
Utilização em Sala de Aula de um Modelo de Sistema Tutor Inteligente com Recursos de Hipermedia Adaptativa

Rosinaldo Dourado da Fonseca Júnior, Marco Aurélio de Carvalho

Departamento de Ciência da Computação - Universidade de Brasília (UnB)
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Caixa Postal 4466
70.919-970 Brasília-DF

rosinaldo.fonseca@camara.gov.br , marco@cic.unb.br

***Resumo.** Quando se utiliza a Web para aprendizagem é recomendável avaliar o estudante em relação ao domínio de conhecimento em questão e tentar ajudá-lo em sua navegação dentro do curso. Este artigo descreve os resultados experimentais da utilização de um protótipo de Sistema Tutor Inteligente que implementa um modelo capaz de auxiliar os alunos no processo de aprendizagem por meio de técnicas de Hipermedia Adaptativa.*

***Abstract.** Whenever the Web is used for learning and teaching activities, it is recommendable to evaluate the students in relation to the knowledge domain and to help them in the navigation across the pedagogical material. This paper describes empirical results on the use of an Intelligent Tutoring System (ITS) assisted by Adaptive Hypermedia techniques, which implements a model able to help the students during the learning process.*

1. Introdução

O presente artigo relata a análise dos resultados obtidos em experimentos realizados em aulas de laboratório nas quais se utilizou um protótipo de Sistema Tutor Inteligente com recursos de Hipermedia Adaptativa.

Classicamente, a Hipermedia Adaptativa é usada para reduzir a sobrecarga cognitiva e eliminar a desorientação espacial, possibilitando ao usuário navegar em um hipertexto com maior facilidade.

O protótipo utilizado implementou um modelo descrito por FONSECA JR. (2004) que incorporou recursos de Hipermedia Adaptativa.

O objetivo do protótipo foi determinar se o conteúdo do curso foi absorvido com maior qualidade pelo aprendiz em comparação a um grupo que não teve acesso a tais recursos.

O modelo em questão foi derivado do modelo aplicado por CARVALHO (2000) no Projeto de um Gerador de Tutoriais Inteligentes para o Ensino de Alfabetização de Adultos.

2. Referencial Teórico

A Hipermídia Adaptativa (HA) é uma área oriunda da união de pesquisas a respeito de Hipermídia e de Modelagem do Usuário, sendo definida como a área que pesquisa sistemas capazes de responder de forma diferenciada a cada usuário, conforme sua necessidade de informação, baseando-se em um modelo de usuário que represente suas metas, conhecimento e preferências específicas (PALAZZO, 2000).

As principais características do modelo desenvolvido na pesquisa de CARVALHO (2000) são as seguintes:

1. O conhecimento do estudante é representado como um “*overlay*” do conhecimento do especialista (ANDERSON, 1988), ou seja, a superposição dos conhecimentos do estudante em relação aos de um especialista. Esse modelo do estudante é usado para possibilitar que o Sistema Tutor Inteligente decida qual estratégia de aprendizagem é a mais adequada a cada interação do estudante com o sistema.
2. O Modelo do Domínio, representando o conteúdo do curso, é expresso em termos de uma “Árvore de Conhecimento”, ou seja, uma estrutura hierárquica de itens curriculares, de forma semelhante aos índices de conteúdo da maioria dos livros didáticos.
3. Os nós da árvore correspondem a itens de *curriculum*, que podem ser divididos em matérias mais detalhadas. Para cada item pode haver diferentes atividades de ensino, tais como lições, exemplos, exercícios, testes, etc.

Esse modelo captura a especialidade (*expertise*) do professor ao estruturar o domínio de conhecimento, ao decidir sobre as estratégias de ensino e ao executar as atividades de ensino. A especialidade, portanto, está presente na estrutura do currículo, nos conhecimentos específicos do domínio e nas regras estratégicas de aprendizagem.

A aplicação de recursos de Hipermídia Adaptativa a Sistemas Tutores Inteligentes possui um vínculo muito estreito com conceitos de Interação Humano-Computador (IHC). Essa área possui como foco o projeto (*design*), avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano e o estudo dos principais fenômenos que os cercam (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003).

No planejamento dos experimentos buscou-se adaptar métodos de avaliação de interfaces existentes com o intuito de avaliar não apenas os elementos componentes da interface quanto à usabilidade, mas também quanto ao nível de aprendizagem alcançado pelos estudantes com o uso dos recursos disponibilizados na interface. Desse modo, agregou-se valor à análise das variáveis do Modelo do Estudante sem deixar de observar a metodologia tradicional de um projeto de pesquisa (LAKATOS e MARCONI, 2001, p.99).

3. Contexto dos Experimentos

3.1. Modelo Proposto

A partir do modelo de CARVALHO (2000) elaborou-se uma proposta de um modelo que personaliza a apresentação do conteúdo e da navegação disponível ao aluno

por meio do seu histórico de navegação dentro do curso e de seu nível de conhecimento sobre o domínio em estudo (FONSECA JR., 2004).

As alterações propostas aos componentes do modelo original estão resumidas a seguir:

1. Módulo de Diagnóstico: as técnicas de Hipermídia Adaptativa implementadas causam a alteração da seqüência de navegação, propiciando percursos individualizados para cada estudante conforme as características modeladas. O Módulo de Diagnóstico gera indicações com as alternativas disponíveis.
2. Módulo de Ensino: correspondente ao Módulo Tutor do Modelo Original, gera páginas com conteúdo adaptado ao conhecimento do estudante, conforme as indicações produzidas pelo Módulo de Diagnóstico. Para gerar tais páginas, o Módulo de Ensino acessa os Objetos de Aprendizagem que necessitam incorporar novas características que permitam a captação da interação com o estudante com o foco na adaptação dessas características.
3. Conjunto de Estratégias de Adaptação: permite estabelecer como as variáveis de adaptação afetam o conteúdo apresentado ao estudante e suas opções de navegação. As variáveis de adaptação são novas características do estudante que foram incorporadas ao Histórico do Estudante e são utilizadas junto com as Estratégias de Adaptação pelo Módulo de Diagnóstico.

As Variáveis de Adaptação incorporadas ao histórico cognitivo do modelo de cada estudante foram as seguintes:

1. o tempo para finalizar a tarefa;
2. a quantidade de tópicos visitados;
3. quais tópicos foram visitados;
4. a quantidade de exercícios realizados pelo estudante;
5. a quantidade de exercícios errados e certos;
6. o grau da especialidade do estudante em cada tópico;
7. quais definições de termos foram acessadas;
8. a quantidade de vezes que a definição de um termo foi acessada;
9. as anotações feitas pelo estudante; e
10. quais anotações foram acessadas.

3.2. Protótipo Implementado

O protótipo foi desenvolvido usando a linguagem de programação Java sob a forma de Servlets e páginas JSP conforme o padrão MVC (*Model-View-Controller*) (MORGAN, 2000). O software rodou de forma *stand-alone*, onde os dados de cada estudante ficaram armazenados em um banco de dados MySQL individual.

O domínio de conhecimento escolhido para o protótipo foi a linguagem SQL; especificamente a sintaxe básica dos comandos *Select*, *Insert*, *Update* e *Delete*. A escolha desse assunto foi determinada pela adoção do STI como uma ferramenta de auxílio à aprendizagem de turmas de graduação de Instituições de Ensino Superior.

Resumidamente, as áreas da interface do protótipo são as seguintes:

- Uma área superior com o título do protótipo
- Uma área à esquerda com a estrutura do curso para acesso a um tópico de forma direta chamada "Árvore de Conteúdo"
- Uma área central para leitura das explicações sobre um tópico, ou para realização de exercícios, além do acesso a "Definições de Termos"
- Uma área inferior para avanço e retrocesso de páginas, solicitação de exercícios, e saída do curso chamada "Barra de Navegação"
- Uma área à direita para anotações do estudante associadas a cada tópico chamada "Anotações"
- Uma área inferior direita com o apelido (*alias*) do estudante

As Estratégias de Adaptação implementadas no protótipo foram as seguintes:

1. Se a *Expertise* for maior ou igual ao valor mínimo de *Expertise* definido para um tópico, então a entrada no tópico fica liberada, caso contrário, proibida.
2. Conforme tópico liberado ou visitado, o *link* de acesso ao tópico na Árvore de Conteúdo representará :
 - "tópico já visitado" (indicado pela cor verde do *link*)
 - "tópico não visitado" (indicado pela cor azul do *link*)
 - "tópico com acesso permitido" (indicado pela cor azul do *link*)
 - "tópico com acesso proibido" (indicado pela cor azul do *link* e uma figura de proibição )
 - "expertise mínima do tópico atingida" (indicado por uma figura de correção positiva )
3. Se a *Expertise* for menor ou igual a um valor limite de *Expertise* definido dentro do código do protótipo e a quantidade de visualizações de definições de um termo for menor ou igual a um valor limite de visualizações definido dentro do código do protótipo, então o *link* para a definição de um termo dentro da explicação de um tópico fica visível, caso contrário, fica invisível.
4. Se o tópico estiver liberado, então o *link* de avanço da Barra de Navegação fica visível, caso contrário, fica invisível.
5. Na Barra de Navegação, os *links* oferecidos apresentavam uma descrição prévia do destino a ser alcançado pelo estudante, caso este apontasse o ponteiro do *mouse* sobre o *link* durante alguns segundos
6. Se a *Expertise* do aluno for maior ou igual à *Expertise* do autor de uma Anotação e a quantidade de acessos à Anotação for maior ou igual a um limite definido dentro do código do protótipo, então a anotação fica visível, caso contrário, fica invisível.
7. As Anotações de um tópico são exibidas classificadas pela *Expertise* do autor da anotação em ordem crescente.

Por exemplo, a Barra de Navegação demonstrou o uso das técnicas de Anotação de *Links* e de Ocultação de *Links* (BRUSILOVSKY, 2001).

Por meio do protótipo implementado foi possível submeter o modelo proposto à utilização de estudantes reais, possibilitando a análise das variáveis de adaptação do modelo de cada estudante.

4. Metodologia dos Experimentos

Os experimentos foram realizados com 100 alunos de turmas de Graduação de duas Instituições de Ensino Superior: Universidade de Brasília e União Educacional de Brasília. O sistema foi instalado em laboratórios com microcomputadores padrão PC, acessado por meio de um navegador *web*.

Os alunos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: 50 alunos no grupo de controle e 50 alunos no grupo de experimento. O grupo de controle acessou a versão do protótipo sem os recursos de Hiperídia Adaptativa, e o grupo de experimento utilizou a versão com todos os recursos de Hiperídia Adaptativa disponíveis no protótipo.

O objetivo dos estudantes foi aprender os comandos básicos da linguagem SQL. Esse objetivo foi mensurado tanto na versão sem recursos de Hiperídia Adaptativa, quanto na versão com tais recursos.

O material impresso utilizado no experimento foi o seguinte:

- Página de Apresentação do Experimento: visando padronizar as informações recebidas por todos os estudantes a respeito do experimento, optou-se por gerar um formulário formalizando sua apresentação. Informou-se o objetivo do experimento, deixando bem claro que era o protótipo que estava sendo avaliado, e não o estudante.
- Formulário de Perfil Acadêmico: após assinar o formulário de apresentação, o estudante forneceu informações a respeito do seu conhecimento prévio e área de formação, visando definir um perfil acadêmico. Além dessas informações, dados básicos como sexo e idade também foram fornecidos.
- Questionário de Pré-Teste: o próximo passo foi aplicar um questionário sobre o assunto do STI, a linguagem SQL, visando avaliar o nível prévio de conhecimento do estudante a respeito desse domínio.
- Tarefa: após responder o pré-teste, o estudante iniciava a utilização do protótipo conforme o grupo ao qual pertencesse: controle ou experimento. Nesse instante, ele recebia um tarefa composta por duas perguntas sobre a linguagem SQL:

"Seu professor solicitou que você eliminasse de um banco de dados informações sobre automóveis com data de fabricação inferior a 1970. Porém, ele gostaria de saber o total de registros da tabela AUTOMOVEIS antes dos registros serem eliminados."

"1) Qual seria o comando completo para contar o total de registros de uma tabela chamada AUTOMOVEIS?"

“2) Qual o nome do comando que permite excluir informações de um banco de dados e qual o nome da cláusula desse comando que seria utilizada para delimitar quais registros do conjunto total de registros deveriam ser excluídos? Observe que não é necessário escrever um exemplo com o comando completo, mas apenas o nome do comando e da cláusula citados.”

- Questionário de Pós-Teste: após a utilização do protótipo o estudante respondeu a um novo questionário sobre a linguagem SQL, parecido, mas não idêntico, ao de Pré-Teste. Desse modo, foi possível verificar se o nível de conhecimento do estudante foi alterado e como.
- Questionário de Usabilidade: esse questionário permitiu obter informações sobre os critérios de Facilidade de Aprendizado, Facilidade de Uso da Interface, Satisfação do Usuário e Utilidade do Sistema.
- Entrevista: esse formulário resumiu-se a um conjunto de cinco perguntas subjetivas com o objetivo de obter informações qualitativas a respeito dos critérios de avaliação estabelecidos. Esse formulário, embora tivesse o nome de "Entrevista", na verdade consistiu de um formulário com questões abertas.

5. Resultados dos Experimentos

Distribuições de frequência foram elaboradas com os dados brutos de cada estudante. Além das distribuições de frequência, aplicou-se o teste de correlação chamado Q de Yule (GIL, 1999) na tentativa de obter informações sobre a relação de determinadas variáveis com o Grupo ao qual o aluno pertencia, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação dos Principais Resultados dos Experimentos

Resultados	Avaliação
A Moda da variável "Nível de utilização de Bancos de Dados" foi a resposta: "Não sei o que é Banco de Dados". A Moda das variáveis "Situação da Resposta da questão 1 do Pré-teste " e "Situação da Resposta da questão 2 do Pré-teste " foram as respostas: "Errada" e "Não sei".	O público que utilizou o protótipo não possuía nenhum conhecimento prévio sobre o assunto. Isso aumenta a importância dos resultados obtidos descritos abaixo.
Na execução da questão 1 da "Tarefa" o Grupo de Experimento alcançou o percentual de 78% de acertos, enquanto o Grupo de Controle alcançou 66%. Na execução da questão 2 da "Tarefa" o Grupo de Experimento alcançou o percentual de 92% de acertos, enquanto o Grupo de Controle alcançou 82%.	O Grupo de Experimento, que utilizou os recursos de Hipermedia Adaptativa, obteve desempenho superior durante o uso do protótipo.

Tabela 1 – Avaliação dos Principais Resultados dos Experimentos (cont.)

<p>Nas quatro questões do "Pós-teste" o Grupo de Experimento alcançou maior percentual de acertos:</p>			<p>Após utilizar o protótipo o estudante respondia ao Pós-teste sem poder consultar nenhum tipo de material.</p> <p>O desempenho superior do Grupo de Experimento no Pós-teste caracteriza mais um indício do aumento da qualidade na absorção do conteúdo do curso quando se utiliza recursos de Hipermídia Adaptativa.</p>
Questão	Experimento	Controle	
1	96%	80%	
2	46%	22%	
3	42%	32%	
4	48%	42%	
<p>O teste de correlação "Q de Yule" entre as variáveis "Grupo" e "Necessidade de Personalização da Árvore de Conteúdo" apontou uma correlação positiva moderada.</p>			<p>Os alunos que mais foram favoráveis à personalização na "Árvore de Conteúdo" foram os que tiveram recursos de Hipermídia Adaptativa.</p> <p>Isso indica que a "Árvore de Conteúdo" é um item recomendável para personalização.</p>
<p>O teste de correlação "Q de Yule" entre as variáveis "Grupo" e "Necessidade de Personalização da Barra de Navegação" apontou uma correlação positiva substancial.</p>			<p>Os alunos do Grupo de Experimento foram muito favoráveis à personalização na "Barra de Navegação".</p> <p>Isso indica que a "Barra de Navegação" é um item muito recomendável para personalização.</p>

6. Considerações Finais

A partir dos resultados foi possível determinar quais aspectos devem ser aperfeiçoados no protótipo e no modelo correspondente, como por exemplo:

- 1) Deixar a Árvore de Conteúdo com indicações da performance do estudante, mas sem restringir sua navegação para outros tópicos avançados do curso.
- 2) Permitir ao estudante ligar e desligar cada recurso de hipermídia adaptativa disponível.
- 3) Prover alguma forma de consulta ao modelo do estudante para que ele entenda como o sistema o está classificando em cada tópico do curso.
- 4) Fornecer explicações sobre as respostas certas ou erradas dos exercícios e testes, visando confirmar o raciocínio do estudante, ou esclarecer conceitos mal compreendidos (*misconceptions*). Esse é o conceito da heurística de prover *feedback* utilizado pelo método de IHC para inspeção de usabilidade chamado Avaliação Heurística (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003).

Cabe ressaltar uma informação que não é mensurável quantitativamente, mas agrega valor ao trabalho: a opinião dos alunos de que recursos individualizados de assistência à aprendizagem disponíveis na interface são importantes pois tanto alunos mais dependentes de orientação quanto aqueles com maior desenvoltura são atendidos de forma adequada.

Outro fator importante é a necessidade da existência de um tutor humano para sanar dúvidas sobre o conteúdo do curso e sugerir novas fontes de pesquisa.

Na continuidade da pesquisa, estão previstas as seguintes atividades:

- aperfeiçoamento do modelo e do protótipo, usando os resultados obtidos;
- ampliação da população da amostra por meio da utilização do protótipo por diversas turmas de graduação de uma IES; e
- alteração do conteúdo permitindo disponibilizar novos cursos aos alunos.

Portanto, os resultados obtidos sugerem a validade da hipótese de que a Hiperídia Adaptativa aplicada a Sistemas Tutores Inteligentes proporciona maior qualidade na absorção do conteúdo. Logo, a aplicação de modelos adaptáveis ao aluno surge como mais uma ferramenta a ser usada rumo à universalização da educação.

7. Referências Bibliográficas

ANDERSON, J. R. *The expert module*. In Polson, M. C. and Richardson, J.J., Editors, *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, chapter 2, pages 21-53. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, London, 1988.

BRUSILOVSKY, P. *Adaptive hypermedia. User modeling and user adapted interaction*, Ten Year Anniversary Issue (Alfred Kobsa, ed.) 11 (1/2), 87-110, 2001. Disponível em: <<http://umuai.informatik.uni-essen.de/brusilovsky-umuai-2001.pdf>>. Acesso: 24 ago. 2002.

CARVALHO, M. *Generating intelligent tutoring systems for teaching reading: combining phonological Awareness and thematic approaches*. PhD thesis. University of Edinburgh, Division of Informatics. Edinburgh, Scotland, 2000. Disponível em: <<http://ftp.unb.br/pub/unb/cic/marcoa/public/the.ps.gz>>. Acesso: 30 set. 2005.

FONSECA JR., Rosinaldo Dourado da. *Um modelo para Sistemas Tutores Inteligentes Adaptativos*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Departamento de Ciência da Computação. Brasília, Brasil, 2004. Disponível em: <<http://paginas.terra.com.br/educacao/marcoak/adaptativos.pdf>>. Acesso: 30 set. 2005.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MORGAN, M. *Java 2 para Programadores Profissionais*. São Paulo, SP: Ciência Moderna, 2000.

PALAZZO, Luiz A. M. *Modelos Proativos para Hiperídia Adaptativa*, 113 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ROCHA, Heloisa Vieira da, BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani. *Design e avaliação de interfaces humano-computador*. Campinas, SP: NIED/UNICAMP, 2003.