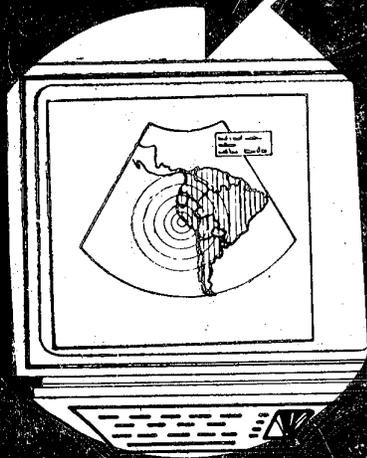


**PANEL
INFO '82**



IX CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE INFORMATICA



**16 AL 20 DE AGOSTO DE 1982
LIMA - PERU**

**III
Convención Peruana
de
Computación é
Informática**

004.06
C748
V.2

SOBRE UM CURSO INICIAL DE MATEMÁTICA COMPUTACIONAL

Therezinha Chaves

Departamento de Informática
Pontificia Universidad Católica do Rio de Janeiro
Brasil



IX CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE
INFORMATICA

16 al 20 de Agosto de 1982
Lima - Perú

I) INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia nacional representa para nossos países, sul-americanos, um grande desafio. Cada dia mais se necessita de pessoas altamente qualificadas capazes de resolver, com recursos próprios, os problemas matemáticos que são obtidos pela modelagem de problemas de Engenharia, de Física, etc. Esse processo está dentro dos limites da chamada Matemática Computacional, cujo objetivo é a solução numérica de problemas matemáticos. Nos países desenvolvidos essa área se encontra em franco progresso, já que nela se baseia toda a infra-estrutura para seu parque tecnológico. Nos países em desenvolvimento, até bem pouco tempo, todas as novas propostas tecnológicas já eram introduzidas com uma solução importada. Importávamos soluções da mesma forma que importávamos equipamentos. Entretanto, agora, já se nota que começa a surgir com vigor interesse nessa área, na medida em que aumenta a consciência de que é necessário resolver nos-

soz problemas com nossos próprios recursos.

Tendo em vista essa proposta, torna-se bastante claro que é essencial a existência de um curso, a nível de graduação, que introduza os principais conceitos da Matemática Computacional e já inicie os alunos com o processo de familiarização com os problemas numéricos.

É dentro desse contexto que se apresenta, a seguir, todo um estudo sobre a política geral de um curso de CÁLCULO NUMÉRICO para os programas de ciências e de engenharias. Discutir essa visão nos parece muito importante, uma vez que é nesse curso que, pela primeira vez, o aluno tem contato com problemas numéricos. Assim, as idéias e as impressões adquiridas serão as mais fortes em sua vida futura.

Apresentamos, então, uma proposta já levada a vários professores brasileiros de Cálculo Numérico e que, acreditamos, pode ser o ponto de partida para um debate, a nível latino-americano, sobre educação em Matemática Computacional (e em Informática em geral), a nível de graduação. À medida que os programas vão se multiplicando, que o número de alunos cresce e que os interesses vão se tornando contraditórios, mais e mais se necessita discutir esse fato. Sabemos, por exemplo, que a computação numérica no Departamento de Defesa Americano chega a 75% de toda a computação realizada e que esse número é estimado em cerca de 50% de toda a computação realizada nos Estados Unidos (segundo J. Rice - Purdue University).

Por isso, quando nossos países assumirem a posição de nações com possibilidades grandes de desenvolvimento tecnológico, é preciso que já existam, formados, profissionais capazes de levar adiante tarefa tão importante - desenvolver e implementar os processos tecnológicos nacionais.

Vamos, então, dentro desse espírito crítico e construtivo, estruturar essa apresentação em cinco partes: Objetivos do Curso; Conteúdo; Abordagem; Metodologia e Infra-estrutura.

II) OBJETIVOS

De um modo geral o objetivo maior de um curso de Cálculo Numérico é familiarizar o aluno com métodos que ele poderá usar para resolver os problemas matemáticos mais frequentes das carreiras técnicas e científicas. Entretanto, para tornar mais viável satisfazer este objetivo, vamos subdividi-lo em partes.

a) Conhecimento dos métodos numéricos mais utilizados, usados na solução de alguns problemas matemáticos.

Cada vez mais se observa um desenvolvimento maior no estudo da Análise Numérica em todo o mundo. Com o advento de computadores mais e mais velozes e complexos, o estudo dos processos numéricos se aprofunda e hoje o que vemos é uma quantidade enorme de métodos, desde os mais simples até os mais sofisticados; desde os mais limitados aos mais gerais.

Assim sendo, é preciso que um estudante possa conhecer esta poderosa ferramenta que dispõe, para que, na hora de resolver um problema específico na sua carreira profissional, tenha idéia do que usar.

b) Aplicação da Teoria Matemática à prática

Uma queixa constante dos alunos, em relação ao que se aprende nas cadeiras de Matemática, é que eles não precisam de "toda aquela teoria". A Análise Numérica é uma disciplina que necessita dos resultados teóricos de Cálculo, Álgebra Linear, Análise Funcional, Topologia, etc. e trabalha em cima deles. Deste modo representa uma possibilidade grande de dar ao aluno uma oportunidade de ver parte da teoria que aprendeu, aplicada a problemas práticos.

c) Utilização e fixação de conceitos de programação

Um curso de programação propicia que os alunos aprendam em geral conceitos básicos e uma linguagem de alto nível. Mas, como se trata de apenas um semestre não é possível que trabalhem razoavelmente com programas. Um curso de Cálculo Numé

rico pode e deve servir como elemento de fixação e de treino para programação, sem ser, entretanto, orientado apenas para isto. Aprender como se utilizam rotinas já implementadas, como fazer pequenas mudanças em algumas delas, como estabelecer relações entre os parâmetros de entrada e saída, são, por exemplo, coisas que o aluno deve conseguir com este curso.

Um outro aspecto é a possibilidade de se dar ao aluno uma visão crítica da utilização de linguagens de alto nível e de máquinas de vários portes, possibilitando uma escolha futura, como usuário.

d) Conhecimento de rotinas já existentes

Outra atividade importante é que o aluno se familiarize com os pacotes de rotinas científicas existentes. Este hábito é bastante econômico pois evita que alguém gaste tempo e esforço para fazer um programa que outras pessoas já fizeram. Além disso pode desenvolver o interesse por algumas publicações especializadas.

III) CONTEÚDO

Em termos de conteúdo acadêmico, achamos que um currículo de Cálculo Numérico deve ser composto, essencialmente, de uma visão elementar de alguns tópicos da Análise Numérica. Portanto, para nós não tem sentido um curso de "receitas" prontas, onde o aluno não tem o mínimo contato com a teoria matemática que sustenta os métodos numéricos.

A) Tópicos Recomendados

- 1) Erros; aproximações, convergência de seqüências
- 2) Raízes de funções transcendentales (incluindo polinômios)
- 3) Interpolação, integração numérica
- 4) Ajustamento de curvas
- 5) Sistemas Lineares
- 6) Equações Diferenciais Ordinárias

Erros

- Introdução
 - Erros de arredondamento e de aproximação; erros relativos e absolutos; Algarismos significativos
- Aproximação Numérica; discretização
- Sequências, Séries, Convergência

Resolução de Equações

- Introdução
- Separação de raízes
- Interação
- Métodos de Interação com Convergência Linear
- Métodos do tipo Newton: Newton-Raphson, Secantes, etc.
- Exemplos Numéricos
- Exercícios
- Programa FORTRAN

Interpolação

- Introdução
- Interpolação linear
- Diferenças finitas e divididas
- Fórmula de Interpolação Polinomial de Lagrange e de Newton
- Exemplos Numéricos
- Exercícios

Ajustamento de Curvas

- Mínimos quadrados
- "Splines"

Integração Numérica

- Introdução
- Fórmulas de Newton-Cotes: Simpson e Trapézios
- Exemplos
- Exercícios

Resolução de Sistemas de Equações Lineares

- Introdução

- Métodos diretos: GAUSS e GAUSS-JORDAN
- Métodos iterativos: JACOBI e GAUSS-SEIDEL
- Exemplos Numéricos
- Exercícios
- Programa FORTRAN

Equações Diferenciais

- Introdução
- Equações Diferenciais de 1^a Ordem
- Fórmula de Taylor
- Fórmulas de RUNGE-KUTTA
- Métodos de passo simples e múltiplo
- Exemplos Numéricos
- Exercícios
- Programa FORTRAN

B) Pré-requisitos Exigidos

- 1) Programação FORTRAN, linguagens algorítmicas
- 2) Séries: definição, convergência; séries de Taylor
- 3) Cálculo: definição de funções; limites; derivadas; gráficos, integrais (de Riemman)
- 4) Álgebra Linear: vetores, matrizes, espaços vetoriais; autovalores; sistemas lineares; matrizes elementares; determinantes; raio espectral
- 5) Elementos de Análise Funcional: normas; operadores de contração; operadores limitados.

IV) ABORDAGEM

De um modo geral um curso de Cálculo Numérico visa a oferecer ao aluno possibilidades para que possa resolver, na sua vida profissional futura, os problemas matemáticos que surgirão. Entretanto, como curso básico (não estritamente dentro do ciclo profissional) ele é oferecido nos primeiros semestres da graduação. Neste ponto, os professores se encontram com duas dificuldades maiores:

1º) O aluno não tem, ainda, nos primeiros semestres, conhecimentos matemáticos suficientes para que a disciplina seja bem absorvida;

2º) O aluno não teve, ainda contato com os problemas específicos da carreira que escolheu, pois simplesmente ainda não assistiu a nenhuma disciplina especializada, dos departamentos técnicos. Na oportunidade em que tiver conhecimento destes problemas as "receitas" que ele utilizou já estarão esquecidas.

Em vista disso é fundamental que esta disciplina seja oferecida o mais tarde possível.

Assumindo isto como verdadeiro achamos que devem ser observados os seguintes fatos:

- a. Toda a apresentação do curso deve ter caráter mais informativo, procurando dar ao aluno uma visão geral dos métodos numéricos mais conhecidos e também possibilidades de que eles possam, mais tarde, encontrar novos métodos mais sofisticados para seus problemas futuros. Assim, cada tópico estudado deve ser dividido em 6 partes, como está explicado mais adiante.
- b. Cada uma destas partes não pode ser estudada de forma intensa, uma vez que o curso é de um semestre.
- c. Uso farto de exemplos e de exercícios com entrega obrigatória.

V) METODOLOGIA

Já vimos o que ensinar, com que objetivos e em que profundidade. Vamos agora propor uma metodologia, em linhas gerais:

Partimos da premissa que temos um número de alunos razoavelmente grande. Então devemos desenvolver um tipo de

ensino que atenda a uma grande massa de alunos, sem perder de vista os objetivos citados. Para isto, propomos:

A) Apresentação da Matéria

Cada tópico estudado deve ser dividido em 6 partes:

- (i) Introdução: apresentação geral do problema e de como resolvê-lo;
- (ii) Apresentação intuitiva do método numérico;
- (iii) Obtenção das fórmulas que serão utilizadas;
- (iv) Apresentação completa e acessível do(s) teorema(s) fundamental(is) ligado(s) ao tópico em questão. Aplicação deste teorema à solução dos problemas específicos;
- (v) Exemplos;
- (vi) Discussão da aplicabilidade do método. Estudo do erro cometido (quando for o caso).

B) Uso de Livro Texto

Existem alguns livros que podem ser usados como "esqueleto" para o curso de Cálculo Numérico que propomos, necessitando, cada um deles, de uma complementação em forma de apostilas. Entretanto, mesmo sem ser utilizado na íntegra, a presença e o uso de um texto em idioma nacional é fundamental para os alunos. Atualmente estamos preparando um texto idealizado totalmente dentro desse esquema. Esperamos tê-lo disponível até julho de 1982.

Além deste texto devem ainda ser oferecidos aos alunos dois ou três outros livros, onde os mais interessados pudessem encontrar mais informações e detalhes, como por exemplo, em livros de Elementos de Análise Numérica. Citamos, no final, uma bibliografia de apoio.

C) Avaliação: Testes e Trabalhos

Os testes de preferência, deveriam constar de duas partes: uma sem consulta, quando o professor proporia questões onde ficasse clara a absorção ou não dos conceitos fun-

damentais dados em aula; a outra com consulta (*) onde o aluno teria problemas para resolver, com métodos indicados pelo professor. Achamos que não faz sentido algum a memorização pelo aluno dos passos de tal ou qual algoritmo. Ele deve saber utilizá-lo e não decorá-lo.

Os trabalhos devem ser comuns a pelo menos partes da turma. Para que se evite cópia entre os alunos é recomendado que a parte inicial de cada trabalho seja feita em sala, como estudo dirigido. Cada aluno concluiria o esboço do trabalho e o entregaria ao professor. Na correção, havendo dúvidas quanto a possibilidade de cola, os "originais" seriam comparados. É bom que se ressalte que não apenas este aspecto de precaução é importante neste tipo de trabalho. Mas, quando se resolve um problema específico, com ajuda de professores ou de monitores, realmente se aprende algo.

Também sobre os trabalhos recomenda-se que parte de cada um deles seja sempre um programa a ser resolvido com uma máquina.

Dedicaremos um capítulo especial a esta parte dos programas.

O número de testes recomendado é de três, feitos ao longo do curso, e igual peso, para fins de média. A média aritmética das notas dos trabalhos pode ser considerada como outra nota a ser incluída na média final (tendo assim o peso de uma nota de teste).

D) A Utilização do Computador no Curso

Como já foi dito antes, achamos que um aluno de Cálculo Numérico não deve ser considerado como um programador exímio. O que se espera dele, em primeiro lugar é que conhe

(*) Quando se tratam de turmas grandes a consulta direta é impossível, por questões disciplinares. Neste caso aconselhamos que os algoritmos e todo o resto necessário (tabelas) sejam mimeografados e entregues a cada aluno junto com a próva.

ça bem os fundamentos dos métodos numéricos e, em seguida, que saiba resolver seus problemas com o computador que dispõe. Entretanto, não necessita ser especialista em nenhuma destas partes.

Com esta orientação foi reestruturada, na PUC/RJ, a disciplina de Cálculo Numérico, implementando-se as seguintes medidas:

- 1º) Fazer deste curso não outra cadeira de programação e sim uma oportunidade para se ensinar como e quando utilizar alguns métodos numéricos;
- 2º) Adotar, como linguagem de programação oficial do curso, uma linguagem simples como, por exemplo, o WATFIV que é uma implementação do FORTRAN feita especialmente para a utilização na graduação, pela equipe do centro de computação da Universidade de Waterloo, no Canadá, de preferência ficando o mais independente possível do porte do computador.

Esta linguagem é especialmente dirigida para a utilização por grandes massas de alunos, e suas características fundamentais são apresentadas no item IV.

VI) INFRA-ESTRUTURA

Pelo que já foi exposto, o curso de Cálculo Numérico por nós sugerido tem uma estrutura, de certa forma, complexa. Assim, para que um professor possa cumprí-lo satisfatoriamente necessita de uma infra-estrutura firme e bem montada.

Em linhas gerais, todos os tópicos e idéias levantados aqui fazem parte da estrutura que esta disciplina tem de finida na PUC/RJ. Assim, vamos apresentar de que modo tentamos resolver, na nossa universidade, o problema de atendimento aos alunos.

a) Auxiliares (Material Humano)

Contamos, na PUC, com dois tipos de auxiliares. O primeiro formado pelos monitores (alunos de graduação) cujas tarefas específicas são:

- corrigir os trabalhos de entrega obrigatória;
- dar atendimento da parte de programação (FORTRAN);
- ajudar a tomar conta das turmas nos dias de prova.

O segundo tipo (auxiliares de ensino) são os alunos de pós-graduação, em fase de término de Mestrado. Suas obrigações são: corrigir provas; dar atendimento específico de Cálculo Numérico; ajudar a tomar conta das provas; ajudar no ensino dirigido.

b) Suporte CPD

b.1) Equipamento

Vamos continuar dando o exemplo concreto da PUC/RJ.

O principal sistema que temos na PUC é o IBM-370/165. Este sistema é bastante grande e rápido, nos permitindo um trabalho tranquilo em relação ao atendimento dos alunos. Os componentes do sistema que interessam ao nosso caso são: leitora de cartões; perfuradoras alocadas especialmente para a graduação; impressora de formulário contínuo.

A organização física do centro, em relação à graduação é a seguinte: as máquinas de perfuração foram colocadas ao lado da leitora e da impressora que atendem ao "Job expresso". Os alunos, que utilizam o compilador WATFIV, entregam os "decks" diretamente ao operador (após perfurarem nas máquinas). Este dá entrada imediatamente aos programas e, dependendo da quantidade de "jobs" submetidos simultaneamente, o resultado pode sair na impressora entre 1 e 15 minutos depois da leitura. Deste modo os alunos podem corrigir rapidamente seus cartões e submeter outra vez seus programas.

b.2) Software

Em geral, a massa de alunos de um curso do "ciclo

básico" é bastante grande (em torno de 300). Isto exige que o centro de computação se prepare convenientemente, para que esta quantidade grande de trabalhos não prejudique os demais serviços do centro.

Por outro lado, os programas submetidos pelos alunos são sempre simples e curtos. Por isso pudemos adotar, na PUC, um esquema que funciona do seguinte modo:

(i) Compilador usado: Como já explicamos anteriormente, o uso de um compilador dirigido especialmente pelos alunos, é fundamental para que se possa dar um bom atendimento. Assim foi escolhida a implementação WATFIV do FORTRAN, cujas principais características são:

- Está permanentemente na memória do computador nos períodos em que os alunos vão utilizá-los;
- Mensagens de erro explícitas imediatamente após a localização do erro (se está em fase de compilação)
- Tempo de compilação menor que o do FORTRAN
- Não permite acesso a discos ou fitas
- Formato livre para entrada e saída

(ii) Organização

- Todos os alunos do ciclo básico não possuem código para uso de qualquer linguagem. Eles somente podem usar, livremente, o WATFIV, cujas principais características já foram apresentadas;
- O tempo máximo permitido a cada job é de 3 segundos e o número de páginas é de 4;
- Estes programas, por suas características, têm prioridade mais alta.

b.3) Biblioteca de Programas

Juntamente com o compilador WATFIV foram implementadas algumas rotinas científicas, escolhidas entre as mais usadas;

- MINV - solução de sistemas lineares e/ou inversão de matrizes;

- EXP1 - Cálculo do número e com um número desejado de algarismos precisos;
- NEW - Solução de equações transcendentess;
- AITKEN - Interpolação do valor de uma função tabelada;
- SIMP - Cálculo de uma integral definida;
- GAUSS - Solução de um sistema linear e valor do determinante;
- SEIDEL - Solução iterativa de um sistema linear;
- COMEOS - Solução de um sistema linear complexo;
- INGEN - Geração de uma seqüência de números aleatórios.