PROPOSTA DE INSERÇÃO DA DISCIPLINA DE CÁLCULO NUMÉRICO EM COMPUTADORES NOS CURSOS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO – UMA ABORDAGEM CURRICULAR INTEGRATIVA

Clara Amélia de Oliveira[1], Bernardo Gonçalves Riso[2]

Abstract — *The present paper presents new possibilities of insertion of a Numerical Calculus discipline looking for Engineering and Computer Science curriculum in terms of integrative view in education. Migration from traditional curriculum view, or disciplinary view, to integrative view, is in accordance with globalization demands in technological careers. The Integrative Curriculum approach is also called Inverted Curriculum or even Project Oriented Curriculum. It is presented a theoretical proposal in terms of curriculum organization looking for the integrative view which is born after years of concrete experience in the Numerical Calculus discipline from Engineering and Computer Sciences courses in the Federal University Santa Catarina. The proposal is enough generic to support several kinds of implementations including its adaptation to traditional sequential curriculums. Potentiality of results increases according with each reached level of curricular integration.*

Index-Terms — traditional curriculum, integrative curriculum, computer programming, numerical calculus discipline, project orientation.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta alguns aspectos pedagógicos referentes à experiência dos autores com a didática associada à disciplina de "Cálculo Numérico". Essa disciplina é fundamental em currículos tradicionais de cursos tecnológicos, nas áreas de Engenharia, Ciências da Computação e Sistemas de Informação, entre outras áreas de atuação na Universidade Federal de Santa Catarina. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo colocar questões educacionais e pedagógicas na busca de um currículo integrativo, a partir do currículo tradicional atual.

Primeiramente, descrevem-se algumas características da disciplina de Cálculo Numérico em Computadores na UFSC, nas turmas sob a responsabilidade do prof. Bernardo Riso, com dados que incluem objetivos, aspectos didáticos e o sistema de avaliação por ele adotado. Na segunda parte do presente trabalho, discute-se a possibilidade da integração das disciplinas de "Introdução à Programação em Computadores" e "Cálculo Numérico" na perspectiva do currículo integrativo. Esta abordagem foi adotada pela Prof. Clara Oliveira em uma disciplina introdutória de programação em computadores, na primeira fase do curso de graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental, e dos cursos de Ciências da Computação e de Sistemas de Informação, e mostrou que é possível buscar uma integração maior das disciplinas de programação, de cálculo numérico e de desenvolvimento de projeto.

A seguir, apresentam-se os conceitos de 'currículo tradicional' e 'currículo integrativo'. A compreensão destes dois enfoques vão apoiar a discussão da proposta pedagógica a ser apresentada neste trabalho.

O "Currículo Tradicional" pode ser definido como aquele de foco disciplinar e seqüencial, em que se fixa uma seqüência de disciplinas e divide-se o curso todo em ciclo básico e ciclo profissionalizante. A distribuição de conteúdos se dá através de uma orientação que vai das partes para o todo. A clássica seqüência de disciplinas inclui: "Introdução à Programação em Computadores", "Cálculo Numérico em Computadores" e "Desenvolvimento de Projeto de Engenharia ou de Sistemas".

Por outro lado, o "Currículo Integrativo" pode ser definido como focado em projetos, ou ainda em temáticas. Sua abordagem do conhecimento se dá no sentido do geral para o particular. Este tipo de currículo pode ser implantado desde que se apresente uma disciplina introdutória de desenvolvimento de projetos ou que a metodologia da disciplina de introdução à programação utilize o foco de projeto para desenvolver seu conteúdo programático. Neste enfoque, os conteúdos ditos do ciclo profissionalizante migram para as primeiras fases, mesmo que em versões simplificadas. Esta abordagem parte da visão do todo para a das partes. E as disciplinas de programação e de cálculo numérico aparecem como suporte para tratar várias questões surgidas no projeto.

Na última parte do presente trabalho propõe-se uma abordagem mista, com efeito pedagógico, em que o foco em projetos pode ser adotado no contexto das disciplinas tradicionais. A visão de projeto, nesse caso, estaria presente desde a primeira disciplina que passa, então, a combinar melhor o conteúdo genérico com o conteúdo particular. O enfoque da orientação a projetos não é novo, porém ultimamente tem ganhado espaço como alternativa pedagógica face às demandas da globalização e inserção de novas variáveis no perfil profissional exigido para os cursos tecnológicos.

1 Clara Amélia de Oliveira, Professora Aposentada do Depto. de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina, Praça Santos Dumont, 160/504,88-36-680, Florianópolis, SC, Brasil, clara@inf.ufsc.br
2 Bernardo Gonçalves Riso, Professor do Depto. de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, C.P. 476, 88400-900, Florianópolis, SC, Brasil

HISTÓRICO DA DISCIPLINA DE CÁLCULO NUMÉRICO NA UFSC E SUA INSERÇÃO NO CURRÍCULO TRADICIONAL

A Universidade Federal de Santa Catarina adota o currículo focado em disciplinas, de acordo com o modelo seqüencial tradicional. Com esse modelo curricular, a disciplina de "Cálculo Numérico em Computadores" pode ser lecionada em oito cursos de graduação em Engenharia e dois cursos de Física, perfazendo cerca de duzentas e cinqüenta matrículas por semestre. Atualmente, essa disciplina conta com a coordenação do Grupo de Disciplinas Afins – GPDA de Computação Numérica. Além dos professores de cálculo numérico, participam desse grupo professores das disciplinas de Computação Científica e de Cálculo Numérico para Computação. Como objetivos da disciplina tem-se:

- **Objetivo Geral:** Tornar o aluno apto a utilizar recursos computacionais na solução de problemas que envolvam métodos numéricos;
- **Objetivos Específicos:** Identificação de erros que afetam os resultados numéricos fornecidos por máquinas digitais; resolver equações por métodos numéricos iterativos; conhecer as propriedades básicas dos polinômios e determinar as raízes das equações polinomiais; resolver sistemas de equações lineares por métodos diretos, e iterativos; resolver sistemas não lineares por métodos iterativos; conhecer e utilizar o método dos mínimos quadrados para o ajuste polinomial e não polinomial; conhecer e utilizar técnica de interpolação polinomial para a aproximação de funções; efetuar a integração numérica; resolver equações e sistemas de equações diferenciais ordinárias através de métodos numéricos. E por fim, elaborar algoritmos correspondentes a todos os métodos numéricos abordados e programá-los em computador.

Os objetivos são alcançados através da abordagem tradicional, que é voltada para a utilização de computadores e busca atender à demanda dos cursos de engenharia. Como definidos acima, os objetivos não especificam os métodos numéricos estudados. Essa especificação é feita no detalhamento dos tópicos do programa da disciplina.

Os aspectos didáticos se referem basicamente às atividades do segundo autor em aulas teóricas e práticas.

Nas aulas teóricas descrevem-se os métodos, apresentam-se exemplos de sua utilização, estabelece-se o campo de aplicação de cada método e as limitações de seu uso.

Nas aulas práticas são construídos os algoritmos e os programas de computador referentes aos métodos numéricos discutidos previamente na teoria. A elaboração desses programas envolve questões de execução, de teste em situações específicas e de extensão progressiva de funcionalidade.

Quanto ao sistema de avaliação, nas turmas em que atua o segundo autor, utiliza-se a avaliação escrita tradicional, através de uma série de provas distribuídas ao longo do semestre letivo. O formato típico de uma prova pode ser visualizado na Tabela I.

A primeira questão é de natureza dissertativa. Com ela avalia-se o domínio que o aluno tem dos conceitos e a sua capacidade de elaborar discursos sobre os tópicos da prova.

TABELA I
FORMATO PADRÃO DA PROVA ESCRITA DE CÁLCULO NUMÉRICO

Componente	Caracterização
(Cabeçalho)	TÓPICOS AVALIADOS
Questão 1	DISSERTATIVA
Questão 2	APLICADA
Questão 3	APLICADA
Questão 4	ALGORITMO

As questões 2 e 3, da prova escrita padrão de cálculo numérico podem ser respondidas pelo aluno com auxílio de uma máquina de calcular. Na última questão, questão 4, concernente ao desenvolvimento de algoritmos numéricos de caráter didático, o aluno utiliza uma pseudo-linguagem de programação para generalizar o emprego de um método.

No sistema atual, visualiza-se a possibilidade de experiências didáticas, com oficinas de programação numérica (para treinamento em técnicas de codificação de algoritmos), envolvendo aplicações práticas na engenharia que ilustram de forma direta a exposição teórica, e podem contribuir para aumentar o interesse dos alunos.

Adiante, apresenta-se uma proposta pedagógica, desenvolvida para o currículo tradicional [1], apontando, porém, para novas possibilidades que dão ocasião à mudança de foco na abordagem dos conhecimentos e, no futuro, à substituição do paradigma educacional tradicional pelo paradigma da visão da complexidade na educação, para os cursos tecnológicos. Esta abordagem educacional integrativa está fora do escopo do presente trabalho, mas ela amplia a mudança de enfoque pedagógico não apenas na forma de abordagem do conhecimento, mas também na forma de realizar a avaliação do ensino /aprendizagem e da utilização dos instrumentos pedagógicos de apoio, conforme Oliveira [1].

ADOÇÃO DA ABORDAGEM INTEGRATIVA NOS CURRÍCULOS TRADICIONAIS

A proposta descrita a seguir é fruto da experiência pedagógica de Oliveira [1]-[5] no ensino de graduação em cursos de Engenharia, Ciência da Computação e Sistemas de Informação referente à disciplina de "Introdução à Computação". Essa disciplina é usualmente posicionada na primeira fase do denominado ciclo básico, sob orientação curricular tradicional seqüencial, isto é, das partes para o todo, e baseada em núcleos de conhecimento denominados de disciplinas.

A proposta se refere à disciplina introdutória de programação em computadores, mas, de forma similar à da disciplina de cálculo numérico, tem como objetivo, além do desenvolvimento de habilidades computacionais, o despertar das habilidades de desenvolvedor de projeto ou de sistemas, estimulando o planejamento antes da realização das atividades de programação propriamente ditas. Esta é uma tendência natural a ser adotada, em termos de aproximação com a realidade globalizada de nossos dias.

Os alunos levarão o conteúdo de da disciplina de "Introdução à Programação em Computadores", considerada pré-requisito, e na sequência, passam a desenvolver, de forma aprofundada e continuada, habilidades matemáticas para a resolução de problemas e habilidades computacionais para o desenvolvimento de programas, utilizando então métodos numéricos como ferramentas matemáticas na disciplina de "Cálculo Numérico".

A abordagem tradicional, seqüencial, que evolui das partes para o todo, é representada na Figura 2. Nessa figura, os módulos de conhecimento 1, 2 e 3, indicam o progresso no tratamento de um tópico-exemplo ('cálculo do fatorial do número N') em três disciplinas do currículo. Já, a abordagem integrativa pode ser visualizada na Figura 3 em que os módulos de conhecimento 1, 2 e 3, indicam a inversão na seqüência de apresentação do tópico-exemplo no currículo. Esta experiência pedagógica foi realizada na disciplina de "Introdução à Programação em Computadores", seguindo as regras do currículo tradicional, conforme mostra a Tabela II, exposta mais adiante. A experiência demonstrou ser possível estimular a visão do todo para as partes sem mudança curricular.

A Figura 2, logo abaixo, ilustra a adoção do tópico-exemplo escolhido que aparece nas disciplinas "Introdução à Programação" (disciplina 1), "Cálculo Numérico" (disciplina 2) e "Introdução ao Projeto de Engenharia ou de Sistemas" (disciplina 3).

A figura 3, por sua vez, ilustra a adoção deste mesmo tópico-exemplo, agora mostrando uma nova seqüência de módulos de conhecimento relativa a tal tópico.

A evolução pedagógica traduzida pelas Figuras 2 e 3, contou com duas grandes contribuições práticas, que apareceram a longo do tempo e que são descritas a seguir.

A primeira contribuição pedagógica foi proporcionada pela mudança de paradigma de programação, nos cursos de Ciências da Computação e Sistemas de Informação da UFSC, no final dos anos 90, passando do paradigma de "Programação Estruturada", que utilizava, basicamente, a linguagem de programação em computadores denominada de "linguagem Pascal" para a utilização do paradigma da "Orientação a Objetos", utilizando-se a linguagem "Object Pascal", [6]-[7]. Esta mudança foi muito significativa e teve um grau de ousadia dado que a modelagem complexa em desenvolvimento de software era uma particularidade do ciclo profissionalizante nos cursos de bacharelado em ciências da computação, e a migração das técnicas de desenvolvimento de software próprias da disciplina de engenharia de software agora se farão presentes no início do curso, desde a primeira fase. A proposta aceita nos cursos de bacharelado em ciências da computação da UFSC e depois também no curso de sistemas de informação teve forte influencia de Bertrand Meyer [8]-[9] que havia proposto o que ele denominou de currículo invertido no curso de ciências da computação. O colegiado do curso de Ciências da Computação da UFSC a promoveu esta significativa mudança de paradigma de programação desde a primeira fase do curso de graduação.

A segunda contribuição pedagógica ocorreu, de forma totalmente casual, devido à experiência em ministrar a disciplina de "Introdução à Programação" no curso de graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Neste curso de engenharia, especificamente, por questões de ordem puramente contextuais, propiciou-se o aparecimento de temas de trabalho com grande amplitude. A análise desses temas impôs um raciocínio pautado em categorias de conhecimento bastante genéricas, até se chegar a categorias de conhecimento mais particulares tais como, no caso, as categorias referentes a problemas tecnológicos em si e, mais particularmente ainda, as categorias referentes à utilização de métodos matemáticos para resolução daqueles problemas.

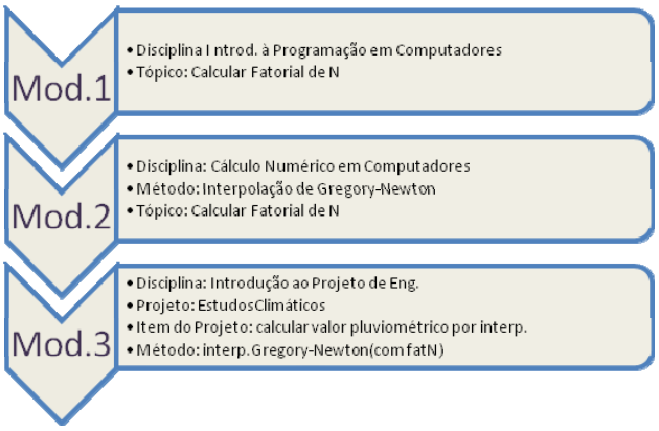

Figura 2
EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM TÓPICO NO CURRÍCULO TRADICIONAL SEQÜENCIAL.

Na Figura 2, o conteúdo destacado como exemplo, 'cálculo do fatorial do número N', aparece de forma fragmentada, ou seja, do específico para o geral. Inicialmente, o 'cálculo do fatorial de N' aparece como tópico de aprendizagem na disciplina de "Introdução à Programação de Computadores" (Módulo1). O tópico se refere ao aprendizado de duas estruturas de programação computacional: 'estrutura de repetição' e 'estrutura condicional'. Posteriormente, o tópico do fatorial de N volta a ser abordado, agora como parte de um método matemático, 'interpolação através da fórmula de Gregory-Newton', na disciplina de "Cálculo Numérico" (Módulo2), que tem a disciplina Módulo1 como pré-requisito. E por último, o conteúdo do fatorial de N aparece na disciplina de cunho profissionalizante, "Introdução ao Projeto de Engenharia"

(Módulo3), envolvendo temas de projetos da área específica de cada curso de engenharia.

A Figura 3 ilustra um exemplo de projeto do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental: 'Estudos Climáticos'. Nesse projeto destaca-se a relevância do assunto que é também muito atual devido às mudanças climáticas e seu impacto sobre a natureza.

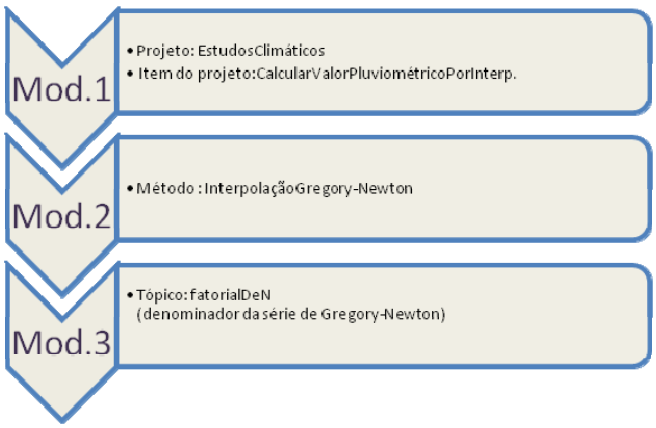

Figura 3
EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM TÓPICO NO CURRÍCULO INTEGRATIVO.

Agora, na Figura 3, os três módulos de conhecimento se referem a uma só disciplina. Este enfoque se denomina de integrativo e sua implementação pode dar-se através de uma seqüência de versões de um mesmo meta-projeto. Os conteúdos evoluem do todo para as partes com dificuldade que cresce a cada nova versão. A proposta pretende mostrar que a abordagem integrativa é viável mesmo quando se mantém o paradigma educacional tradicional cujo enfoque é disciplinar.

A nova proposta pode ser implementada no contexto do currículo normal desde que haja interação das disciplinas em termos dos exemplos utilizados. Um mesmo exemplo/projeto deve reaparecer em diferentes disciplinas do currículo tradicional. Como mostra a Figura 3, pode-se ter um projeto inicial na disciplina de Introdução à Programação cuja continuidade se dá na disciplina de Cálculo Numérico. A ligação entre as disciplinas é feita através do projeto que pode iniciar em um semestre e ter continuidade por vários semestres. Trata-se de um acordo a ser feito entre os cursos e os professores das disciplinas básicas. Nada que possa ser considerado impossível. Precisa-se somente de alguma organização em prol da visão generalista que vai incorporar o perfil profissional do futuro engenheiro. Esta tendência aliás está presente nas atuais exigências de seu perfil profissional nas áreas de engenharia e computação.

ADAPTAÇÃO DO CONTEÚDO PROGRAMÁTICO PARA A ABORDAGEM INTEGRATIVA NO CURRÍCULO TRADICIONAL

Uma experiência com a introdução da abordagem integrativa no currículo tradicional dos cursos de engenharia e computação da UFSC se deu através da mudança de enfoque na disciplina de "Introdução à Programação". O enfoque de 'orientação a problema' de pequeno porte passou para o enfoque de 'orientação a projeto', mostrando a potencialidade de seu uso, mesmo em versões iniciais e simplificadas de projetos.

A Tabela II resume a experiência pedagógica que demonstra ser possível envolver disciplinas de "Introdução à Programação" com carga horária bem diferenciada (por imposição curricular), utilizando diferentes paradigmas de programação, e ainda beneficiar alunos de diferentes cursos de engenharia que desfrutam de um mesmo ambiente de aprendizagem. Nessa experiência não foram alteradas as regras tradicionais impostas em cada currículo.

A Tabela II destaca ainda a experiência com orientação a projetos nos diferentes cursos, respeitando as cargas horárias específicas e os diferentes paradigmas de programação adotados em cada um dos cursos.

TABELA II
FORMATO DA ORIENTAÇÃO A PROJETOS NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO

Disciplina	Carga Horária	Paradigma Computacional
Introd. Progr. Comp.	057h/aula	ESTRUTURADO
Introd. Progr. Comp.	108h/aula	ORIENT. A OBJETOS

ANÁLISE PEDAGÓGICA DA RELAÇÃO ENTRE AS DISCIPLINAS DE PROGRAMAÇÃO EM COMPUTADORES, CÁLCULO NUMÉRICO E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Deseja-se investigar qual é, na prática, a relação que se pode estabelecer hoje, entre os conteúdos de Cálculo Numérico e de Programação em Computadores (que são duas disciplinas pertencentes ao denominado ciclo básico) e o conteúdo da disciplina de Projeto (esta, pertencente ao denominado ciclo profissional).

No currículo tradicional, normalmente existe uma seqüência de disciplinas, começando com a disciplina de 'Introdução à Programação em Computadores' que precede a disciplina de 'Cálculo Numérico', a qual, por sua vez, precede a disciplina de 'Desenvolvimento de Projeto'.

Algumas adaptações se tornam necessárias para migrar da concepção tradicional para a concepção integrativa, mas é possível implantar a nova concepção sem grandes modificações na proposta curricular tradicional.

A primeira adaptação se refere ao foco em projeto desde os primeiros momentos do curso de graduação. Isto é possível uma vez que nem todos os assuntos pertinentes ao

projeto precisam ser tratados nas versões iniciais. Os assuntos mais genéricos e mais detalhados, referentes aos projetos vão, no entanto, estar presentes no sentido de despertar o interesse dos alunos, proporcionando o alinhamento com o futuro no curso. Os detalhes vão parecer a cada etapa do curso, em uma seqüência de versões de projeto com dificuldade crescente.

A técnica a ser utilizada nesta abordagem denomina-se 'princípio da abstração'. Ela é muito útil por permitir a discussão de uma variedade de assuntos de forma bem detalhada, e por escolher aspectos simples para implementação, nas primeiras versões do projeto geral. Desta maneira, em algum momento do curso introdutório de programação em computadores, é possível desenvolver uma versão bastante simples de um projeto de engenharia que contenha um ambiente matemático com métodos numéricos. No paradigma de programação estruturada este ambiente se denomina unidade ('Unit') e no paradigma de programação da orientação a objetos este ambiente se chama classe, cuja instância é o objeto matemático com seus diferentes métodos.

CONCLUSÕES

Diferença de caráter do currículo tradicional e do currículo integrativo. O currículo tradicional, ou orientado à seqüência de disciplinas, tem uma lógica para a construção de soluções de problemas que vai das partes para o todo. Ele é diferente do currículo integrativo, ou currículo invertido, ou ainda, currículo orientado a projetos, cuja dinâmica vai do todo para as partes.

Possibilidades de implantação pedagógica independentemente de orientação curricular. Existem várias abordagens possíveis para ministrar a disciplina de "Cálculo Numérico" nos cursos de Engenharia e Computação, segundo diferentes enfoques de conhecimento. A diferença conceitual e epistemológica entre os dois enfoques curriculares não impede a implantação, em caráter de transição, das idéias integrativas no currículo tradicional atual. A implantação dessas idéias pode ser realizada com pequenas modificações de procedimentos, intensificando a comunicação entre os professores e acordando os tipos de exemplos a serem adotados sucessivamente nas diferentes disciplinas.

Potencialidade de retorno pedagógico. A quantidade de bons resultados tende a crescer na medida em que se consiga maior integração curricular. Na prática, a colaboração dos professores das diversas disciplinas na busca de sínteses, propicia uma situação em que projetos são elaborados pelos alunos desde os primeiros tempos de universidade.

REFERÊNCIAS.

[1] Oliveira, C.A., "Uma proposta educacional na construção do elo todo x partes enunciado por Blaise Pascal", Tese de Doutoramento, EPS, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2001.

[2] Oliveira, C.A. "Thematic Approach Formulation – a Theoretical Contribution to International Engineering and Informatics Curriculum", In: Win Aung ET alli (Org.), Innovations 2005 – World Innovations in Eng. Education and Research, 1 ed., Arlington, iNEER/Begell House, USA, v.1, p. 481-492, 2005.

[3] Oliveira, C.A. "Oriented Integration from Basic Sciences and Engineering – a Complex Approach for Innovative Entry Level Courses", In: VII International Conference on Engineering and Technology Education-INTERTECH2002, Santos, S.P., Brasil, 2002.

[4] Oliveira, C.A., Nakao,O.S., "Integração do Ensino-Pesquisa-Extensão- Análise Pedagógica de uma Experiência no Curso de Graduação de Engenharia Civil da USP", In: World Congress on Engineering and Technology Education, Bertioga, S.P., Brasil, 2004.

[5] Oliveira Oliveira, C.A., Souto, M.S.M., "Abordagem Complexa na Educação - Implementação de um Tema de Pesquisa em Engenharia Civil Envolvendo os Países Portugal e Brasil", In: International Conference on Engineering Education-INTERTECH2008, Peruíbe, S.P., Brasil, 2008.

[6] Oliveira, C.A., Boratti, I.C., "Ensino de Computação no Contexto de Iniciantes – um Salto de Qualidade através do Paradigma Representaciona do Conhecimento Orientado a Objetos", In: Congreso Ibero Americano de Educatión Superior en computción-CIESC-98, Quito, Ecuador, 1998.

[7] Oliveira, C.A., Conte, M.F., Riso, B.G., "Aspects on Teaching/ Learning with Object Oriented Programming for Entry Level Courses of Engineering", In: International Conference on Engineering Education, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

[8] Meyer, B. [on line], "Towards an object Oriented Curriculum", disponível em http://www.eiffel.com, 1993.

[9] Meyer, B. Object-Oriented Software Construction, ed. Prentice Hall, U.K., 1988.