhecimento prévio dos alunos em relação aos conceitos de redes que seriam trabalhados e apresentaram um pequeno número de conceitos e relações. Os mapas finais - desenvolvidos propositalmente após 3 semanas sem contato com o laboratório – mostram tanto a influência da utilização do laboratório, representada pelo aumento significativo de conceitos gerais e inter-relações entre conceitos, como a consolidação do conhecimento adquirido, sugerindo a ocorrência de aprendizagem significativa e não apenas memorização temporária. Cabe destacar que nos mapas iniciais, desenvolvidos antes da utilização do laboratório, predominaram relações do tipo “é” e após a utilização do laboratório virtual ASTERIX (onde a interação com as tecnologias disponibilizadas ocorreu de forma diversificada, auxiliando na integração de novos conceitos aos já existentes) foi observado um aumento no número e na qualidade das proposições, visto que nos mapas finais encontram-se mais relações como “possui”, “suscetível a”, “suporta”, “reduz”, “atinge”, “possibilita”, “permite”, “amplia”.

O resultado obtido na comparação entre os mapas iniciais e finais deve-se ao fato de que mapas conceituais são dinâmicos, estão constantemente mudando no curso da aprendizagem significativa. Isso foi observado no comportamento dos alunos com relação aos mapas pois as alterações continuaram ocorrendo inclusive no momento da apresentação dos mesmos e após também, sendo compartilhado no ambiente Teleduc a nova versão do mapa. Essas alterações, feitas de forma espontânea pelos alunos, demonstram que a estrutura cognitiva está continuamente se reorganizando, por diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, o que sugere claramente a ocorrência de uma aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos. As análises qualitativas e quantitativas se mostraram consistentes com a literatura (McClure, Sonak e Suen, 1999; Kinchin, 2000; Shavelson, 1994) . A validade e a confiabilidade da utilização de mapas conceituais como ferramenta no processo de avaliação do aprendizado é defendida por vários autores como Ruiz-Primo (1996,2000,2001), Shavelson e Huang (2003) e Shaka (1996).

De um modo geral, os dados obtidos com os instrumentos (projeto de rede, mapa e questionário) confirmaram que a utilização do ASTERIX facilitou a compreensão dos

conceitos de redes, atingindo satisfatoriamente o objetivo proposto inicialmente e que é um recurso didático válido. Os “compartimentos incomunicáveis” que Ausubel se refere não transpareceram nos projetos e mapas, ao contrário, as conexões ficaram bem claras, por exemplo, nas justificativas das soluções adotadas para a solução do problema.

A metodologia adotada permitiu diferentes possibilidades de uso do laboratório, que de certa forma ultrapassaram as expectativas iniciais. O ASTERIX provê diferentes recursos para o desenvolvimento conceitual na área de redes e todos foram utilizados de forma equilibrada e em conjunto com outras atividades, favorecendo debates, confronto de hipóteses e idéias. As atividades foram selecionadas objetivando diferentes formas de interação dos alunos durante o uso do laboratório, como a cooperação entre eles durante os trabalhos realizados em grupo, com a presença de discussões construtivas e argumentações; a colaboração, quando um grupo realiza um trabalho que posteriormente é complementado por outro grupo e de forma individual, onde cada aluno busca seus objetivos, segue seu ritmo de aprendizagem.

## 5. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um laboratório virtual para a disciplina de redes de computadores, incorporando aspectos da realidade virtual, inteligência artificial e simulação/animação, a fim de facilitar a aprendizagem significativa dos conceitos básicos de redes.

O ASTERIX foi utilizado para acentuar, motivar e estimular o aluno na compreensão de certos eventos e conceitos, especialmente aqueles em que o ensino tradicional tem se mostrado inapropriado ou difícil. Segundo Gomes, um software educativo (ou laboratório virtual) é tão melhor para aprendizagem quanto maior for o número de propriedades de conceito que seu uso faça emergir nos alunos. O laboratório virtual apresenta aos alunos conceitos de redes de forma multicontextual, utilizando diferentes recursos como realidade virtual, chatterbot, animação/simulação pois, segundo Ausubel, os atributos que definem um conceito são mais rapidamente aprendidos quando o conceito é encontrado numa ampla variedade de contextos, uma vez que a presença de suficiente redundância ou repetições assegura um domínio adequado. Por centrar-se na particularidade de casos isolados ou homogêneos, a aprendizagem multicontextual proporcionada pelo ASTERIX facilita a abstração dos atributos comuns, acentua o poder de generalização e aplicabilidade (transferência) do conceito resultante, e é dotada de maior estabilidade, como foi observada nos instrumentos (projetos e mapas).

Com a utilização do ASTERIX pretendeu-se deliberadamente influenciar a estrutura cognitiva do aluno, de modo a maximizar a aprendizagem significativa e a retenção, manipulando/influenciando variáveis cognitivas como a) *disponibilidade*, na estrutura cognitiva do aluno, de conceitos de esteio especificamente relevantes num nível ótimo de inclusividade, generalidade e abstração. b) a *extensão* na qual tais idéias são discrimináveis de conceitos similares e diferentes (mas potencialmente passíveis de confusão) no material de aprendizagem; c) a *estabilidade e clareza* das idéias de esteio.

Os resultados atingidos confirmaram a atuação do ASTERIX como: a) uma ferramenta cognitiva (que tem a pretensão de envolver e facilitar o processo cognitivo), que favorece ao aluno o *aprender com tecnologia*, de forma significativa, os conceitos tão necessários para a resolução de problemas na área de redes; b) acentuador de cognição, que estimula o estudante a reorientar ou reformular materiais existentes, como alterações nas simulações, sugestões de novas animações, etc. ; c) parceiro no aprendizado, ou seja, não tem o uso tradicional de *tecnologia-como-professor* e sim *tecnologia-como-parceira*, possibilitando o *aprender com a tecnologia* (e não através da tecnologia, acerca da tecnologia ou a partir da tecnologia). Nesse contexto o aluno aprende usando as tecnologias como ferramentas que o apóiam no processo de reflexão e de construção do conhecimento. Neste caso, a questão determinante não é a tecnologia em si mesma, mas a forma de encarar essa mesma tecnologia, usando-a, sobretudo, como estratégia cognitiva de aprendizagem.

## 6. Referências

- AUSUBEL, David. (1978) **Psicologia Educacional**. 2. Edição. Ed. Interamericana.
- JONASSEN, David. H. O Uso das Novas Tecnologias na Educação à Distância e a Aprendizagem Construtivista. In: **Em Aberto**. Brasília, ano 16, n.70, abr/jun. 1996.
- JONASSEN, David H.; PECK, Kyle L.; WILSON, Brent G. **Learning with Technology – A Constructivist Perspective**. New Jersey, Columbus, Ohio: Merrill, an imprint of Prentice Hall, 1999.
- KINCHIN, I., Hay, D. & Adams. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. **Educational Research**, 42(1), 43-57. (2000).
- LEONHARDT, Michelle Denise; DUTRA, Renato Luís de Souza; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach et al. ELEKTRA: Um *Chatterbot* para Uso em Ambiente Educacional. In: **Revista RENOTE – II Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre: set./2003, v. 1, n. 2, 2003.
- MEDINA, R. D.; TAROUÇO, Liane.Margarida R.; BORTOLOTTI, E. **Tecnologias Aplicadas no Ensino de Redes de Computadores: um Protótipo de Laboratório Virtual para Facilitar a Aprendizagem Significativa**. La Plata, Argentina: CACIC 2003 – Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 06 nov. 2003.
- PETRECHE, J. R. D.; GRAÇA, V. A. C.; SANTOS, E. T. [O Uso de Animação como Ferramenta de Ensino-Aprendizado Vinculado ao Processo de Abstração Geométrica](#). In: **Anais do III Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho (GRAPHICA 2000)**. s.ed.: Ouro Preto, MG., jun. 2000 (CD-ROM).
- RUIZ-PRIMO, M. A. **On the use of concept maps as an assessment tool in science: What we have learned so far**. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 2 (1). 2000.
- RUIZ-PRIMO, M.A., SCHULTZ, E. S., LI, M., & SHAVELSON, R.J. **Comparison of the Reliability and Validity of Scores From Two Concept-Mapping Techniques**. Journal of Research in Science Teaching, 38(2), 260-278. 2001.
- SHAVELSON, R.J., & HUANG, Leta. **Responding responsibly to the frenzy to assess learning in higher education**. in: Change, V.35(1), 10-19. 2003.

SHAVELSON, R. J., RUIZ-PRIMO, M. A, & WILEY, E. **Windows into the Mind.**  
International Journal of Higher Education. 2000.