
Explorando Recursos da Web para auxiliar na aprendizagem de algoritmos: Uma experiência usando algoritmos para métodos numéricos

Maria Angélica de Oliveira Camargo Brunetto¹, Thalita Biazuz Veronese²

¹Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Caixa Postal 6001 – 86051-970 – Londrina – PR – Brazil

²Alunos do Curso de Ciência da Computação – UEL

angelica@uel.br, thaveronese@yahoo.com.br

***Abstract.** This article describes an alternative way to help the student to understand algorithms using web resources. It is important that Computer Science students understand how an algorithm works. This implies that given an input problem, the student must know how the result is obtained performing the algorithm. One way to reach this goal is through the observation in the changes of computation states that occur at each step of the algorithm. With the new possibilities of using the web as an auxiliary resource in the teaching, a good opportunity that can be explored is let available the demonstration of programs by web, attached with a hyperdocument which describes the conceptual aspects.*

***Resumo.** Este artigo descreve como a execução de programas via Web pode auxiliar no processo de aprendizagem de algoritmos. É de fundamental importância que os alunos de Ciência da Computação entendam o funcionamento de um algoritmo, ou seja, dado um problema de entrada, saber como o resultado é obtido. Uma forma de se atingir tal objetivo é através da observação das mudanças de estado que ocorrem a cada passo do algoritmo. Com as novas possibilidades de utilização da Web como recurso auxiliar no ensino, uma alternativa que pode ser explorada é disponibilizar a demonstração de programas via Web, associada a um hiperdocumento que descreve os aspectos conceituais.*

1. Introdução

A Internet, através da Web tem contribuído para o surgimento de novos ambientes de ensino e aprendizagem provendo oportunidades para criação de novos recursos de aprendizagem bem como mecanismos de compartilhamento destes [Westhead 1999].

Avanços tecnológicos na educação têm recebido bastante atenção nos últimos anos por parte dos pesquisadores. Pesquisas sob diversos enfoques têm sido desenvolvidas que exploram áreas como sistemas tutores inteligentes, sistemas especialistas, hipertexto e multimídia, sistemas baseados na web, hipermídia adaptativa, etc. Diversos conceitos são utilizados para estas diferentes abordagens e incluem modelos para representação de conhecimento [Novak 1998], [Giraffa 1999], modelos

de sistemas hipermídia adaptativos [Brusilovsky 1996], arquiteturas de sistemas tutoriais para web, [Brusilovsky 1996], [Wassileva 1997], modelos de aprendiz [Weber 1997], [D'amico 1999], modelos de tutoria [Giraffa 1999], metodologias para modelagem de aplicação hipermídia educacional [Pansanatto 1999], [Pimentel 1997] e ferramentas de autoria e disponibilização de material instrucional para web [Westhead 1999].

Com o surgimento da hipermídia e a disseminação do uso da Internet, muito se avançou na produção de material instrucional para a Web. Tem sido prática bastante comum a utilização de mídias diversas como formas alternativas ou complementares a um conteúdo instrucional. Como exemplo podemos citar a utilização de fotos, vídeos, sons, figuras animadas para representar simulação de fenômenos físicos ou processos. Entretanto, existem outras alternativas de explorar diferentes estratégias de ensino em uma aplicação educacional para a web. Um bom exemplo é a demonstração de execução de programas visando auxiliar no entendimento de algoritmos.

Nesta linha de raciocínio, Aschok Patel e Kinshuk [Patel 1997a] estabeleceram um modelo de Ambiente de Aprendizado Integrado através de Computadores (CILE - Computer Integrated Learning Environment) onde são introduzidos os conceitos de Ferramentas de Tutoria Inteligente (ITT). As ferramentas de Tutoria Inteligente são sistemas de iniciativa mista com um tipo sobreposto de máquina de inferência que armazena e processa regras de conhecimento [Kinshuk 1996], [Patel 1997b]. Ao contrário de um sistema Tutor Inteligente que tenta ser amplamente compreensivo e cobrir amplos aspectos de uma disciplina, um ITT tem um foco mais simples. Este toma um tópico simples ou um conjunto reduzido de tópicos relacionados. O escopo de uma ferramenta tutorial pode ser expandido pela combinação de diversas ferramentas formando uma rede de ferramentas. A abordagem ITT é implementada através de *applets* tutoriais inteligentes (*ITA - Intelligent Tutoring Applets*), que provê uma ferramenta de ensino na Internet que habilita o estudante a praticar exemplos numéricos como se eles estivessem em um tutorial com uma supervisão de tutor.

Esta estratégia de demonstrar a execução de programas via web está sendo desenvolvida como parte integrante do material instrucional para Web da Disciplina de Computação Algébrica e Numérica ministrada no curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina. Os programas resultantes serão utilizados como parte de um experimento piloto na geração de um curso via Web, que está sendo desenvolvido através do projeto AdaptWeb (Ambiente adaptativo de ensino e aprendizagem na Web) [Camargo-Brunetto 2001]. Este ambiente é composto por diversos módulos, entre eles o módulo de autoria, módulo de armazenamento de conteúdo em XML [Amaral 2002], módulo de geração de conteúdo adaptada ao modelo do aluno [Marçal 2003] e módulo de navegação e apresentação adaptada ao modelo do aluno. Particularmente o conjunto de programas gerados será uma das entradas para o módulo de autoria.

Adicionalmente este trabalho está inserido em um contexto bem mais amplo que envolve o estudo das formas de prover material instrucional pela web, explorando as possibilidades de aprendizagem da computação matemática. Diversos aspectos estão envolvidos como apresentação e formatação de expressões matemáticas, interpretação semântica de expressões matemáticas, comunicação com sistemas de computação matemática, demonstração da execução de programas. Os aspectos de apresentação e

formatação de expressões matemáticas estão sendo estudados e viabilizados através da utilização de MathML e os resultados deste estudo encontram-se em outro trabalho em desenvolvimento [Camargo-Brunetto 2002].

Trabalhos relacionados: Diversos trabalhos que tratam da utilização da Internet e da Web no Ensino de Computação Matemática estão sendo desenvolvidos. Especial destaque deve ser dado a uma iniciativa do *Institute for Computational Mathematics (ICM)* denominada *IAMC (Internet Accessible Mathematical Computing)* <http://icm.mcs.kent.edu/research/iamc.html>, que desenvolve uma série de atividades que contribuem para facilitar a geração e disponibilização de recursos da web relacionadas com computação matemática.

Neste artigo a ênfase será dada aos resultados decorrentes da pesquisa que visa explorar recursos de programação para a Web, que podem prover facilidades para o ensino e aprendizagem mediados por computador.

2. Motivação

Os cursos de Ciência da Computação normalmente têm uma disciplina que aborda o estudo de métodos numéricos. No curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina, existe a disciplina de Computação Algébrica e Numérica. A necessidade de agilizar o processo de assimilação dos diversos algoritmos que são abordados nesta disciplina motivou o desenvolvimento de material instrucional auxiliar para web. No desenvolvimento deste material foi prevista a inclusão de uma opção para demonstrar a execução de programas visando facilitar o entendimento dos métodos numéricos. Considerando também a influência que os dados de entrada exercem sobre a execução do algoritmo e sobre os resultados fornecidos, foi prevista a possibilidade de duas formas de entrada: i) o aluno introduz os dados do problema que deseja resolver ou ii) o aluno seleciona os dados de um problema de entrada, a partir de uma biblioteca de problemas, classificados por classes de problemas e propriedades que um problema representante de uma classe possui. Por exemplo: Classe de problemas pode ser Sistemas de Equações Lineares, propriedade que o sistema pode ter: sistema diagonalmente dominante. Adicionalmente, esta abordagem pode ser aproveitada para outras disciplinas que requeiram o entendimento de algoritmos.

3. Caracterização do Problema e estratégias adotadas

Na disciplina citada como domínio do conhecimento a ser explorado são introduzidos os métodos numéricos tradicionais, e também são apresentados os princípios de Computação Algébrica bem como as técnicas de programação em sistemas de Computação Algébrica. O conteúdo abordado pelo curso é composto por material teórico e exemplos práticos. A modelagem conceitual foi feita utilizando-se mapas conceituais com algumas adaptações para melhor visualização do domínio e as estratégias de ensino que podem ser exploradas. A síntese dos tópicos cobertos inclui: i) Representação de números e aritmética computacional, ii) Computação Algébrica, iii) Sistemas de Equações Lineares, iv) Avaliação de funções, v) Interpolação, vi) Ajuste de dados, vii) Raízes de equações não lineares e sistemas de equações não lineares, viii) Integração Numérica e ix) Equações Diferenciais ordinárias.

Para cada classe de problema, os seguintes recursos estão sendo disponibilizados: i) páginas web com os conceitos teóricos, ii) exemplos de programas

de computador que implementam os métodos no Sistema de Computação algébrica Maple, iii) Descrição das funções de Biblioteca do Maple Associadas, iv) Apresentação da Execução de Programa Online, v) roteiro para realização de aulas práticas e vi) Bibliografia e sugestão de endereços na web sobre os tópicos estudados. Neste trabalho a ênfase será para a apresentação da execução de programas *online*.

Com a inclusão desta execução de programas *online* o aluno dispõe de mais uma alternativa para entender o funcionamento de cada algoritmo. Para cada categoria de problema, temos um conjunto de métodos implementados, que permitem ao aluno fornecer como dado de entrada um novo problema, ou alternativamente buscar em uma biblioteca de problemas-exemplo que está sendo construída. Adicionalmente o aluno pode visualizar os resultados dos passos intermediários do algoritmo.

4. Estado Atual de Desenvolvimento

Para viabilizar a demonstração da execução de programas na web, diversas atividades em paralelo foram desenvolvidas, como por exemplo o estudo de linguagens de programação para Internet que viabilizem a execução *online* dos programas. Alternativas como Javascript, Java e PHP foram pesquisadas. Os primeiros protótipos para problemas de aritmética matricial foram desenvolvidos usando Javascript, porém em alguns casos a captura e armazenamento dos dados se mostrou altamente trabalhosa, o que prejudicou a construção da interface e fez com que o tempo de carregamento do código ficasse mais lento, tornando a linguagem inconveniente para a aplicação desejada. Java, por sua vez, não se mostrou satisfatório quanto à qualidade relativa dos resultados esperados, visto que *applets* tornam lento o carregamento da página em que estão contidos. Por outro lado, o estudo e os testes realizados com PHP se mostraram cada vez mais promissores, pois se trata de uma linguagem mais dinâmica e completa, exatamente como requerem os algoritmos de Computação Algébrica e Numérica. Outro fator decisivo na escolha da linguagem PHP foi a facilidade de interação com HTML, facilitando consideravelmente a implementação da interface que prevê a inclusão de explicações associadas aos resultados, que refletem os passos que foram executados. Os programas já implementados e testados foram desenvolvidos em linguagem PHP.

Os seguintes tópicos já possuem uma implementação prévia: i) Aritmética Matricial, incluindo operações de soma de matrizes, transposta, multiplicação e inversa de Matrizes; ii) Sistemas de Equações lineares, incluindo os métodos diretos de Eliminação de Gauss, Decomposição LU e Cholesky e os métodos iterativos de Jacobi e Gauss-Seidel; iii) Interpolação Polinomial, incluindo os métodos de Lagrange e de Newton. Estão em fase de testes a implementação dos métodos de resolução de Equações não Lineares e métodos de Integração.

Como um programa escrito em PHP permite a inclusão de código html em seu corpo foi possível introduzir explicações associadas aos resultados parciais, que servem para auxiliar no entendimento do algoritmo, pois o aluno pode observar que passo do algoritmo gerou tal resultado.

As figuras 1 e 2 mostram as duas fases que compõem um exemplo de utilização do programa que implementa o Método de Eliminação de Gauss para Resolução de Sistemas Lineares. Este algoritmo é composto por duas etapas: triangularização (figura

1) e retrossubstituição (figura 2). Na figura 1 pode-se observar ao lado das matrizes parciais, a explicação da operação realizada pelo algoritmo de triangularização.

Eliminação de Gauss

Número de variáveis:

Sistema
 $x_1 + x_3 = 0$
 $x_1 + x_2 = 1$
 $2x_1 + 3x_2 + x_3 = 0$

Matriz A

1	0	1	0
1	1	0	1
2	3	1	0

Triangularização

Passo 1

1	0	1	0
0	1	-1	1
0	3	-1	0

$L_2 = L_2 - a_{21}/a_{11} * L_1$
 $L_3 = L_3 - a_{31}/a_{11} * L_1$

Passo 2

1	0	1	0
0	1	-1	1
0	0	2	-3

$L_3 = L_3 - a_{32}/a_{22} * L_2$

Matriz Triangular Superior

Figura 1. Explicação dos cálculos para triangularização da matriz

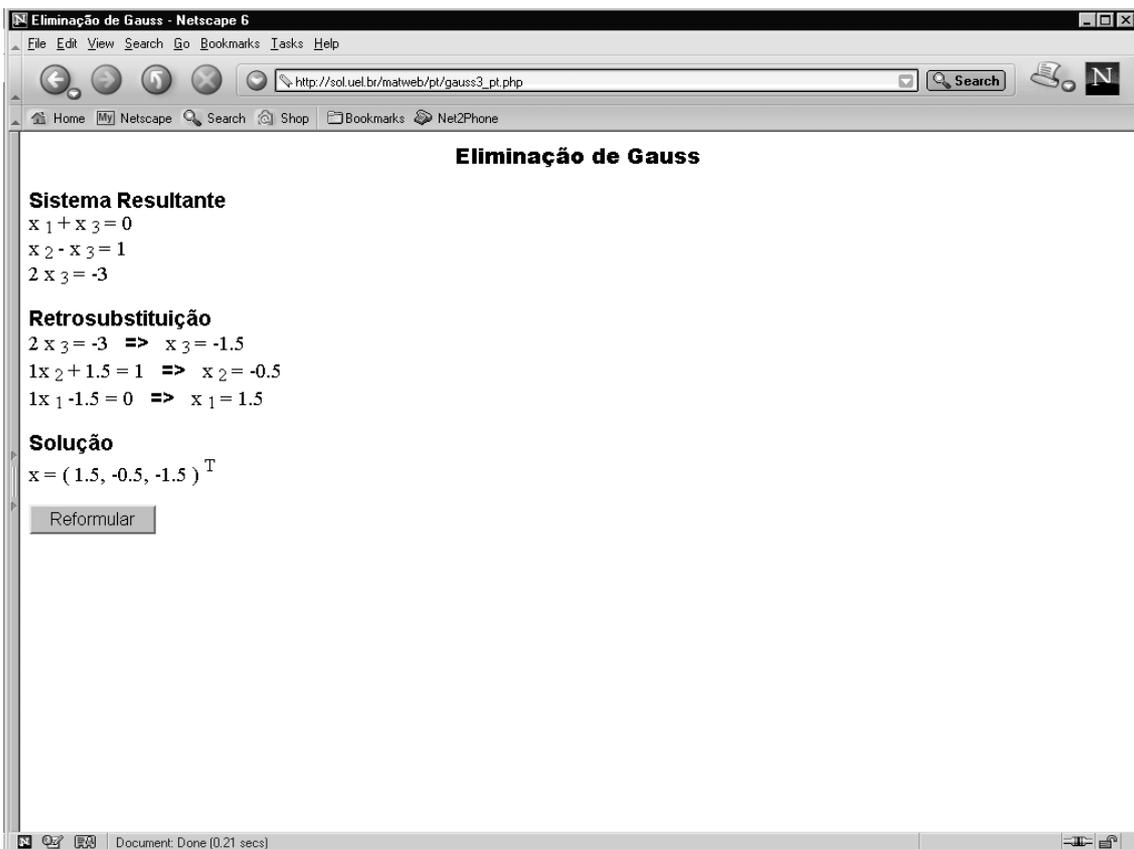


Figura 2. Retrossubstituição e solução do sistema

Em paralelo com a implementação dos métodos, está sendo desenvolvido um banco de dados de problemas exemplo para cada tópico de estudo. Os problemas estão sendo agrupados por classes de tal forma que o aluno possa observar diferentes instâncias de execução dos programas de acordo com a entrada selecionada. Os programas estão sendo atualizados para permitir que a leitura dos dados de entrada seja feita também através destes arquivos exemplo e não somente pelo usuário.

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

O presente trabalho apresentou os resultados parciais da pesquisa que está sendo realizada sobre a utilização de programas desenvolvidos para a Web, com o objetivo de auxiliar na aprendizagem do funcionamento de algoritmos numéricos. Os resultados parciais mostram que é viável a utilização de estratégias de ensino alternativas, utilizando os recursos da Web. Como trabalhos futuros, estão previstas as atividades de correção de programas semi-automatizada e a integração dos módulos desenvolvidos com ambientes de programação matemática.

Referências

Amaral, M. A. (2002) Organização e Armazenamento de Conteúdo Instrucional no Ambiente Adaptweb utilizando XML. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, PPGC – Instituto de Informática – UFRGS.

-
- Brusilovsky, P., Schwarz, E., and Weber, G. (1996) "A Tool for Developing Adaptive Electronic Textbooks on www", WEBNET'96 - World Conference of the Web Society, Proceedings. p. 64-69.
- Camargo-Brunetto, M. A. e Oliveira, J. P. M. (2001) "PROJETO ADAPT-WEB (Ambientes de Ensino-Aprendizagem adaptativos para a Web)", Projeto de pesquisa multiinstitucional (UFRGS-UEL) sob coordenação do Prof. Palazzo e aprovado pelo edital 04/2000 – Protem-CC/Cnpq. Disponível em www.inf.ufrgs.br/~tapejara.
- Camargo-Brunetto, M. A. e Palomo, Danilo (2002) – Uso de Mathml para formatação de expressões matemáticas em documentos para web. (Relatório de Pesquisa – não Publicado).
- D'Amico, C. B. (1999) "Aprendizagem estática e dinâmica em sistemas multi-agentes de ensino-aprendizagem". Tese de Doutorado - PortoAlegre: PGCC/UFRGS:1999.
- Giraffa, L. M. M. (1999) "Uma arquitetura para tutores inteligentes baseada em multiagentes". Tese de Doutorado – PUCRS, 1999.
- Kinshuk and Patel, A. (1996) "Intelligent Tutoring Tools: Redesigning ITSs for adequate knowledge transfer emphasis", International Conference on Intelligent and Cognitive Systems, Proceedings. Tehran, p. 221-226.
- Marçal, V. S. P. Adaptação de Conteúdo Baseada no modelo do aluno em um ambiente adaptativo de ensino. Dissertação de mestrado – Porto Alegre: PPGCC/UFRGS: 2003.
- Novak, J. (1998) "Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations", Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
- Pansanato, L. T. E. e NUNES, M. G. V. (1999) "EHDM: Método para projeto de Hiperdocumentos para ensino". Notas do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. n. 43 – Série Computação.
- Patel, A. and Kinshuk (1997a) "Intelligent Tutoring tools on the internet - extending the scope of distance Education", International Conference on Distance Education ICDE 97, USA, State College, PA.
- Patel, A. and Kinshuk (1997b) "Intelligent Tutoring Tools in a Computer-Integrated Learning Environment for Introductory Numeric Disciplines", Innovations in Education and Training International, 32(3), p 200-207.
- Pimentel, M. G. (1997) "MAPHE: Metodologia de Apoio a Projetos de Hipertextos Educacionais". In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 8. São José dos Campos, Anais, p. 351-368.
- Wassileva, J. (1997) "Dynamic course generation on the www", Artificial Intelligence in Education, Edited by P. du Boulay & R. Mizoguchi, Amsterdam, IOS Press, p. 498-505.
- Weber, G. and Specht, M. (1997) "User Modeling and Adaptive Navigation Support in WWW-Based Tutoring Systems". In: User Modelling: Sixth International Conference, UM97, Edited by Anthony Maeson, Cécile Paris, and Carlo Tasso, New York, Springer Wien New York.

Westhead, M. (1999) "Use of Web and Internet Technology in Teaching and Learning".
Edinburgh Parallel Computing Centre – The University of Edinburgh.