

SISTEMAS Tutores Inteligentes Híbridos com Aprendizagem Cooperativa

André Luiz B. Esperidião^{1,2}, Weber Martins^{1,3}, Lauro E. G. Nalini^{1,3}
[andrelbe, weber, nalini]@pireneus.eee.ufg.br

¹ Universidade Federal de Goiás, Brasil
Escola de Engenharia Elétrica e Computação – Grupo PIRENEUS
Praça Universitária s/n – Goiânia – Goiás – Brasil

² UNIP – Universidade Paulista
Instituto de Ciência e Tecnologia
BR 153 s/n – Goiânia – Goiás – Brasil

³ Universidade Católica de Goiás, Brasil
Departamento de Psicologia
Av. Universitária, 1440, Setor Universitário – Goiânia – Goiás – Brasil

Abstract

This paper presents a novel Hybrid Intelligent Tutoring System based on traditional and connectionist Artificial Intelligence, introduced by Meireles [1], where a mechanism of Cooperative Learning has been integrated. The resulting computational environment is more favorable to interpersonal relationships between apprentices and tutors as well as more interactive. To prove the efficiency of the proposed system, empirical results are shown. The proposed system is compared with the model developed by Meireles (where navigation is controlled by one neural network combined with expert rules). Descriptive and inferential analysis of data indicate that the application of proposed techniques is adequate, based on (significant at 5%) results. The main aspects that have been studied are retention (“learning improvement”) normalized gain, navigation total user interaction time and number of steps (length of visited content). Particularly on the retention aspect, the proposed system has lead to significant better results and the acceptance of the experimental hypothesis which states that social interaction is responsible for this improvement.

Resumo

O artigo apresenta um Sistema Tutor Inteligente Híbrido baseado em Inteligência Artificial tradicional e conexionista, desenvolvido por Meireles [1], onde integrou-se um mecanismo de Aprendizagem Cooperativa. O ambiente computacional resultante é mais favorável às relações interpessoais entre aprendizes e tutores, sendo mais interativo. Para provar a eficiência do sistema proposto, resultados empíricos são mostrados. O sistema proposto é comparado ao modelo desenvolvido por Meireles (onde a navegação no conteúdo do curso é controlada por uma rede neural MLP combinada a regras de especialistas). Análise estatística descritiva e inferencial indicam que a

aplicação das técnicas propostas são adequadas, de acordo com resultados significativos a 5%. Os aspectos mais importantes que foram estudados são o ganho normalizado de retenção (“melhoria de aprendizagem”), tempo total de interação do usuário e número de passos (tamanho do conteúdo visitado). Particularmente, no aspecto de retenção, o sistema proposto levou a resultados significativamente melhores e ao fortalecimento da hipótese experimental onde a interação social é responsável pela melhoria.

1. Introdução

O escopo deste trabalho consiste no impacto da Aprendizagem Cooperativa integrada a um Sistema Tutor Inteligente, permitindo a criação de um ambiente computacional favorável a relações interpessoais entre o aprendiz e o tutor humano e, com isso, tornando o processo de treinamento via computador mais amigável. O uso de técnicas conexionistas de Inteligência Artificial busca simular um comportamento similar ao de um tutor humano, fazendo com que o sistema tutor seja capaz de oferecer um ensino adaptativo, flexível e personalizado.

Apresentamos a reestruturação de um sistema tutor inteligente híbrido, incluindo em seu arcabouço, um módulo de aprendizagem cooperativa. Tal reestruturação proporciona um sistema tutor mais interativo. Para comprovar a eficiência do sistema proposto, são apresentados os resultados obtidos na comparação de um tutor inteligente com um módulo de aprendizagem cooperativa integrado com outro tutor apresentado por Meireles (tutor de navegação inteligente sem o ambiente de cooperação) [1].

2. Aprendizagem Cooperativa

Após o surgimento do computador, das redes e recursos multimídia, tornou-se inevitável que ocorresse a união de propostas tradicionais, construtivismo de Piaget [2] e teoria sócio-interacionista de Vygostsky [3-

5], aos métodos de ensino-aprendizagem atuais, [6-11]. Surge, na aprendizagem baseada em computador, uma nova modalidade de ensino-aprendizagem: a Aprendizagem Cooperativa Suportada por Computador.

A Aprendizagem Cooperativa Suportada por Computador (CSCL, do Inglês, *Computer Supported Collaborative Learning*) é uma área de estudos que trata da forma pela qual a tecnologia pode apoiar os processos de aprendizagem promovidos através de esforços colaborativos entre estudantes trabalhando em uma dada tarefa. No entanto, em tal modalidade, pouca atenção tem sido dada a afetividade e a motivação do aprendiz no processo de interação e cada vez mais os ambientes computacionais têm reproduzido o modelo competitivo da sala de aula tradicional [12-18].

Podemos diferenciar a interação social através do uso de programas e redes de computadores pelo menos por dois aspectos: quanto à temporalidade e quanto ao direcionamento e número de interlocutores. Quanto à temporalidade têm-se interações síncronas (os interlocutores encontram-se ligados simultaneamente em uma rede de computadores) e assíncronas (os interlocutores se comunicam sem uma comunicação direta). Quanto ao direcionamento e número de interlocutores as interações podem ser do tipo: “um-para-um” (a comunicação ocorre somente entre dois indivíduos), “um-para-todos” (conhecida como *broadcast*, um usuário do grupo se comunica com vários outros, emitindo sua comunicação para vários receptores), “alguns-para-alguns” (todos podem mandar mensagens a todos, mas os receptores podem selecionar quais os tipos de mensagens a serem recebidas, lidas e respondidas) e “todos-para-todos” (caracteriza-se pela comunicação entre múltiplos usuários).

O sistema proposto neste estudo utiliza a comunicação síncrona do tipo “um-para-todos”.

Várias são as tecnologias que dão suporte à aprendizagem cooperativa (Newsgroups, E-mail, Internet Relay Chat – IRC, File Transfer Protocol – FTP, páginas WWW, programas do tipo “*Messenger*” e sistemas de áudio/vídeo-conferência), mas uma atenção especial tem sido dada ao serviço WWW, que possibilita exposição de material hipermídia¹ e interativo, além de integrar quase todos os serviços disponíveis para a Internet [19, 20].

3. Perceptron de Múltiplas Camadas

Os sistemas inteligentes conexionistas procuram simular a forma humana de pensar. São estruturados de tal forma que, após o período de “aprendizagem”, sejam capazes de generalizar os padrões de entrada e emitir uma resposta aceitável, coerente, mesmo para os pontos não conhecidos anteriormente, na tentativa de solucionar determinado problema. Tais sistemas são baseados em Redes Neurais Artificiais (RNA). As RNAs fazem parte de uma área específica da

¹ Hipermídia é a extensão do paradigma do hipertexto, com a inclusão de outras mídias (textos, imagens, áudio, vídeo e animações). Como exemplo de hipertexto, podemos citar um conjunto de páginas “web” interconectadas.

Inteligência Artificial. Trata-se de técnicas computacionais que propõem uma forma particular de processamento da informação inspiradas na organização física do cérebro humano.

A capacidade de aprender através de exemplos e de generalizar a informação aprendida são, sem dúvida, os atrativos principais da solução de problemas através de RNAs. Outras características importantes são a capacidade de auto-organização e de processamento temporal que fazem das RNAs uma ferramenta computacional extremamente poderosa e atrativa para a solução de problemas complexos.

As RNAs Perceptrons de Múltiplas Camadas (redes MLP – Multi Layer Perceptron) são capazes de resolver “problemas difíceis de aprender” [21], sendo escolhidas para nossa implementação (ver Figura 1).

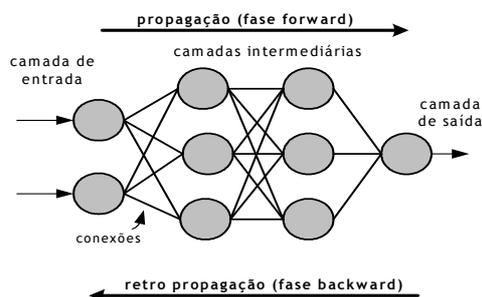


Figura 1 – Rede MLP

Como podemos ver na figura anterior, a rede MLP apresenta mais de uma camada, e cada uma dessas camadas possui uma função específica. A camada de saída recebe os estímulos da camada intermediária e constrói o padrão que será a resposta. As camadas intermediárias funcionam como extratoras de características, seus pesos são uma codificação de características apresentadas nos padrões de entrada e permitem que a rede crie sua própria representação, mais rica e complexa.

Obtendo as conexões apropriadas entre as unidades de entrada e um conjunto suficientemente grande de unidades intermediárias, pode-se sempre encontrar a representação que irá determinar o mapeamento correto da entrada para a saída através das unidades intermediárias. Cybenko provou que são necessárias no máximo, duas camadas intermediárias (com um número suficiente de nodos por camada) para se produzir quaisquer mapeamentos e que apenas uma camada intermediária é suficiente para aproximar qualquer função contínua [22-24].

4. Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos

O uso da informática na educação não é algo novo ou que surgiu recentemente. Desde a década de 50 (Séc. XX), diversas pesquisas têm sido realizadas nesta área. Tais pesquisas vêm ampliando as possibilidades e formas de se utilizar computadores para auxiliar na área de Educação.

Os sistemas tutores inteligentes (também conhecidos como STIs) são programas de computador com propósitos educacionais e que incorporam diversas abordagens e técnicas de Inteligência Artificial (IA).

As diferenças fundamentais entre os Sistemas tutores tradicionais e os sistemas tutores inteligentes estão na forma com que os seus projetos são desenvolvidos. Nos sistemas tutores tradicionais, os alunos são induzidos a uma resposta correta, baseada em estímulos previamente planejados, enquanto os sistemas tutores inteligentes buscam extrair capacidades cognitivas do aluno e utilizar estes resultados para a tomada de decisão. Portanto, a inteligência dos STIs é proveniente do fato de proporcionar aos alunos um ensino adaptativo, flexível e personalizado.

O presente trabalho faz referência aos Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos [25], ou seja, tutores que utilizam sistemas conexionistas (Redes Neurais Artificiais) combinados com sistemas especialistas.

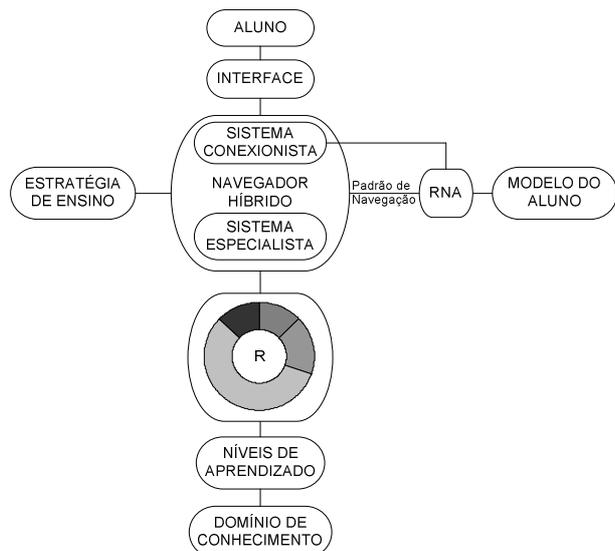


Figura 2 – Arquitetura de um Sistema Tutor Híbrido

5. Sistema Proposto

O estudo corrente concentra-se sobre a eficiência da Aprendizagem Cooperativa integrada com um Sistema Tutor Inteligente, analisando o impacto da utilização de um sistema de cooperação professor-aluno. Para isso, foi desenvolvido um Módulo de Cooperação (bate-papo baseado em tecnologia *web*, também conhecido como *chat*) para ser agregado à estrutura do Sistema Tutor Inteligente proposto por Martins et al [25]. Tal módulo permite a conversação entre um professor (tutor humano) com os estudantes, objetivando proporcionar um ambiente construtivista de aprendizagem cooperativa.

Como podemos observar na Figura 3, o Sistema Tutor Inteligente com Aprendizagem Cooperativa é composto de uma introdução, questionários iniciais (pré-teste de conhecimento sobre o conteúdo, estilos de aprendizagem e habilidade no uso de computadores), RNA (definição do padrão de navegação do usuário), tutoria guiada (padrão gerado pela RNA combinado com regras probabilísticas obtidas de especialistas), interação com um tutor humano através de ambiente cooperativo baseado em *webchat*, questionários finais (pós-teste e questionário de satisfação) e apresentação do resultado.

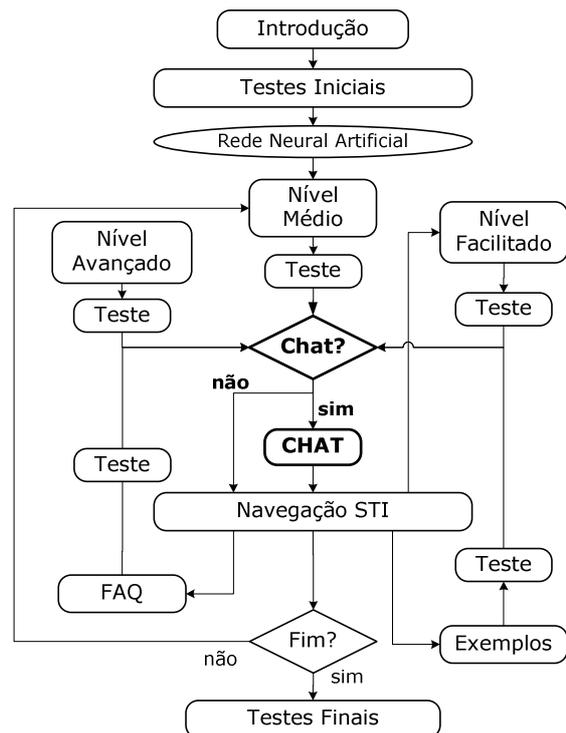


Figura 3 – Sistema Proposto (Navegação Guiada com Aprendizagem Cooperativa)

Após as instruções iniciais sobre o uso do sistema, são acrescentados questionários para capturar as características individuais do aluno (neste caso utilizamos estilos de aprendizagem) e de habilidades tecnológicas. Após os questionários iniciais e a realização do nível médio no primeiro contexto, o estudante tem a possibilidade de fazer contato com o tutor humano através do módulo de cooperação (*STIChat*), retornando ao módulo de decisão do STI, esta operação se segue até que o aluno veja todo o conteúdo (para cada conteúdo existe a possibilidade de contato com o tutor humano). Logo em seguida, o usuário faz o pós-teste do conteúdo. Ao final da tutoria, chega o momento de coletar as impressões (questionário de satisfação) que o indivíduo teve durante o processo de tutoria e cooperação. Finalmente é apresentado o resultado ao aluno.

Como citado anteriormente, o sistema proposto utiliza a combinação de dois tipos: a interação síncrona e a interação um-para-todos. Isso significa que o módulo de cooperação permite somente a comunicação em tempo real (síncrona) entre os participantes da sessão de cooperação. A interação um-para-todos indica que a comunicação é centralizada no tutor humano (ou tutores), isto é, o tutor humano vê as mensagens de todos e tem a possibilidade de responder a todos. Já os outros participantes da sessão de cooperação (estudantes) só conseguem ver as suas próprias mensagens e as mensagens do tutor humano que forem direcionadas para eles.

A eficiência do sistema proposto é mensurada observando o desempenho do estudante durante a navegação no Sistema Tutor com Aprendizagem Cooperativa. A meta é fazer com que o estudante alcance um bom desempenho, baseado nos roteiros que

descartam recursos (níveis de contexto) desnecessários e inadequados ao perfil de tal estudante, considerando, principalmente, o reforço à aprendizagem proporcionada pela interação com um tutor humano através do módulo de cooperação. Observamos através da Equação 1 que a eficiência (E) está diretamente relacionada com a produtividade do aluno (P) e é inversamente proporcional aos recursos (R) utilizados (utilização do módulo de cooperação, níveis visitados, redes utilizadas, entre outros) [26-27].

$$E = \frac{P}{R} \quad (1)$$

6. Experimentos e Resultados

Há diversas variáveis envolvidas em um processo de tutoria, e a tarefa de analisá-las pode se tornar complexa. Portanto, com o objetivo de manter o foco no assunto de nossa pesquisa e de criar condições para a avaliação dos resultados, restringiu-se à observação das variáveis destacadas no trabalho de pesquisa desenvolvido por Meireles [1]. Desta forma, poderemos comparar os resultados obtidos através do uso do Sistema Tutor Inteligente com Aprendizagem Cooperativa (STIAC) com os resultados obtidos através do STI de Meireles (STI Modelo).

Neste estudo, foram consideradas como válidas 31 coletas com o STI Modelo e 71 coletas com o STIAC.

A seguir, apresentamos a análise descritiva² dos dados coletados nas duas modalidades de navegação. Lembrando que o acesso ao módulo de cooperação no STI com Aprendizagem Cooperativa é opcional, portanto o grupo que utilizou tal sistema pode ser subdividido em dois grupos (os que acessaram o módulo de cooperação e os que não acessaram o módulo de cooperação). A Tabela 1 apresenta a análise descritiva dos dados coletados.

O conjunto das notas iniciais é apresentado como foco inicial de análise. Podemos observar que a média das notas iniciais do grupo que acessou o módulo de cooperação ficou em torno de 2,78, indicando que os participantes da amostra possuem conhecimento abaixo do conhecimento regular sobre o assunto abordado, ou seja, inferior à média usual de aprovação (5,0). Tais médias foram mais baixas do que as médias das notas iniciais das demais amostras, significando que houve realmente a necessidade deste grupo de melhorar seus conhecimentos a respeito do tema, justificando o acesso ao módulo de cooperação. Vemos que a média das notas iniciais do grupo que não acessou o módulo de aprendizagem cooperativa (3,14) foi semelhante à média das notas iniciais obtidas na coleta através da navegação inteligente (3,72), indicando que não há grande diferença no conhecimento das amostras que não tiveram acesso ou optaram por não acessar o módulo de aprendizagem cooperativa.

Tabela 1: Análise descritiva dos dados coletados

Item	Nota Inicial		Nota Final		Ganho Normalizado		
	STI Modelo	STI com Aprendizagem Cooperativa	STI Modelo	STI com Aprendizagem Cooperativa	STI Modelo	STI com Aprendizagem Cooperativa	STI com Aprendizagem Cooperativa
Navegação							
Média	3,72	2,78	7,29	7,71	57,76	68,01	50,28
Desvio padrão	2,35	1,67	1,81	1,27	26,63	17,63	16,68
Mínimo	0,00	0,13	2,80	5,07	4,35	26,75	10,46
Máximo	8,93	6,40	10,00	10,00	100,00	100,00	77,04
Casos	31	71	31	71	71	42	29

A média das notas finais da amostra que acessou o módulo de aprendizagem cooperativa (7,71) indicou ter ocorrido melhoria se comparado à média (2,78) das notas iniciais do mesmo grupo. Observamos que a maior média foi obtida pela navegação inteligente com aprendizagem cooperativa (7,71 – média das notas finais do grupo que acessou o módulo de cooperação), seguida da navegação livre (7,29), posteriormente da média do grupo que não acessou o módulo de cooperação (6,69) e da navegação livre (6,87). Tais valores de médias sugerem maior ganho de conhecimento dos estudantes que acessaram o módulo de cooperação, alvo de nossa hipótese principal.

A média da melhoria normalizada constitui-se em outro foco importante de observação. Nesse contexto, a navegação inteligente com aprendizagem cooperativa (sistema proposto) alcançou a média de 68,01% de melhoria (a mais alta das coletas), seguida da navegação

² Possibilita descrever o conjunto de dados representado pela amostra, isto é, procura descrever a amostra pondo em evidência as características principais e as propriedades.

inteligente (57,76%), pelo grupo que optou por não acessar o módulo de cooperação mesmo tendo essa opção (50,28%) e pela navegação livre (39,59%). Nesse ponto, é importante lembrar que o conjunto selecionado para o treinamento da rede tinha uma melhoria mínima de 50%.

O desvio padrão, medida de variabilidade, mostra-nos a estabilidade ou homogeneidade dos elementos do conjunto. Na observação realizada, verificamos equilíbrio entre as coletas quanto à nota inicial, sendo a amostra da navegação inteligente com aprendizagem cooperativa (todos – desvio padrão de 1,67) a mais homogênea (estável) e a amostra da navegação inteligente (desvio padrão de 2,35) a mais heterogênea (instável) das três. Se compararmos somente o grupo que acessou o módulo de cooperação, ainda assim, a navegação inteligente com aprendizagem cooperativa (desvio padrão de 1,73) possui maior homogeneidade em relação às amostras da navegação livre (desvio padrão de 1,78) e inteligente (desvio padrão de 2,35).

Pela análise do desvio padrão apresentado na observação da nota final, a amostra de navegação inteligente com aprendizagem cooperativa aparece como a mais homogênea (desvio padrão=1,27), estável, seguida pela navegação livre (desvio padrão de 1,66). A amostra da navegação inteligente (guiada) surge como a menos homogênea (desvio padrão de 1,81).

Quanto à melhoria (ganho normalizado), o desvio padrão observado nos indica a navegação inteligente com aprendizagem cooperativa como a amostra mais homogênea (desvio padrão de 17,63), seguida pela amostragem inteligente (desvio padrão de 26,63). A amostra da navegação livre (desvio padrão de 32,87) mostra-se como a mais heterogênea nesse aspecto.

Com o intuito de mostrar a significância das diferenças apresentadas, utilizamos, nesta seção, outra importante área da Estatística, a Estatística Inferencial³. Com o uso da Estatística Inferencial, pode-se afirmar com objetividade (risco de erro controlado) se o sistema proposto deve ser entendido como responsável pelas diferenças observadas nos resultados da análise (significância explícita).

Para realizar as análises, utilizamos o Teste t-Student com nível de significância de 5%, considerando médias. A escolha de 5% para o nível de significância é o valor típico aceito pela comunidade científica. A seguir, são analisadas as notas iniciais, as notas finais e os ganhos normalizados.

Ao compararmos as notas iniciais, verificou-se que a análise das amostras coletadas através do tutor com navegação inteligente com aprendizagem cooperativa e através do tutor com navegação inteligente apresentou um valor observado igual a -1,95 que está fora da região crítica (t crítico = 1,99). A hipótese nula foi rejeitada, indicando que o conhecimento inicial da amostra que utilizou o tutor com aprendizagem cooperativa é significativamente inferior. O teste t-Student é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Notas iniciais - STIAC x STI Modelo

	STIAC	STI Modelo
média	2,79	3,72
variância	3,00	5,50
quantidade de casos	42	31
t observado		-1,95
p-value uni caudal		0,027
t crítico uni caudal		1,99

Ao compararmos as notas finais das amostras coletadas com o STI Modelo e STIAC, a hipótese alternativa supõe que a média da inteligente com aprendizagem cooperativa é maior do que a inteligente (t crítico unicaudal). Observa-se a estatística t = 1,18 que está fora região crítica (t crítico = 1,66). A hipótese nula não foi rejeitada, indicando que a média da nota final do sistema proposto não é significativamente maior do que resultado obtido por uma navegação inteligente. O teste t-Student é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Notas finais - STIAC x STI Modelo

	STIAC	STI Modelo
média	7,71	7,28
variância	1,63	3,27
quantidade de casos	42	31
t observado		1,18
p-value uni caudal		0,12
t crítico uni caudal		1,66

Quanto à comparação do ganho normalizado, a hipótese diretamente testada (hipótese nula), relativo à comparação entre as amostras coletadas através do tutor com navegação inteligente com aprendizagem cooperativa e da coleta através do tutor com navegação inteligente, supõe que não há diferença entre as médias. Neste caso, para o t crítico unicaudal valendo 1,66, observou-se uma estatística t igual a 1,98 que está dentro da região crítica. Portanto, a hipótese nula foi rejeitada, indicando que a diferença dos ganhos entre os dois sistemas é significativa, não devendo ser entendida como casual. O teste t-Student referente a tal comparação é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Ganho Normalizado - STIAC x STI Modelo

	STIAC	STI Modelo
média	68,01	57,76
variância	310,87	709,06
quantidade de casos	42	31
t observado		1,98
p-value uni caudal		0,025
t crítico uni caudal		1,66

7. Conclusão

Os resultados apontados pela Estatística Descritiva apresentaram vantagens para o Sistema Tutor Inteligente com Aprendizagem Cooperativa, sendo a média das notas finais relativa a esse tutor superior à média da navegação com o STI Modelo. Ao compararmos somente as amostras que utilizaram o STIAC, a média da amostra que acessou o módulo de cooperação é evidentemente maior que a média da amostra que não acessou o módulo de cooperação. Quanto à média do ganho normalizado, o sistema proposto mostrou-se acima da média do STI Modelo e, ao compararmos a amostra que acessou o módulo de cooperação e a amostra que não acessou, a amostra que

³ Apresenta um conjunto de técnicas que permite verificar a generalização, ou seja, a transferência das conclusões para toda população.

acessou o módulo de cooperação obteve média superior à amostra que não acessou tal módulo.

A análise do teste estatístico t-Student sobre o ganho normalizado mostrou que a diferença a favor da amostra que acessou o módulo de cooperação é significativa. Desta forma, conclui-se que a interação social proporcionada pelo sistema proposto é responsável pelo aumento de retenção de conhecimentos.

Referências

- [1] MEIRELES, V. Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos Baseados em Estilos de Aprendizagem. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação). Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 2003.
- [2] GIRAFFA, L.M.M. Fundamentos de Teorias de Ensino-Aprendizagem e sua Aplicação em Sistemas Tutores Inteligentes. Instituto de Informática-UFRGS. Porto Alegre, 1995.
- [3] FORD, K.M.; STAHL, H.; ADAMS-WEBBER-Webber J.; CAÑAS A.J.; JONES J. C.; NOVAK J.; ICONKAT: An Integrated Constructivist Knowledge Acquisition Tool. Knowledge Acquisition Journal 3: 215-236, 1991.
- [4] FREITAS, Maria Teresa de Assunção. Vygotsky e Bakhtin: um intertexto. São Paulo: Ática, 168 p, 1994.
- [5] VYGOTSKY, L. S. A Formação Social da Mente. São Paulo: Martins Fontes, 1994.191p.
- [6] JONASSEN, D.H. Applications and limitations of hypertext technology for distance learning. Trabalho apresentado no Distance Learning Workshop, Armstrong Laboratory, San Antonio, USA, 1992.
- [7] JONASSEN, D.H., WANG, S. The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems, Journal of Educational Technology Systems, Vol. 22(1), pp. 19-28, 1993.
- [8] JONASSEN, D.H. O uso das novas tecnologias na educação a distância e aprendizagem construtivista. Em Aberto, Vol. 16, n.70, pp. 70-88, 1996.
- [9] JONASSEN, D.H. Avaliação da aprendizagem construtivista. In: E. Souza & C.B. Machado (org). Técnicas e instrumentos de avaliação: leituras complementares. Brasília: Cátedra Unesco de EAD, Vol. 1, 1997.
- [10] JONASSEN, D.H. Designing constructivist learning environments. In: C.M. Reigeluth (ed). Instructional theories and models. 2 ed. Mahwah, ND: Lawrence Erlbaum, 1998.
- [11] JONASSEN, D. H. The handbook of research for educational communications and technology. The Association for Educational Communications and Technology, Bloomington, USA, 2001.
- [12] BARLOW, J. A. The teaching and the teaching machine. Auto-instructional Devices, 1961.
- [13] COLLIS, B. Cooperative Learning and CSCW: Research Perspectives for Internetworked Educational Environments. IFIP Working Group 3.3 Working Conference "Lessons from Learning". Archamps, França, 1993.
- [14] DILLENOURG, P. et al. The evolution of research on collaborative learning, 1994.
- [15] HARTLEY, J.R. Managing Models of Collaborative Learning. Computers Education, Oxford, v. 26, n. 1-3, p. 163-170, Apr. 1996.
- [16] KLEMM, W. R. Benefits of Collaboration Software for on-site Classes. In: TEACHING IN THE COMMUNITY COLLEGES ONLINE CONFERENCE - TRENDS AND ISSUES IN ONLINE INSTRUCTION, 2, 1997.
- [17] KUMAR, Vivekanandan Suresh. Computer Supported Collaborative Learning: Issues for Research. 1996.
- [18] SILVERMAN, Barry G. Computer Supported Collaborative Learning (CSCL). Computers & Education, [S.l.] v. 25, n. 3, p. 81-91, 1995.
- [19] HORTON, William K. Designing Web-based Training. Wiley, 2000.
- [20] KAWASAKI, E. I., Fernandes, C. T. Modelos para Projeto de Cursos Hiperídia. Dissertação de Mestrado, Divisão de Ciência da Computação, Instituto Tecnológico da Aeronáutica. São José dos Campos, 1996.
- [21] HAYKIN, S. Redes artificiais: princípios e prática. 2.ed. – Porto Alegre, RS : Bookman, 2001.
- [22] CYBENKO, G. Continuous valued Neural Networks with two Hidden Layers are Sufficient. Technical report, Department of Computer Science, Tufts University. 1988.
- [23] HAYKIN, S. S. Redes neurais artificiais: princípio e prática. São Paulo, SP: Bookman, 2000.
- [24] HAYKIN, S. Redes artificiais: princípios e prática. 2.ed. – Porto Alegre, RS : Bookman, 2001.
- [25] MARTINS, W.; NALINI, L. E. G.; MEIRELES, V.; MELO, F. R. Estilos de Aprendizagem em Educação a Distância. Anais do X Congresso Internacional de Educação a Distância, Porto Alegre, 2003.
- [26] CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. Makron Books, São Paulo, SP. 1998.
- [27] BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. Manual de organização, sistemas e métodos: abordagem teórica e prática da engenharia da informação. Editora Atlas, São Paulo: SP, 1997.