

Mapas Conceituais / Software Numérico: Experiência no Estudo de Cálculo Numérico

J.A. SALVADOR, S.H.V. ARENALES, A. DAREZZO FILHO¹, Departamento de Matemática, CCET, UFSCar, Via Washington Luís, km 235, Cx.P. 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brasil

V.M.P. SANTOS-WAGNER, Departamento de Métodos Matemáticos, Instituto de Matemática da UFRJ, RJ, Brasil.

Resumo. Na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) tem havido a preocupação de incorporar novos métodos de ensino e novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem-avaliação, o qual precisa e deve ser encarado de forma global e interligado em todas as etapas. Em 1996, tivemos um grande impulso no ensino da disciplina de Cálculo Numérico com a introdução do Software Sistemas, um módulo de sistemas de equações lineares desenvolvido durante o Projeto REENGE-UFSCar. Seguiram-se outros módulos gerando o Software Numérico no ano de 2000, software interativo de apoio ao processo de ensino-aprendizagem - avaliação de Cálculo Numérico. Nele, o aluno é solicitado a identificar a cada momento as condições teóricas de aplicabilidade de cada método numérico de seus módulos. Neste trabalho incorporamos o uso de mapas conceituais integrado com a linguagem escrita, oral e computacional, para exploração, sistematização e estudo de tópicos de Cálculo Numérico disponíveis no Software Numérico. Discutimos os impactos, benefícios e dificuldades decorrentes deste tipo de integração, tanto em atividades em sala de aula como em laboratório.

1. Introdução

A busca de formas inovadoras de ensino junto com a necessidade de incorporar em aulas os recursos tecnológicos e os avanços sobre as teorias de aprendizagem, de construção de conhecimento e de armazenamento de informações, nos levou a realizar este trabalho investigativo na disciplina de Cálculo Numérico. Nesta disciplina normalmente trabalhamos com atividades em sala de aula e laboratório usando softwares. Nos anos 70, Novak e Gowin [6] apresentaram as técnicas de mapeamento conceitual e de construção do Vê de Gowin como instrumentos que se destinam a aprender a aprender e para registrar o pensar. O mapeamento conceitual vem sendo divulgado aqui no Brasil principalmente por Moreira e Buchweitz

¹Coordenador do Curso de Matemática Aplicada Computacional do UNICEP - São Carlos

[5]. Santos [8], [9] incorporou algumas mudanças nas técnicas de mapeamento conceitual não se prendendo nos mapas para representar estruturas hierárquicas, mas incluindo a construção de textos explicativos dos mapas. Se os alunos constroem e mostram seus mapas conceituais como um resultado de sua aprendizagem, sentem segurança e também exibem aspectos relacionados ao assunto tratado em que ocorreram maiores dificuldades, e de acordo com Santos [9], eles estão tendo possibilidades de desenvolver seu potencial metacognitivo. Arenales et al. [1], [2], [3], [7] desenvolveram o Software Numérico, um software interativo, de apoio ao ensino e aprendizagem de tópicos de matemática, para ser usado em laboratório de computação, onde conceitos e resultados dados em sala de aula podem ser reforçados através de problemas e exercícios propostos. Em cada método proposto é exigido que o usuário tenha os conhecimentos teóricos das condições de aplicabilidade do mesmo, pois a todo momento ele é questionado, através de janelas, que requerem a tomada de decisões para a continuidade da atividade. O software é munido de um arquivo correção onde são gravados todos os trabalhos e tentativas realizadas pelo aluno, permitindo ao professor analisar as etapas de aprendizagem de tópicos desenvolvidos em sala de aula. Neste trabalho, investigamos a influência no rendimento acadêmico de várias turmas da disciplina de Cálculo Numérico, nos anos de 2001 e 2002, usando atividades de mapeamento conceitual integradas com atividades de linguagem escrita, oral e computacional com o Software Numérico. Procuramos incorporar todos os aspectos envolvidos na comunicação de idéias e pensamentos matemáticos que priorizem a expressão em linguagem oral, escrita e computacional, tanto em salas de aulas como em laboratórios de computação.

2. Fundamentos Teóricos

A consciência de que existem diversas formas de comunicar conceitos e idéias em ciências e que comunicação verbal, escrita e pictórica via mapas conceituais são poderosos elementos de comunicação e expressão do conhecimento nos leva a várias reflexões e questionamentos. Por exemplo, em que ordem trabalhar e explorar as diferentes formas de comunicação para obter os melhores benefícios em termos de aprendizagem? Algumas destas formas de comunicação são mais simples e agradáveis para os alunos aprenderem a externalizar seus pensamentos e o que estão aprendendo ou todos os tipos de comunicação devem ser explorados? Quais são os possíveis ciclos de comunicação que podem favorecer o processo de aprendizagem: oral-escrita-pictórica-oral; escrita-pictórica-oral-escrita; pictórica-oral-escrita ou outros? Como o uso de formas variadas de comunicação do pensamento interferem em nossas concepções de ensino, de aprendizagem e de avaliação? Os trabalhos de Novak e Gowin [6] nos introduzem nas técnicas de mapeamento conceitual e de construção do Vê de Gowin. Segundo os autores, mapas conceituais têm o objetivo de representar relações significativas entre conceitos na forma de proposição. Um mapa conceitual é um instrumento esquemático para representar um conjunto de significados conceituais que estão imersos em uma estrutura de proposições. Mapeamento conceitual é uma técnica para externalizar conceitos e

proposições. Após ter completado uma etapa ou tarefa de aprendizagem, os mapas conceituais fornecem um sumário esquemático do que está sendo aprendido e compreendido. Após os alunos terem aprendido como preparar e construir mapas conceituais, estes podem ser utilizados como instrumentos poderosos de avaliação. Para os professores, os mapas conceituais podem ser usados para determinar caminhos, organizar e compartilhar significados com os alunos, assim como servem para exibir conceitos incorretos e conexões entre conceitos incorretos.

Moreira & Buchweitz [5] e Santos [8], [9] têm publicado e divulgado aqui no Brasil as idéias de Novak e Gowin desde o final da década de 80. Desde 1988, Santos tem feito algumas incorporações às idéias de Novak e Gowin, como por exemplo, as idéias de construtivismo, de Vygotsky [10], de trabalho cooperativo e de resolução de problemas. Uma inovação que Santos faz é utilizar as idéias centrais de aprender a aprender na construção de mapas conceituais integrados com o uso da linguagem escrita e da expressão oral, como uma forma de desenvolver todas as potencialidades de comunicação dos alunos, de seus pensamentos e aprendizagens em matemática. Segundo Santos [9] pode-se trabalhar com mapas conceituais do tipo diagnóstico, exploratório, de estudo e de avaliação. A autora procura mostrar como alunos, professores, e pesquisadores podem usar de uma forma diferenciada e com propósitos distintos estes instrumentos em aulas, em atividades de planejamento curricular e em atividades de pesquisa. O trabalho exploratório na disciplina de Cálculo Numérico foi desenvolvido usando estas idéias e incorporando o aspecto computacional em várias turmas da área de ciências exatas e de tecnologia do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET) da UFSCar.

3. Questionamentos

Neste trabalho exploratório iniciamos com os seguintes questionamentos: Como confeccionar mapas conceituais na disciplina Cálculo Numérico? Que tipos de mapas conceituais podem ser feitos? Para que servem os mapas conceituais nessa disciplina? Como motivar alunos, professores da equipe a construir mapas conceituais? Como entender, interpretar, analisar e/ou avaliar os diferentes tipos de mapas conceituais? Como usar e integrar a linguagem escrita e pictórica em nossas aulas/laboratório? Por que é conveniente incorporar atividades de linguagem escrita, oral, pictórica e mental em nossas aulas/laboratório? Que benefícios podem ocorrer para os processos de ensino, aprendizagem e avaliação quando integramos atividades de construir mapas conceituais com atividades de expressão mental, escrita, pictórica e atividades de expressão oral? Como motivar para que os alunos façam tais atividades individualmente ou em grupos e como mostrar os benefícios de tais atividades para o processo de aprendizagem? O que aprendemos sobre nossos alunos e o modo como pensam sobre os conceitos, tópicos e idéias matemáticas quando olhamos e analisamos suas produções sobre a forma de mapas conceituais? O que aprendemos quando temos estas atividades feitas em conjunto ou quando uma atividade complementa a outra? Como analisar, interpretar e avaliar tais atividades? É conveniente criar critérios de apreciação de tais atividades através de

formas estritamente quantitativas ou estritamente qualitativas? Por quê?

4. A expressão de conhecimentos em suas diversas formas

No processo de aprendizagem em geral, o ato de escrever é essencial para desenvolver a curiosidade natural e a compreensão do aluno. Este processo, promove confiança na habilidade de raciocinar para construir pensamentos ordenados logicamente por tentativas e erros, mesmo em circunstâncias problemáticas, além disso, domina a ansiedade que ocorre quando a educação enfatiza as respostas, a falta de opções e também o produto final, não enfatizando o processo de raciocínio e de busca da solução. A escrita informal nem sempre é para ser lida pelo professor e, normalmente, não deve ser avaliada através de notas e/ou conceitos. Nas ciências exatas usamos muito a escrita, mas esta é geralmente formada por um sistema de símbolos próprios. Por que pensar que uma segunda linguagem, a linguagem natural, quer oral ou escrita vai ajudar a aprendizagem dos alunos? Segundo Connolly e Vilardi [4], a prática de escrever regularmente em todas as aulas possibilita que significados fiquem mais claros e que os alunos retenham mais informações em sua memória. Estes pesquisadores afirmam que: A linguagem, oral ou escrita, é uma forma expressiva através da qual nós comunicamos o que tínhamos pensado previamente. É também o instrumento reflexivo através do qual pensamos, sozinhos ou com os outros, sobre o que estamos fazendo (p.9). Este autor também comenta que “o movimento escrever para aprender sobre os usos formais da escrita para mostrar memória e destreza, é menor do que sobre a escrita informal, a linguagem que está formando significado, a escrita que é feita regularmente dentro e fora da escola para auxiliar aos alunos a se apropriarem de idéias passadas em aulas expositivas e/ou livros didáticos” (p.3). Ou seja, este movimento de escrever para aprender refere-se fundamentalmente ao valor do uso de palavras para adquirir conceitos e possibilitar a descoberta do conhecimento.

O discurso interno, fala interior ou expressão interior comentado por Vygotsky [10] aparece aqui, neste pensamento e nas fases que envolvem este pensamento. Segundo Vygotsky: No discurso escrito (ou na expressão escrita) . . . comunicação deve ser atingida apenas através de palavras e suas combinações; isto faz com que a atividade de discurso (expressão) tome várias formas complicadas, contemplando, assim, o uso de esboços, rascunhos iniciais. A evolução do rascunho para a forma final reflete nosso processo mental. Planejamento tem um papel importante no discurso escrito, mesmo quando nós não escrevemos precisamente um rascunho. Geralmente dizemos para nós mesmos o que vamos escrever, isto também é um rascunho, embora o seja apenas na forma de pensamento. Este rascunho mental é discurso interno (fala interior) . . . e o discurso interno funciona como um rascunho tanto para o discurso escrito (expressão escrita) quanto para o discurso oral (expressão oral) (p. 242-243). Santos [8] definiu mapas conceituais como organização pictórica dos conceitos, conexões e exemplos percebidos pelos alunos sobre um determinado assunto. A partir de um conceito central, o indivíduo (ou o grupo)

coloca as palavras e as idéias que relacionam-se com este conceito. Esta organização visual de palavras exhibe as propriedades do conceito central, apresenta exemplos e características do mesmo e registra também outros conceitos relacionados a este tema central. Apresentam-se assim as palavras julgadas relevantes pelo indivíduo ou grupo e as conexões que o indivíduo ou grupo reconhece entre as palavras que usou. Os mapas conceituais podem ser utilizados como estratégia de ensino, de aprendizagem e de avaliação. Estes mapas também são úteis para: fazer uma diagnose, fazer um estudo, fazer um resumo das idéias principais de um texto, e organizar as idéias sobre um assunto. Esta atividade de mapeamento conceitual quando complementada por um texto explicativo do mapa e seguida de exposição oral auxilia o aluno a ter um registro das várias fases de seu pensamento enquanto explora e pensa sobre um tema determinado e enquanto articula para si mesmo e aos outros o que pensou e aprendeu. Estimular que alunos utilizem estas ferramentas de comunicação nas diversas disciplinas vai ajudá-los a aprender os significados, a clarear idéias e conceitos, a perceber pontos ainda obscuros em sua mente, a expressar os seus pensamentos em diversos modos comunicativos

5. Software Numérico

O Software Numérico é um software interativo, de apoio ao ensino e aprendizagem de tópicos de matemática, para ser usado em laboratório de computação, onde conceitos e resultados de Cálculo Numérico apresentados em sala de aula/laboratório são reforçados através da resolução de exercícios. O Software Numérico é constituído pelos módulos: Sistemas Lineares, Raízes de Funções, Interpolação e Aproximação de funções, Integração Numérica e Equações Diferenciais Ordinárias. Implementado usando o Delphi/Pascal 4.0, baseado na interface gráfica do Windows, sendo compatível com os sistemas operacionais Windows 95 ou superior e Windows NT. Atualmente o Software Numérico encontra-se instalado no Laboratório REENGE-UFSCar sendo testado com os alunos da disciplina de Cálculo Numérico, e tem apresentando bons resultados. Este software é munido de um arquivo correção onde todas as tentativas e os trabalhos feitos são gravados, permitindo ao professor analisar as etapas de aprendizagem do aluno sobre os tópicos desenvolvidos em sala de aula. As Figuras 1, 2 e 3 são exemplos das janelas do Software Numérico. Na abertura do software pede-se a identificação do usuário, em seguida, deverá escolher a opção desejada do tópico que vai praticar. No Software Numérico estão disponíveis por exemplo, os seguintes métodos para resolução de sistemas de equações lineares: Método de Decomposição LU, Cholesky, Método de Eliminação de Gauss, Gauss Parcial, Gauss Total e Jordan. Métodos Iterativos de Jacobi-Richardson e Gauss Seidel, Cálculo do Número de Condição da Matriz do Sistema e Inversas de Matrizes. O usuário pode escolher a opção *Sistemas*, fornecendo o sistema de equações lineares, ou *Abrir Sistema* caso este já esteja armazenado e em seguida escolhe o método de resolução como na janela da Figura 1.

Neste momento, o usuário deverá declarar as condições de aplicabilidade do método escolhido conforme a Figura 2.

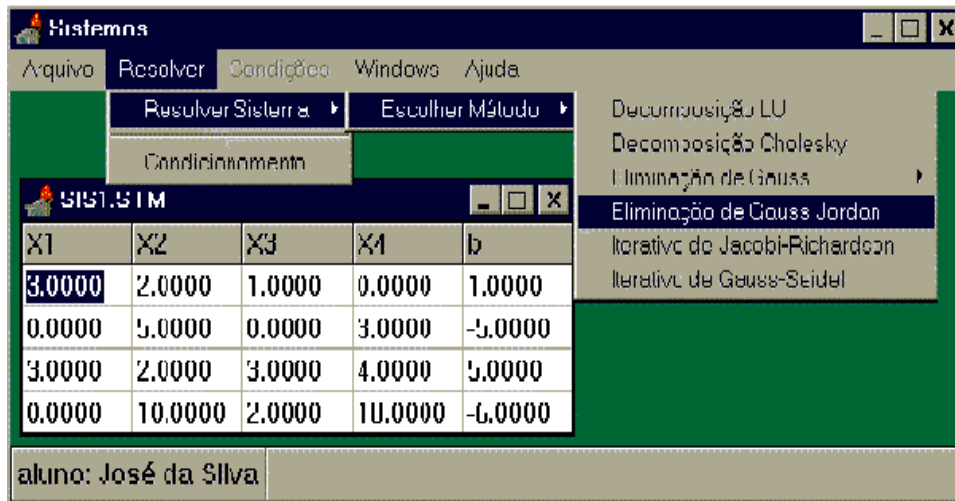


Figura 1: Janela do Software Numérico: Resolver Sistema

Uma vez correta a condição de aplicabilidade selecionada para a aplicação do método, basta clicar em *Solução* e obter uma janela com o resultado desejado conforme na Figura 3.

Os demais módulos do Software Numérico são apresentados analogamente ao exposto aqui, em que o aluno é questionado em cada passo, sobre as condições teóricas de aplicabilidade do método antes de usá-lo. Segundo os estudantes, o software é bem comunicativo, amigável e de fácil utilização.

6. Uso de Mapas Conceituais e do Software Numérico

As experiências foram realizadas em sala de aula e em atividades de Laboratório de Computação para várias turmas de Cálculo Numérico, utilizando o Software Numérico. Em cada turma foram destinadas aproximadamente 7 aulas teóricas de 100 minutos para os conteúdos de Sistemas de Equações Lineares. Ao final de cada tópico, ou antes da atividade de laboratório, os alunos foram esclarecidos sobre a utilização de mapas conceituais, em poucos minutos, como uma forma de auxiliá-los a aprender a aprender, e de expressar em uma forma visual o que já sabem, e o que sentem sobre o método: se é agradável, interessante, fácil de aprender ou complicado, chato, etc., e a seguir, solicitamos que os estudantes construíssem um mapa conceitual sobre o conteúdo do tópico previamente apresentado. Posteriormente, com um entendimento mínimo sobre os Mapas Conceituais e depois de terem confeccionado um mapa preliminar, os estudantes trabalharam aproximadamente por 60 minutos com o Software Numérico, por exemplo, no Módulo Sistemas tendo

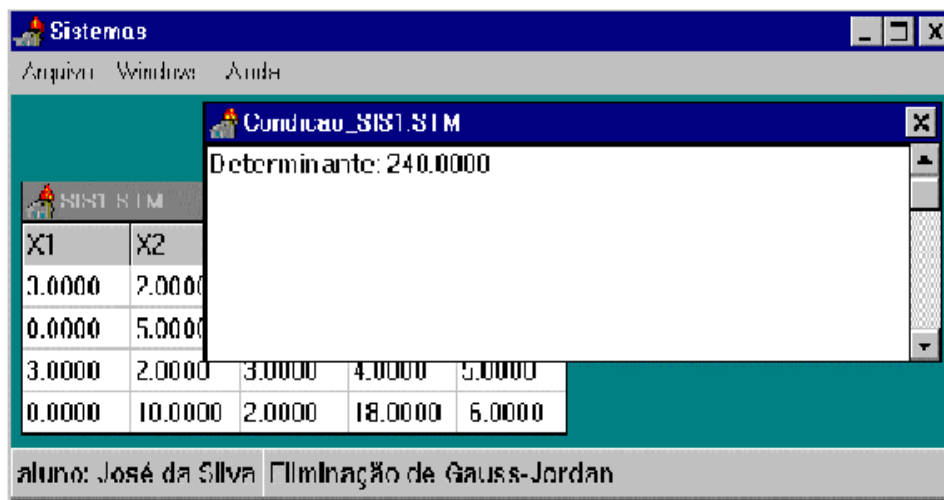


Figura 2: Janela do Software Numérico: Condições Escolhidas

como referência uma lista de exercícios, preparada anteriormente pelo professor envolvendo os métodos abordados. Ressaltamos que para a utilização correta de um método numérico o aluno é questionado passo a passo para verificar se as condições teóricas do método são satisfeitas, caso contrário não consegue resolver o sistema linear proposto. O Software Numérico ajuda o aluno a fazer o rascunho mental ou discurso interno do método em questão, na frente do computador, comentado por Vygostky [10]. Após usarem o software, cada estudante elaborou outro mapa conceitual em aproximadamente 20 minutos, com a finalidade de uma verificação da eficiência da ferramenta computacional como instrumento facilitador do aprendizado do conteúdo trabalhado.

Um primeiro mapa conceitual, geralmente é identificado como um pequeno resumo ou fluxograma como o da Figura 4. Entretanto, após o estudo de cada método numérico e o estudo de um determinado tópico como o de Sistema Lineares, e uma atividade de Laboratório sobre o mesmo com o software Numérico, mapas mais detalhados foram elaborados pelos estudantes, e alguns conceitos puderam ser revistos por eles. Analisando o mapa da Figura 4, feito antes da prática de laboratório, por exemplo, no método de decomposição LU, a estudante achou fácil, vide label do mapa (cara feliz) que ela usou, entretanto, num outro mapa incluindo as fórmulas e detalhes elaborado pela mesma aluna depois da atividade de laboratório, em que se testou a aprendizagem do método, ela mostrou que o mesmo realmente não era fácil. Isto aconteceu com vários estudantes, e nos indica que, o estudante às vezes pensa que adquiriu conhecimento, estudando apenas a parte teórica. Porém, quando solicitado para resolver problemas sobre o conteúdo abordado, verifica-se que os conceitos adquiridos não foram significativos e sua opinião a respeito do que realmente aprendeu é modificada com a elaboração de um novo Mapa Conceitual.

Sistemas				
Arquivo Windows Ajuda				
Sol_SIST.STM				
X1	X2	X3	X4	
0.3333	-1.0000	2.0000	0.0000	
X1	X2	X3	X4	
3.0000	2.0000	1.0000	0.0000	1.0000
0.0000	5.0000	0.0000	3.0000	-5.0000
3.0000	2.0000	3.0000	4.0000	5.0000
0.0000	10.0000	2.0000	18.0000	-6.0000
aluno: José da Silva Método: Eliminação de Gauss-Jordan				

Figura 3: Janela do Software Numérico: Solução do Sistema

Esta atividade propicia uma revisão da matéria e a ênfase na resolução de problemas pelo método que encontrou mais dificuldade, reforçando para o aluno os pontos que estejam falhos, permitindo uma melhor preparação do mesmo. Tal sentimento, o professor geralmente tem quando aborda um assunto e os alunos argumentam que já o entenderam, mas quando lhe é proposto a resolução de um problema, o aluno pensa melhor e começa encontrar dificuldades ou dúvidas, pois não tem certeza que houve o aprendizado.

Com os mapas conceituais elaborados após a utilização do software, os alunos mostraram que este é fundamental não só para o entendimento das condições de aplicabilidade dos métodos trabalhados, mas também para facilitar a memorização das condições específicas exigidas por cada método estudado, principalmente quando os mapas eram discutidos entre grupo de 3 ou 4 alunos. Na avaliação formal aplicada nas várias turmas que consistiu de uma prova parcial escrita, geralmente na aula posterior a utilização do software e a feitura dos mapas conceituais, constatamos em que pelo menos 65% dos estudantes que participaram destas atividades ficaram com a nota final acima da média da turma.

Neste sentido, acrescentamos ao uso do Software Numérico, o Mapa Conceitual escrito antes e depois da aula de Laboratório. Observações realizadas indicam que o mapeamento conceitual é uma atividade que realmente estimula a criatividade do aluno.

Aprender um método numérico é uma atividade que não pode ser compartilhada; pois é algo de responsabilidade individual. Aprender o significado de um método numérico, requer diálogo, troca de idéias, compartilhamento e algumas vezes compromisso. Significados sim, podem ser compartilhados, discutidos, negociados e acordados conforme Novak e Gowin [6]. Nas experiências de algumas turmas reco-

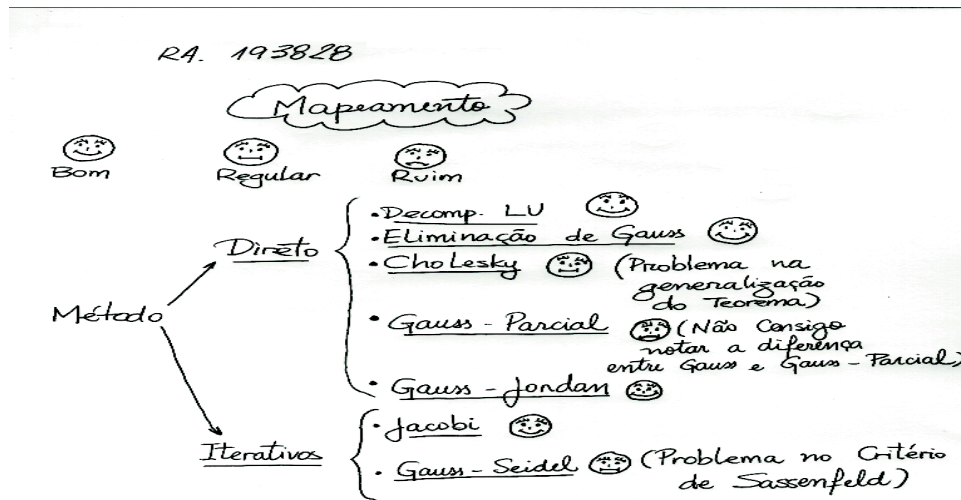


Figura 4: Mapa Conceitual feito antes da Atividade de Laboratório

nhecemos que quando o mapeamento conceitual foi realizado em grupos de 3 ou 4 alunos mostrou-se muito útil, despertou o cooperativismo, incrementou a sociabilidade e produziu valiosas discussões na sala de aula/laboratório.

7. Conclusão

Sobre os nossos questionamentos iniciais, decidimos solicitar aos nossos alunos a integração dos Mapas Conceituais elaborados juntamente com a aplicação do Software Numérico antes e depois da atividade de laboratório. Foi uma forma de incentivá-los à aquisição de conhecimento significativo, pois advertimos que na aula de laboratório eles só conseguiriam resolver os problemas caso soubessem não somente os métodos, mas também as condições teóricas de aplicabilidade dos mesmos. Concluímos pelo rendimento dos alunos que a integração aula/mapa conceitual/laboratório/mapa conceitual/avaliação formal foi válida e produtiva. Algumas dificuldades encontradas foram que em certas turmas alguns alunos preferiram não participar dos experimentos, mas na maioria delas os estudantes participaram ativamente e gostaram muito. Outros, porém, não fizeram os mapas, dado o caráter optativo, mas fizeram um resumo do tópico, o que também mostrou-se proveitoso. Acreditamos que ainda é preciso criar critérios mais fáceis e menos trabalhoso para o responsável pela disciplina analisar e avaliar as atividades integradas.

É importante ressaltar que estudantes e professores construindo frequentemente mapas conceituais, passam a reconhecer novas relações e portanto novos significados ou pelo menos significados que eles não possuíam conscientemente antes de fazer o mapa.

Abstract. In the 'Universidade Federal de São Carlos' new methods of teaching

and new techniques in the process of teaching - learning - assessment have deserved special attention by the teachers of Mathematics Department. In 1996, a software called 'Sistemas' was designed and implemented which allowed significant advances in teaching Introduction to Computational Mathematics. This first software included only methods to linear systems. Later, in 2000 the 'Sistemas' was extended to include other topics such as methods to solution of nonlinear equation, interpolation, function approximation, numerical integration and ordinary differential equation. The extension was called 'Software Numérico'. The software is interactive-type so that the student has to answer background question before applying any method. In this work we incorporate the use of Conceptual Maps integrate with written, spoken and computation language in order to study topics of Computational Mathematics by using 'Software Numérico'. Furthermore, we discuss both benefits and difficulties due to such integration.

Referências

- [1] S.H.V. Arenales, A. Darezzo Filho e F. Tanigutti, Software Sistemas, em "XX CNMAC", 1997.
- [2] S.H.V. Arenales e F. Tanigutti, Software Numérico, Módulo Raízes, em "XXII CNMAC", 1999 e em "COBENGE", 1999.
- [3] S.H.V. Arenales e D. Barretos, "Software Numérico", DM - CCT - UFSCar, 2000.
- [4] P. Connolly e T. Vilardi, "(Eds) Writing to learn mathematics and science", New York: Teachers College Press, 1989.
- [5] M.A. Moreira e B. Buchweitz, "Mapas conceituais: Instrumentos didáticos de avaliação e análise de currículo", Editora Moraes, São Paulo, 1991.
- [6] J.D. Novak e D.B. Gowin, "Learning how to learn", Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts, 1984.
- [7] J.A. Salvador, S.H.V. Arenales, A. Darezzo Filho e V.M.P. Santos-Wagner, Mapas Conceituais/Software Numérico: Uma experiência no Estudo de Sistemas Lineares e Zeros de Funções, em "Anais do COBENGE 2001", CD-ROOM, PUC - RS, 2001.
- [8] V.M.P. Santos, "Metacognitive awareness of prospective elementary teachers in a mathematics content course and a look at their knowledge, beliefs and metacognitive awareness about fractions", Indiana Univ., Bloomington, Indiana, USA e Associação de Professores de Matemática, Lisboa, Portugal, 1993.
- [9] V.M.P. Santos, "(Org.) Avaliação de aprendizagem e raciocínio em matemática: Métodos alternativos", Insto. de Mat./Univ. Federal do Rio de Janeiro, 1997.
- [10] L. Vygotsky, "Thought and language", The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, (4a ed.), (Revisada e traduzida por Alex Kozulin), 1989.