



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

OBSERVATÓRIO DO VALONGO

COMPRESSÃO DE EFEMÉRIDES POR
DESENVOLVIMENTO EM POLINÔMIOS DE CHEBYSHEV

HELAINÉ BARROSO DOS REIS

E

JÚLIO CÉSAR KLAFKE

ORIENTAÇÃO: PROF. JOSÉ AUGUSTO B. DE NAZARETH (OV)

BANCA: PROF. GILSON GOMES VIEIRA (OV)
PROF. JOSÉ ADOLFO SNAJDAUF DE CAMPOS (OV)
PESQ. ALEXANDRE HUMBERTO ANDREI (ON)

PROJETO DE FIM DE CURSO

RIO DE JANEIRO - 1984

A G R A D E C I M E N T O S

Ao professor José Augusto de Nazareth pela dedicada orientação e amizade durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Gilson Gomes Vieira pela ajuda indispensável em torno da elaboração dos programas computacionais.

Ao Dr. Luis Eduardo Machado pela idéia inicial do projeto e apoio em sua confecção.

Ao colega Sérgio Santos Filho pela colaboração nos cálculos matemáticos.

Aos colegas Sérgio Guedes de Souza e Rundsthen Vasques de Nader pelo apoio na introdução de dados nos arquivos de acesso direto.

Ao colega Alexandre Andrei pelas boas idéias a respeito da estruturação do trabalho.

À Vilma Assis, pelo carinho e atenção na datilografia do trabalho.

Aos amigos que de uma ou de outra forma foram presença.

Aos nossos pais e irmãos pelo carinho e apoio nas horas difíceis.

H O M E N A G E M

"A mais bela e profunda emoção que podemos viver é a sensação de mistério. É ela a fonte de toda verdadeira ciência. Aquele que não conhece essa emoção, que não mais pode se maravilhar e sentir-se pasmo de admiração, está praticamente morto. O saber que aquilo que é indispensável para nós realmente existe, manifestando-se como a mais sublime sabedoria e a mais radiante beleza, que nossas débeis faculdades podem apreender somente em suas formas primitivas, este conhecimento, este sentimento, é a essência da verdadeira experiência."

- Albert Einstein -

A você,

Julio

A você,

Helaine

R E S U M O

Neste trabalho desenvolvemos discussões a respeito da representação de efemérides por meio de desenvolvimentos em polinômios de Chebyshev.

Para efeito de uma melhor compreensão do texto, apresentamos inicialmente um estudo matemático dos polinômios de Chebyshev e suas principais características, e a seguir suas aplicações às efemérides astronômicas.

Desenvolvemos, inclusive, um programa computacional em linguagem Basic-80 para o cálculo de efemérides astronômicas de alta precisão, utilizando os coeficientes tabelados na "Connais-sance des Temps" (1983) e no "Almanac for Computers" (1983). Este programa, estando estruturado numa rotina de perguntas e respostas, visa orientar o usuário inexperiente.

ÍNDICE

	Página
I - INTRODUÇÃO	1
I.1 - Objetivos	1
I.2 - Histórico	2
I.3 - Dados Técnicos	2
II- APRESENTAÇÃO MATEMÁTICA DOS POLINÔMIOS DE CHEBYSHEV....	5
II.1 - Definição dos Polinômios de Chebyshev	5
II.2 - Algumas Propriedades	13
II.3 - Desenvolvimento em Polinômios de Chebyshev de primeira e segunda espécie	17
II.4 - Aproximação e Otimização por Polinômios de Chebyshev	20
II.5 - Fórmulas de Recorrência	23
III-O POLINÔMIO DE CHEBYSHEV APLICADO ÀS EFEMÉRIDES ASTRO- NÔMICAS	29
III.1 - Representação de Efemérides	29
III.2 - Cálculo do Instante	32
III.3 - A Precisão dos Resultados	34
IV- DESCRIÇÃO DO PROGRAMA COMPUTACIONAL	36
IV.1 - Considerações Gerais	36
IV.2 - Descrição do Programa Líder	39
IV.3 - Programas de Apoio	43
V - APLICAÇÕES E COMPARAÇÕES	45
VI- CONCLUSÃO	60

VII- APÊNDICES

A - Tabelas de Erros	61
B - Manual de uso dos programas	62
C - Programa para Calculadoras HP-15C	64
D - Listagem do Programa Líder	68
E - Listagem dos Programas de Apoio	69

BIBLIOGRAFIA	70
--------------------	----

I INTRODUÇÃO

I.1 - Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é o de avaliar a representação de efemérides sob uma forma tabular contendo os coeficientes dos desenvolvimentos em polinômios de Chebyshev.

A característica fundamental desta representação é a de comprimir longas tâbuas em pequenos grupos de coeficientes, substituindo as interpolações tradicionais em tâbuas de diferenças finitas por um procedimento uniforme recursivo à avaliação das séries de Chebyshev [8].

Esse tipo de representação de efemérides é particularmente conveniente para a performance de operações computacionais, quando as datas estendem-se por longos intervalos de tempo, pois o consumo de tempo e memória de máquina pode ser altamente reduzido e transferido à memórias externas [3].

Elaboramos, para efeito conclusivo deste trabalho e objetivando testar a capacidade do novo microcomputador instalado no departamento computacional do Observatório do Valongo, um programa na linguagem Basic-80. Este programa realiza cálculos de efemérides de alta precisão segundo o desenvolvimento em polinômios de Chebyshev, onde os coeficientes do desenvolvimento dados pela "Connaissance des Temps" (1983) e pelo "Almanac for Computers" (1983) são armazenados em disquete em arquivo de acesso direto.

Neste trabalho, nos preocupamos ainda em estabelecer com clareza a precisão de tal representação, exaltando a sua utilidade principalmente para corpos de movimento rápido, assim como uma ponte natural entre as teorias analíticas e sua inserção no contexto da interpolação e do sistema operacional.

1.2 - Histórico

A seqüência de polinômios $\{T_n(x)\}_{n=0}^{\infty}$ foi primeiramente estudada pelo matemático russo P.L.Chebyshev (1821-1894), cujos trabalhos foram publicados na Rússia e na França.

Por representar a aproximação em polinômios de Chebyshev a "melhor aproximação", no sentido de que o erro entre a função estimada e sua aproximação é o menor possível dentre qualquer outra representação em polinômios ortogonais [13,4], é que André Deprit [4] propôs um método de cálculo para compressão de efemérides, em 1975, baseado em tal aproximação. Este método otimiza o número de pontos escolhidos para uma representação, dada uma precisão pré-fixada.

Recentemente, em 1976, o Observatório Naval dos E.U.A. apresentou um modelo de efemérides onde se encontram tabulados os coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev, que foi concomitantemente elaborado pelos pesquisadores do "Bureau des Longitudes", na França.

Esta nova apresentação de efemérides reduz consideravelmente o volume dos dados publicados, conservando-lhes a máxima precisão da teoria utilizada no cálculo dos pontos de interpolação.

1.3 - Dados Técnicos

Na elaboração do nosso programa computacional utilizamos o microcomputador Schumec M101/85 com capacidade de memória de 64 k, instalado recentemente no Observatório do Valongo, sendo o seu sistema operacional em disco o "Control Program/Monitor" (CP/M) na versão 2.2 que é a revisão atual do CP/M na versão 2.0 [10]. Ele possui um terminal de vídeo padrão TTY e dois "drives" para disquetes de oito polegadas.

O nosso programa comporta um disquete contendo o programa de cálculo e o outro contendo os coeficientes dos desenvolvimentos de vários parâmetros em polinômios de Chebyshev, ambos de densidade simples.



Figura I.1
Microcomputador Schumec M101/85, no
Observatório do Valongo (1983)

Na execução do nosso programa "INTCHEBY.BAS" assim como dos programas de apoio que serão analisados em capítulos posteriores, utilizamos o interpretador MBasic criado pela Microsoft a 21 de agosto de 1979.

O interpretador MBasic se apresenta no terminal de vídeo da seguinte maneira:

BASIC Rev. 5.03

[CP/M Version]

Copyright 1977,78,79(c) by Microsoft

Created: 21-Aug - 79

35607 Bytes free

O microcomputador utilizado tem ainda como periférico uma impressora Elebra Informática, semi-gráfica, modelo EI-8011-S com número de série 001.

II APRESENTAÇÃO MATEMÁTICA DOS POLINÔMIOS DE CHEBYSHEV

II.1 - Definição dos Polinômios de Chebyshev

Sabemos que um polinômio é uma função p que podemos escrever na forma

$$p(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_nx^n$$

Se $a_n \neq 0$, dizemos então que $p(x)$ é um polinômio de grau n . Particularmente, estamos interessados no grupo de polinômios cujo grau não exceda n . A este grupo particular, denotaremos por P_n , isto é, se $p(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_kx^k$ e $k \leq n$, então

$$p \in P_n$$

Assim sendo, consideremos a seguinte função:

$$(II.0) \quad T_n(x) = \cos n\theta$$

onde n é um inteiro positivo, $x = \cos \theta$ e $0 \leq \theta \leq \pi$.

Observamos que, quando o ângulo θ cresce no intervalo de $[0, \pi]$, x decresce no intervalo $I = [-1, +1]$.

Dado um $x \in I$ encontramos um único valor de $\theta = \arccos x$ para $0 \leq \theta \leq \pi$ e concluímos ser $T_n(x)$ uma função de valor único, definida no intervalo I . Deste modo, podemos escrever

$$(II.1) \quad T_n(x) = \cos n(\arccos x)$$

Para provarmos que $T_n(x)$ é um polinômio de grau n , recordemos agora a fórmula de Euler

$$e^{i\theta} = \cos\theta + i \operatorname{sen}\theta$$

onde pelas propriedades dos números complexos temos

$$e^{in\theta} = (\cos\theta + i \operatorname{sen}\theta)^n$$

ou

$$e^{in\theta} = \operatorname{cos}n\theta + i \operatorname{sen}n\theta$$

Tomemos então

$$(II.2) \quad \begin{aligned} x &= \cos \theta \\ y &= i \operatorname{sen}\theta \end{aligned}$$

e substituímos (II.2) na expansão binomial:

$$(x+y)^n = x^n + nx^{n-1}y + \frac{n(n-1)}{2!} x^{n-2}y^2 + \dots$$

Assim,

$$\begin{aligned} (\cos\theta + i \operatorname{sen}\theta)^n &= \cos^n\theta + n \cos^{n-2}\theta i \operatorname{sen}\theta + \\ &+ \frac{n(n-1)}{2!} \cos^{n-2}\theta (i^2 \operatorname{sen}^2\theta) + \\ &+ \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} \cos^{n-3}\theta i^3 \operatorname{sen}^3\theta + \dots + \end{aligned}$$

$$+ i^n \text{sen}^n \theta$$

Se

$$c_n^m = \binom{n}{m} = \frac{n!}{m!(n-m)!}$$

podemos simplificar a expressão anterior escrevendo

$$(\cos \theta + i \text{sen} \theta)^n = \cos^n \theta + \binom{n}{1} \cos^{n-1} \theta i \text{sen} -$$

$$- \binom{n}{2} \cos^{n-2} \theta \text{sen}^2 \theta +$$

$$+ \binom{n}{3} \cos^{n-3} \theta i \text{sen}^3 \theta + \dots + i^n \text{sen}^n \theta$$

Sabemos que

$$(\cos \theta + i \text{sen} \theta)^n = \cos n\theta + i \text{sen} n\theta = e^{in\theta}$$

e que $\cos n\theta$ é a parte real da expansão; desta forma, para encontrá-la basta zerarmos a parte imaginária do desenvolvimento anterior. Portanto,

$$\cos n\theta = \cos^n \theta - \binom{n}{2} \cos^{n-2} \theta \text{sen}^2 \theta + \binom{n}{4} \cos^{n-4} \theta \text{sen}^4 \theta + \dots +$$

$$+ (-1)^{[n/2]} \binom{n}{2[n/2]} \cos^{n-2} \theta \sin^{2[n/2]} \theta$$

onde $[n/2]$ é o maior inteiro que não exceda $n/2$, se n for par, e não exceda $(n-1)/2$ se n for ímpar.

Para obtermos, finalmente, uma expressão apenas em coseno, substituiremos $\sin^2 \theta$ por $1 - \cos^2 \theta$. Assim,

$$\begin{aligned} \cos n\theta &= \cos^n \theta - \binom{n}{2} \cos^{n-2} \theta (1 - \cos^2 \theta) + \\ &+ \binom{n}{4} \cos^{n-4} [(1 - \cos^2 \theta)(1 - \cos^2 \theta)] + \\ &+ - \binom{n}{6} \cos^{n-6} (1 - \cos^2 \theta)(1 - \cos^2 \theta)(1 - \cos^2 \theta) + \dots \end{aligned}$$

ou ainda,

$$\begin{aligned} \cos n\theta &= \cos^n \theta - \binom{n}{2} \cos^{n-2} \theta + \binom{n}{2} \cos^n \theta + \binom{n}{4} \cos^{n-4} \theta - \\ &- 2 \binom{n}{4} \cos^{n-2} \theta + \binom{n}{4} \cos^n \theta - \binom{n}{6} \cos^{n-6} \theta + \\ &+ 2 \binom{n}{6} \cos^{n-4} \theta - \binom{n}{6} \cos^{n-2} \theta + \\ &+ \binom{n}{6} \cos^{n-4} \theta - 2 \binom{n}{6} \cos^{n-2} \theta + \binom{n}{6} \cos^n \theta + \dots \end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned} \cos n\theta &= \cos^n \theta - \binom{n}{2} \cos^{n-2} \theta + \binom{n}{4} \cos^n \theta + \binom{n}{4} \cos^{n-4} \theta \\ &\quad - 2 \binom{n}{4} \cos^{n-2} \theta + \binom{n}{4} \cos^n \theta - \binom{n}{6} \cos^{n-6} \theta + \\ &\quad + 3 \binom{n}{6} \cos^{n-4} \theta - 3 \binom{n}{6} \cos^{n-2} \theta + \binom{n}{6} \cos^n \theta + \dots \end{aligned}$$

que pode ser representada por

$$(II.3) \quad \cos n\theta = \sum_{q=0}^{[n/2]} (-1)^q \binom{n}{2q} \cos^{n-2q} \theta \left(\sum_{k=0}^q (-1)^{k'} \binom{q}{k'} \cos^{2k'} \theta \right)$$

\downarrow $2q?$ \downarrow $k'?$

Observamos que o lado direito da relação anterior é uma expressão polinomial em $x = \cos \theta$, e então nossa função $T_n(x)$, de finida em (II.1), é um polinômio.

Façamos agora uma rápida abordagem a respeito dos coeficientes do polinômio $T_n(x)$. Observando primeiramente o lado direito de (II.3), definiremos

$$A_q = (-1)^q \binom{n}{2q} \cos^{n-2q} \theta, \quad q = 0, \dots, [n/2]$$

e

$$B_{k',q} = (-1)^{k'} \binom{q}{k'} \cos^{2k'} \theta, \quad k' = 0, 1, \dots, q$$

Dai, vem

$$\begin{aligned} \cos n\theta &= A_0 B_{0,0} \\ &\quad + A_1 B_{0,1} + A_1 B_{1,1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ A_2 B_{0,2} + A_2 B_{1,2} + A_2 B_{2,2} \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &+ A_{[n/2]} B_{0,[n/2]} + \dots + A_{[n/2]} B_{[n/2],[n/2]}
 \end{aligned}$$

Reorganizando a expressão anterior, pela soma dos termos das diagonais, temos

$$\begin{aligned}
 \cos n\theta &= (A_0 B_{0,0} + A_1 B_{1,1} + \dots + A_{[n/2]} B_{[n/2],[n/2]}) \\
 &+ (A_1 B_{0,1} + \dots + A_{[n/2]} B_{[n/2]-1,[n/2]}) \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &+ (A_{[n/2]-1} B_{0,[n/2]-1} + A_{[n/2]} B_{1,[n/2]}) \\
 &+ (A_{[n/2]} B_{0,[n/2]})
 \end{aligned}$$

Definindo agora a soma na vertical por um somatório em "k" e as somas dentro dos parênteses, na horizontal, por um somatório em "j", obtemos

$$\begin{aligned}
 \cos n\theta &= \sum_{k=0}^{[n/2]} \sum_{j=0}^{[n/2]} A_j B_{j-k,j} = \sum_{j=0}^{[n/2]} A_j B_{j,j} + \\
 &+ \sum_{j=1}^{[n/2]} A_j B_{j-1,j} + \sum_{j=2}^{[n/2]} A_j B_{j-2,j} + \dots, j-k \geq 0
 \end{aligned}$$

Consultando as expressões em A_q e $B_{k,q}$, definidas anteriormente, e as substituindo no somatório em $\cos n\theta$, obtemos

$$\begin{aligned}
 \cos n\theta &= \sum_{k=0}^{[n/2]} \sum_{j=k}^{[n/2]} A_j B_{j-k,j} = \\
 &= \sum_{k=0}^{[n/2]} \sum_{j=k}^{[n/2]} (-1)^j \binom{n}{2j} \cos^{n-2j}\theta (-1)^{j-k} \binom{j}{j-k} \cos^{2(j-k)}\theta = \\
 &= \sum_{k=0}^{[n/2]} \sum_{j=k}^{[n/2]} (-1)^{2j-k} \binom{n}{2j} \binom{j}{j-k} \cos^{n-2k}\theta
 \end{aligned}$$

como

$$(-1)^{2j-k} = (-1)^k$$

e

$$\binom{j}{j-k} = \frac{j!}{(j-k)! [j-(j-k)]!} = \frac{j!}{k!(j-k)!} = \binom{j}{k}$$

então,

$$\cos n\theta = \sum_{r=0}^{[n/2]} \sum_{s=r}^{[n/2]} (-1)^k \binom{n}{2j} \binom{j}{k} \cos^{n-2k}\theta$$

Reorganizando, obtemos finalmente que

$$(II.4) \quad \cos n\theta = \sum_{k=0}^{[n/2]} ((-1)^k \sum_{j=k}^{[n/2]} \binom{n}{2j} \binom{j}{k}) \cos^{n-2k}\theta$$

Esta equação nos revela que seu lado direito é um polinômio em $x = \cos \theta$ e, conseqüentemente, $T_n(x)$ dado em (II.1) é um poli-

nômio. Assim, podemos escrever

$$(II.5) \quad T_n(x) = t_0^{(n)} + t_1^{(n)} x + \dots + t_n^{(n)} x^n$$

onde

$$(II.6) \quad t_{n-(2k+1)}^{(n)} = 0, \quad k=0, \dots, [(n-1)/2]$$

e

$$(II.7) \quad t_{n-2k}^{(n)} = (-1)^k \sum_{j=k}^{[n/2]} \binom{n}{2j} \binom{j}{k}, \quad j = k, \dots, [n/2]$$

Nas expressões (II.5) e (II.6) será omitido o super-escri_{to} (n) depois de fixado o grau do polinômio, porém observamos que (n) ressalta o fato de que polinômios de Chebyshev de diferentes graus têm diferentes grupos de coeficientes.

$T_n(x)$ é chamado polinômio de Chebyshev de grau n e para cada inteiro n não negativo, ele é dado explicitamente pelas fórmulas (II.5), (II.6) e (II.7).

Como ilustração, listamos a seguir os cinco primeiros polinômios de Chebyshev, dados pelas expressões anteriores, bem como os correspondentes gráficos:

$$T_0(x) = 1$$

$$T_1(x) = x$$

$$T_2(x) = 2x^2 - 1$$

$$T_3(x) = 4x^3 - 3x$$

$$T_4(x) = 8x^4 - 8x^2 + 1$$

$$T_5(x) = 16x^5 - 20x^3 + 5x$$

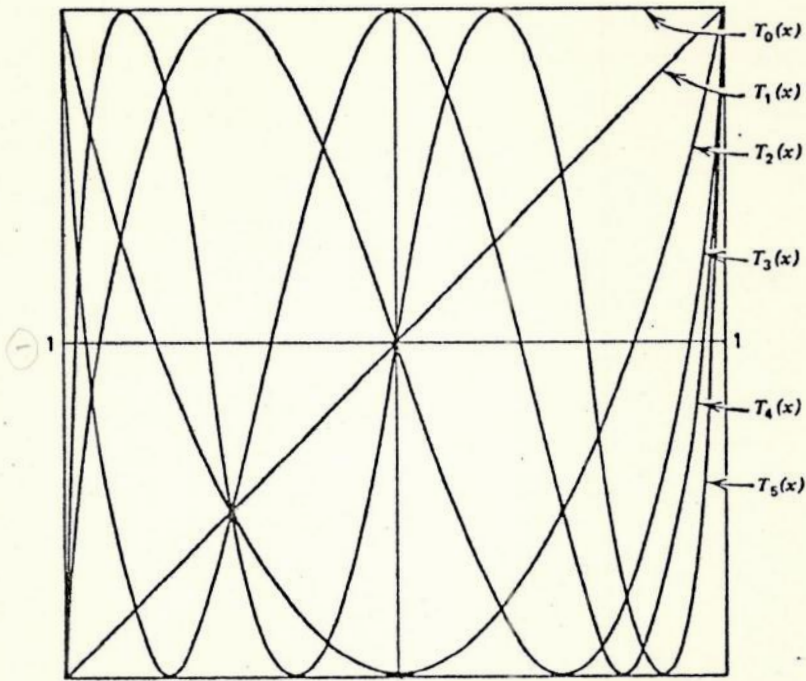


Figura II.1

Polinômios de Chebyshev $T_0(x), T_1(x), \dots, T_5(x)$

II.2 Algumas Propriedades

É importante, a partir do conhecimento do polinômio de Chebyshev em sua forma explícita, que prossigamos investigando algumas de suas propriedades mais importantes.

- a) As expressões (II.6) e (II.7) nos revelam que para um dado n ímpar, obteremos somente potências ímpares de x em $T_n(x)$ e para n par, potências pares. Desta forma, para todos os inteiros positivos,

$$T_n(x) = (-1)^n T_n(x)$$

que nos revela ser $T_n(x)$ uma função ímpar para n ímpar e par para n par.

b) Analisando novamente a expressão (II.7), observamos que os coeficientes não nulos de $T_n(x)$ são inteiros e alternam em sinal, sendo o coeficiente líder obtido fazendo-se $k=0$, isto é,

$$T_n^{(n)} = t_n, \text{ positivo.}$$

Com $n > 0$, t_n pode ser escrito como

$$(II.8) \quad t_n = \sum_{j=0}^{[n/2]} \binom{n}{2j} = \frac{1}{2} \{ (1+1)^n + (1-1)^n \} = 2^{n-1}$$

Para provar o resultado anterior, temos, pelo binômio de Newton, que

$$\begin{aligned} (1+1)^n &= 1^n + 1^{n-1}n + \frac{n(n-1)}{2!} 1^{n-2} + \frac{(n(n-1)(n-2))}{3!} 1^{n-3} + \dots \\ &+ \dots = 1 + n + \frac{n(n-1)}{2!} + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} + \dots \\ &+ \dots = \sum_{j=0}^{[n/2]} \{ \binom{n}{2j} + \binom{n}{2j+1} \} \end{aligned}$$

e

$$(1-1)^n = 1 - n + \frac{n(n-1)}{2!} - \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} + \dots$$

$$+ \dots = \sum_{j=0}^{[n/2]} \{ \binom{n}{2j} - \binom{n}{2j+1} \}$$

Fazendo a soma $(1+1)^n + (1-1)^n$, resulta que

$$\frac{1}{2} \{ (1+1)^n + (1-1)^n \} = 1 + \frac{n(n-1)}{2!} + \frac{(n(n-1)(n-2)(n-3))}{4!} + \dots$$

$$+ \dots = \sum_{j=0}^{[n/2]} \binom{n}{2j}$$

ficando assim demonstrada a igualdade (II.8).

c) Uma propriedade significativa é a que envolve os zeros do polinômio, que são simplesmente os valores para os quais $T_n(x) = 0$.

Dada a definição de $T_n(x)$, temos que $\cos n\theta_j = 0$ implica em

$$\theta_j \equiv \theta_j^{(n)} = \frac{(2j-1)}{n} \frac{\pi}{2}, \quad j = 1, \dots, n$$

Portanto, os pontos ξ que satisfazem a relação $T_n(\xi_j) = 0$, $j = 1, \dots, n$, são dados por

$$\xi_j = \xi_j^{(n)} = \cos \theta_j^{(n)} = \cos \left[\frac{(2j-1)}{n} \frac{\pi}{2} \right], \quad j = 1, \dots, n; \xi \in I$$

Assim, como $T_n(x)$ é de grau n , terá n zeros que são os pontos $\xi_j^{(n)}$ definidos acima.

d) Chamamos de extremos de $T_n(x)$ os pontos do intervalo I para os quais $T_n(x) = 1$ e, neste caso, como $\cos k\pi = (-1)^k$, $\forall k$ inteiro, se fizermos

$$\phi_k = \phi_k^{(n)} = \frac{k\pi}{n}, \quad k = 0, 1, \dots, n$$

teremos para extremos de $T_n(x)$ os pontos η_k que satisfaçam a seguinte relação:

$$\eta_k = \eta_k^{(n)} = \cos \phi_k^{(n)} = \cos \frac{k\pi}{n}, \quad k = 0, 1, \dots, n$$

e) Os extremos relativos, por sua vez, são os pontos nos quais a derivada da função $T_n(x)$ se anula, isto é,

$$T_n'(\eta_k) = 0, \quad k = 1, \dots, n-1, \quad T' \equiv \frac{dT}{dx}$$

onde η representa os extremos relativos de T_n e T_n' é um polinômio de grau $n-1$.

f) A partir da derivada dos polinômios $T_n(x)$, podemos definir os chamados polinômios de Chebyshev de segunda espécie, $U_{n-1}(x)$.

Deste modo, diferenciando $T_n(x) = \cos n\theta$ com respeito a x , obtemos

$$(II.9) \quad T_n'(x) = \left(\frac{d}{d\theta} \cos n\theta \right) \frac{d\theta}{dx} = - \frac{n \operatorname{sen} n\theta}{-\operatorname{sen} \theta} = \frac{n \operatorname{sen} n\theta}{\operatorname{sen} \theta}$$

e então definimos

$$(II.10) \quad U_{n-1}(x) = \frac{1}{n} T_n'(x) = \frac{\operatorname{sen} n\theta}{\operatorname{sen} \theta}, \quad x = \cos \theta$$

g) A ortogonalidade constitui uma importante propriedade dos polinômios de Chebyshev e pode ser escrita na forma

$$(II.11) \quad \int_{-1}^1 T_k(x) T_m(x) \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = 0, \quad m \neq k$$

$$\int_{-1}^1 T_k^2(x) \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \begin{cases} \pi/2, & k \neq 0 \\ \pi, & k = 0 \end{cases},$$

que nos garante que tais polinômios formam uma seqüência de polinômios ortogonais no intervalo I com relação à função para peso $(1-x^2)^{-1/2}$ [14].

II.3 Desenvolvimento em Polinômios de Chebyshev de primeira e segunda espécie.

Consideremos o seguinte teorema [15]:

Teorema 1 (Weierstrass): Se f é uma função complexa num intervalo fechado $[a,b]$, então existe uma seqüência de polinômios P_n tais que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_n(x) = f(x)$$

uniformemente em $[a,b]$. Se f é real, P_n pode ser tomado como real.

Deste modo, podemos, sem perda de generalidade, representar os $P_n(x)$ como sendo os polinômios de Chebyshev num intervalo

fechado de $[+1, -1]$, onde são válidas todas as suas propriedades .

Conseqüentemente, uma função y de variável t representada no intervalo $[t_0; t_0 + \delta t]$ é, então, definida pelo seu desenvolvimento em polinômios de Chebyshev de primeira espécie por

$$(II.12) \quad y(t) = a_0 + a_1 T_1(x) + \dots + a_n T_n(x)$$

onde t é função de x , ou seja,

$$(II.13) \quad t = g(x)$$

e x deve ser normalizado para o intervalo fechado $[+1, -1]$ por

$$(II.14) \quad x = -1 + \frac{(t-t_0)}{\delta t}$$

Como veremos mais tarde, essa é a melhor aproximação de $y(t)$ dentro do intervalo considerado.

Utilizando a propriedade (f) do polinômio de Chebyshev, citada anteriormente, podemos então representar a função dy/dt por

$$(II.15) \quad \frac{dy}{dt} = [a_1 T_1'(x) + a_2 T_2'(x) + \dots + a_n T_n'(x)] \frac{dx}{dt}$$

onde $T_1'(x)$, $T_2'(x)$, ..., $T_n'(x)$ representam as derivadas em relação a x dos polinômios, as quais são dadas pela relação

$$T'_n(x) = \frac{n \operatorname{sen} n\theta}{\operatorname{sen} \theta} = nU_{n-1}(x), \theta = \arccos x$$

Os polinômios $U_{n-1}(x)$ são os polinômios de Chebyshev de segunda espécie e ordem $n-1$, que verificam a relação de recorrência (desenvolvida em II.5),

$$(II.16) \quad U_{n-1}(x) = 2xU_n(x) - U_{n-1}(x)$$

onde

$$U_0(x) = 1 \quad \text{e} \quad U_1(x) = 2x$$

Logo, para calcularmos $\frac{dy}{dt}$ podemos utilizar a seguinte relação:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dx}{dt} (a_1 + 2a_2 \frac{\operatorname{sen} 2\theta}{\operatorname{sen} \theta} + \dots + (n-1)a_{n-1} \frac{\operatorname{sen}(n-1)\theta}{\operatorname{sen} \theta})$$

ou, de outra forma,

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dx}{dt} (a_1 U_0(x) + 2a_2 U_1(x) + \dots + (n-1)a_{n-1} U_{n-2}(x))$$

sendo os polinômios $U_n(x)$ calculados com a ajuda da relação de recorrência (II.16).

II.4 Aproximação e Otimização por Polinômios de Chebyshev

Em geral, o problema de se aproximar uma função contínua $f(x)$, para todo x real, definida dentro de um dado intervalo, nos é acessível em diferentes formas. Podemos, por exemplo, obter u ma dada função por observações de causa e efeito, por medidas em laboratórios ou, então, por processos teóricos.

No nosso caso, vamos representar efemérides astronômicas por uma seqüência de polinômios ortogonais, conhecidos por polinômios de Chebyshev, dada na forma

$$(II.17) \quad f(t) = \sum_{j=0}^n c_j T_j(x)$$

onde $f(t)$ é uma efeméride específica, $T_j(x)$ são os polinômios de Chebyshev de grau j . e $x = -1 + 2(t - t_0)/(t_1 - t_0)$ é a redução de t para o intervalo $[-1, +1]$, dentro do qual está garantida a convergência uniforme desta seqüência polinomial.

Os coeficientes c_j do sistema ortogonal de polinômios $T_j(x)$ são expressos por [3],

$$(II.18) \quad c_0 = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n f(\xi_s)$$

e

$$(II.19) \quad c_r = \frac{2}{n} \sum_{s=1}^n f(\xi_s) \cos \frac{(2s-1)r\pi}{2n}$$

$$r = 1, 2, \dots, n$$

onde ξ_s são os zeros dos polinômios de Chebyshev,

$$\xi_s = \cos \frac{(2s-1)\pi}{2n}$$

estudados anteriormente.

Assim definida, esta é a melhor aproximação de grau n para a $f(t)$, dentre todas as representações desenvolvidas por polinômios ortogonais, já que $T_n(x)$ são os polinômios de grau n com coeficiente líder 1 cujo valor máximo absoluto é o menor no intervalo $-1 \leq x \leq 1$, isto é, têm desvio mínimo de zero [6].

Para melhor compreendermos o que foi por nós aqui colocado, façamos $\cos^{-1} x = \theta$ e consideremos os pontos $\eta_k = \cos \frac{k\pi}{n}$ ($k = 0, 1, \dots, n$), para os quais $T_n(\eta_k)$ alcança seu maior desvio de zero.

Façamos ainda a normalização dada por

$$T_n(x) = \frac{1}{2^{n-1}} \cos(n \cos^{-1} x) \text{ e } T_0(x) = 1$$

onde 2^{n-1} , pela propriedade (b) do polinômio de Chebyshev, é o coeficiente t_n de $T_n(x)$.

Claramente para

$$\theta = 0, \pi/n, 2\pi/n, \dots, \pi$$

teremos

$$T_n(x) = \frac{1}{2^{n-1}}, \frac{-1}{2^{n-1}}, \frac{1}{2^{n-1}}, \dots, \frac{(-1)^n}{2^{n-1}}$$

e, em geral,

$$T_n(\eta_k) = \frac{(-1)^k}{2^{n-1}}$$

Suponha agora, o desvio a partir de zero para um polinômio $R_n(\eta) = \eta^n + a_{n-1}\eta^{n-1} + \dots$ no intervalo $-1 \leq \eta \leq 1$ onde, por absurdo, seja menor que o de $T_n(\eta)$. Então teríamos que

$$T_n(\eta_0) - R_n(\eta_0) > 0, \quad T_n(\eta_1) - R_n(\eta_1) < 0, \quad T_n(\eta_2) - R_n(\eta_2) > 0, \dots,$$

isto é, toda função racional $T_n(\eta) - R_n(\eta)$ seria alternadamente positiva e negativa para cada ponto η_k . Esta função teria que ter, entretanto, no mínimo n raízes; mas, isto é impossível já que possui no máximo grau $(n-1)$.

Uma outra opção de cálculo para os pontos sobre os quais será feita a aproximação, é a proposta por Stiefel [6] que toma os zeros do polinômio como pontos de partida no cálculo dos coeficientes e, por um processo de troca, otimizar essa aproximação no sentido de encontrar o desenvolvimento de menor grau n , para uma precisão fixa [8]. Este, assim como outros métodos alternativos, não serão aqui desenvolvidos por não se tratar do principal objetivo deste trabalho.

É importante ainda colocarmos que, se usada a norma $\|f(x)\| = \max_{x \in I} |f(x)|$, então teremos uma aproximação uniforme no sentido de Chebyshev.

Podemos, certamente, utilizar outros tipos de norma, sendo que aproximações segundo diferentes normas poderão diferir consideravelmente umas das outras.

Nas efemérides astronômicas, encontramos com frequência representações por polinômios arbitrários com base numa aproximação discreta por mínimos quadrados. Tal método, inconveniente de

vido ao fato de que o desvio entre a função original e a aproximação polinomial sofre oscilações irregulares, tem para a menor amplitude de seu desvio o meio do intervalo, podendo porém crescer substancialmente nos extremos [11].

II.5 Fórmulas de Recorrência

No seu uso prático e para fins astronômicos, os polinômios de Chebyshev são computados facilmente por uma relação de recorrência deduzida por meio da interpretação da identidade trigonométrica

$$(II.20) \quad \cos n\theta + \cos(n-2)\theta = 2\cos \theta \cos(n-1)\theta$$

Pela definição fundamental, $T_n(x) = \cos n\theta$, onde $x = \cos \theta$, obtemos imediatamente que

$$(II.21) \quad T_n(x) = 2x T_{n-1}(x) - T_{n-2}(x), \quad n = 2, 3, \dots,$$

com

$$T_0(x) = 1 \text{ e } T_1(x) = x$$

É importante, entretanto, ficar claro que podemos encontrar diferentes fórmulas de recorrência empregadas na solução do problema do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev. Nestes termos, para melhor fixar esta afirmativa, vamos desenvolver uma fórmula de recorrência utilizando aquela descrita pela expressão (II.21), que também nos será útil nas aplicações astronômicas.

Façamos

$$q(x) = A_0 + A_1 T_1(x) + \dots + A_n T_n(x)$$

e

$$T_n(x) = 2x T_{n-1}(x) - T_{n-2}(x), \text{ para } n \geq 2$$

Por substituição, obtemos

$$\begin{aligned} q(x) &= A_0 + A_1 T_1(x) + \dots + (A_{n-2} - A_n) T_{n-2}(x) + \\ &\quad + (A_{n-1} + 2x A_n) T_{n-1}(x) \end{aligned}$$

Assim, se definirmos

$$A_j^{(1)} = A_j, \quad j = 0, \dots, n-3$$

$$A_{n-2}^{(1)} = A_{n-2} - A_n$$

$$A_{n-1}^{(1)} = A_{n-1} + 2x A_n$$

vem

$$q(x) = A_0^{(1)} + A_1^{(1)} T_1(x) + \dots + A_{n-2}^{(1)} T_{n-2}(x) + A_{n-1}^{(1)} T_{n-1}(x)$$

A contínua aplicação da expressão (II.21), nos levará, por indução, à forma geral

$$(II.22) \quad q(x) = A_0^{(k)} + A_1^{(k)} T_1(x) + \dots + \\ + A_{n-k}^{(k)} T_{n-k}(x)$$

sendo

$$(II.22a) \quad A_j^{(k)} = A_j^{(k-1)}, \quad j = 0, \dots, n-(k+2)$$

$$(II.22b) \quad A_{n-(k+1)}^{(k)} = A_{n-(k+1)}^{(k-1)} - A_{n-(k-1)}^{(k-1)}$$

$$(II.22c) \quad A_{n-k}^{(k)} = A_{n-k}^{(k-1)} + 2x A_{n-(k-1)}^{(k-1)}$$

enquanto $k \leq n - 1$

Assim, considerando a equação (II.22a) temos sucessivamente que

$$A_j^{(1)} = A_j^{(0)} = A_j, \quad j = 0, 1, \dots, n-3$$

$$A_j^{(2)} = A_j^{(1)} = A_j, \quad j = 0, 1, \dots, n-4$$

$$A_j^{(n-2)} = A_j^{(n-3)} = A_j, \quad j = 0$$

$$A_j^{(n-1)} = A_j^{(n-2)} \stackrel{\text{def}}{=} 0; \quad j = -1$$

Seja, agora, a equação (II.22b). Da mesma forma,

$$A_{n-2}^{(1)} = A_{n-2}^{(0)} - A_n^{(0)} = A_{n-2} - A_n$$

$$A_{n-3}^{(2)} = A_{n-3}^{(1)} - A_{n-1}^{(1)} = A_{n-3} - A_{n-1}^{(1)}$$

$$A_{n-4}^{(3)} = A_{n-4}^{(2)} - A_{n-2}^{(2)} = A_{n-4} - A_{n-2}^{(2)}$$

·
·
·

$$A_{n-\ell}^{(\ell-1)} = A_{n-\ell}^{(\ell-2)} - A_{n-(\ell-2)}^{(\ell-2)} = A_{n-\ell} - A_{n-(\ell-2)}^{(\ell-2)}, \quad \ell = 2, 3, \dots, n$$

·
·
·

$$A_0^{(n-1)} = A_0^{(n-2)} - A_2^{(n-2)}$$

Finalmente, considerando a equação (II.22c), desenvolvemos segundo o esquema

$$A_{n-1}^{(1)} = A_{n-1}^{(0)} + 2x A_n^{(0)} = A_{n-1} + 2x A_n$$

$$A_{n-2}^{(2)} = A_{n-2}^{(1)} + 2x A_{n-1}^{(1)} = A_{n-2} - A_n + 2x A_{n-1}^{(1)}$$

$$A_{n-3}^{(3)} = A_{n-3}^{(2)} + 2x A_{n-2}^{(2)} = A_{n-3} - A_{n-1}^{(1)} + 2x A_{n-2}^{(2)}$$

·
·
·

$$A_{n-(\ell-1)}^{(\ell-1)} = A_{n-(\ell-1)} - A_{n-(\ell-3)}^{(\ell-3)} + 2x A_{n-(\ell-2)}^{(\ell-2)}$$

Fazendo, na última relação, $m = n - \lambda + 1$, vem

$$A_m^{(n-m)} = A_m - A_{m+2}^{(n-m-2)} + 2x A_{m+1}^{(n-m-1)}$$

onde

$$m = n-1, n-2, \dots, 1$$

Definindo

$$(II.23) \quad B_m = A_m^{(n-m)}$$

podemos escrever

$$(II.24) \quad B_m = 2x B_{m+1} - B_{m+2} + A_m$$

com $m = n-1, n-2, \dots, 1$.

Se, adicionalmente, definirmos

$$(II.25) \quad B_{n+1} = B_{n+2} = 0$$

então a equação (II.24) será verdadeira para $m = n, n-1, \dots, 1$.

Podemos, entretanto, fazer que B_0 seja igual a

$$(II.26) \quad B_0 = 2x B_1 - B_2 + A_0$$

e então a equação (II.24) será verdadeira para $m = n, n-1, \dots, 1, 0$.

Assim, temos que a expressão (II.24) representa uma segunda recorrência para o cálculo em questão, sendo os termos em A_k os coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev.

De forma similar a utilizada no cálculo da expressão (II.21), podemos obter a fórmula de recorrência para o polinômio de Chebyshev de segunda espécie levando em consideração que

$$(II.27) \quad \frac{\operatorname{sen} n\theta}{\operatorname{sen} \theta} + \frac{\operatorname{sen}(n-2)\theta}{\operatorname{sen} \theta} = \frac{2 \cos \theta \operatorname{sen}(n-1)\theta}{\operatorname{sen} \theta}$$

Substituindo a relação (II.10) na identidade anterior, obtemos

$$(II.28) \quad \mathcal{U}_{n+1}(x) = 2x \mathcal{U}_n(x) - \mathcal{U}_{n-1}(x)$$

com

$$\mathcal{U}_0(x) = 1 \quad \text{e} \quad \mathcal{U}_1(x) = 2x$$

III O POLINÔMIO DE CHEBYSHEV APLICADO ÀS EFEMÉRIDES ASTRONÔMICAS

III.1- Representação de Efemérides

Em sua aplicação às efemérides astronômicas, recentemente publicadas na França [5], nos Estados Unidos da América [1] e utilizada pelo Instituto de Astronomia Teórica da União Soviética [12], o desenvolvimento em polinômios de Chebyshev assume duas formas práticas, que utilizam diferentes fórmulas de recorrência. Tais formas serão dadas a seguir.

As aproximações por desenvolvimento em polinômios de Chebyshev, apresentadas no decorrer do capítulo II deste trabalho, podem ser apresentadas por uma função $y(x)$, com $x \in [-1,+1]$, dada por

$$(III.0) \quad y(x) = a_0 + a_1 T_1(x) + a_2 T_2(x) + \dots + a_n T_n(x)$$

onde $T_i(x)$, $i = 0, \dots, n$ representam os polinômios de Chebyshev e a_i os coeficientes do desenvolvimento.

Assim, sendo $y(x)$ a seqüência de um mesmo evento astronômico ordenada no tempo, para um dado intervalo $[t_0, t_0 + DT]$ devemos fazer

$$(III.1) \quad x = -1 + \frac{2(t-t_0)}{DT}$$

onde t é o instante no qual calcularemos a efeméride e $DT = t_1 - t_0$ é o intervalo de validade dos coeficientes do desenvolvimento, de tal forma que quando t variar de t_0 até t_1 , x variará de -1 até

+ 1, garantindo a convergência da aproximação.

No cálculo de $y(x)$ procuramos primeiramente nas tábuas que contêm os coeficientes do desenvolvimento, o intervalo DT em que se encontra a data t desejada e associamos cada coeficiente a_0, \dots, a_n aos valores $T_1(x), \dots, T_n(x)$, calculados pela recorrência (II.21), segundo o formalismo dado em (III.1).

Como opção alternativa, levando em consideração a definição do polinômio de Chebyshev como fornecida por (II.0), podemos tomar o ângulo θ dado por

$$\theta = \arccos x, \quad 0 \leq \theta \leq \pi$$

e utilizar o desenvolvimento na forma

$$(III.2) \quad y(x) = a_0 + a_1 \cos \theta + a_2 \cos 2\theta + \dots + \\ + a_n \cos n\theta$$

Um outro tratamento para o desenvolvimento em polinômios de Chebyshev é a utilização da fórmula de recorrência (II.24). Neste caso, representamos uma função qualquer $q(x)$, $x \in [-1, +1]$, por

$$(III.3) \quad q(x) = A_0^{(k)} + A_1^{(k)} T_1(x) + \dots + \\ + A_{n-k}^{(k)} T_{n-k}(x)$$

onde

$$(III.4) \quad A_j^{(k)} = A_j^{(k-1)}$$

$$(III.5) \quad A_{n-(k+1)}^{(k)} = A_{n-(k+1)}^{(k-1)} - A_{n-(k-1)}^{(k-1)}$$

$$(III.6) \quad A_{n-k}^{(k)} = A_{n-k}^{(k-1)} + 2x A_{n-(k-1)}^{(k-1)}, \quad k \leq n-1$$

são os coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev e $T_j(x)$ os polinômios.

Quando $k = n-1$, teremos

$$(III.7) \quad q(x) = A_0^{(n-1)} + A_1 T_1^{(n-1)}(x)$$

Assim, tomando a recorrência (III.5), para $k = n-1$, e substituindo em (III.7), obtemos

$$q(x) = [A_0^{(n-2)} - A_2^{(n-2)}] + A_1^{(n-1)} x$$

Logo, substituindo (II.23) em cada termo da expressão anterior, teremos

$$(III.8) \quad q(x) = (A_0 - B_2) + B_1 x$$

Pela expressão (II.26), temos

$$2xB_1 = B_0 + B_2 - A_0$$

que, por substituição em (III.8), resulta em

$$q(x) = (A_0 - B_2) + \frac{(B_0 + B_2 - A_0)}{2} x$$

Daí, concluímos finalmente que

$$(III.9) \quad q(x) = \frac{A_0}{2} + \frac{B_0 - B_2}{2} x$$

Assim, representamos uma dada efeméride pela aproximação dada por [14],

$$(III.10) \quad y(x) = q(x) - \frac{A_0}{2} = \sum_{j=0}^n A_j T_j(x) = \frac{B_0 - B_2}{2} x$$

onde B_0 e B_2 são determinados pela recorrência (II.24).

A primeira aproximação, (III.0), é a utilizada pelos usuários da "Connaissance des Temps", efemérides publicadas pelo "Bureau des Longitudes", e pelos pesquisadores do Instituto de Astronomia Teórica da URSS, enquanto que a segunda, (III.10), é adotada na publicação do "Almanac for Computers" pelo Observatório Naval dos Estados Unidos.

III.2- Cálculo do Instante

Uma interessante opção de cálculo para esta representação de efemérides é a obtenção do instante em que ocorre um certo evento, dada(s) a(s) coordenada(s) que o caracteriza(m).

Neste processo calcularemos o instante, t , dada a coordenada $y(x)$, onde x , como já vimos, é o tempo normalizado para o intervalo $[-1,+1]$ no qual é garantida a convergência dos polinômios de Chebyshev. No caso do evento ter mais de uma coordenada $y(x)$, t será intersecção dos instantes obtidos.

Para a situação mais simples, onde apenas uma coordenada é dada e os quadros dos desenvolvimentos são dados por (III.0), o método frequentemente adotado é o de pesquisarmos dentre os grupos de coeficientes o que satisfaça a relação,

$$(III.11) \quad a_0 - (|a_1| + \dots + |a_{p-1}|) < Y(x) < a_0 + (|a_1| + \dots + |a_{p-1}|)$$

Em geral basta tomar $p = 2$, mas, para garantir a confiabilidade do cálculo, sugerimos $p = 3$.

Uma vez encontrado o grupo de coeficientes, teremos como consequência encontrado o valor de t_0 e DT que são respectivamente

te a data do início do intervalo de validade dos coeficientes em questão e a duração deste intervalo.

Daí, encontramos os valores x_i que satisfaçam a coordenada $y(x)$ dada, segundo dois casos possíveis que são:

- 1º) a_1 é numericamente maior que os coeficientes seguintes, ou seja, a_2, a_3, \dots, a_{p-1} .
- 2º) a_1 não é preponderante a a_2 , embora possamos afirmar que a_2 é sempre numericamente maior que os coeficientes seguintes.

No primeiro caso, o mais freqüente, uma aproximação linear é suficiente e então, tomamos o valor de x_0 como sendo

$$(III.12) \quad x_0 = \frac{y(x) - a_0}{a_1}$$

No segundo caso, entretanto, onde a aproximação (III.12) é insuficiente, tomamos para o cálculo de x_0 a equação de segundo grau

$$(III.13) \quad Y(x) = a_0 + a_1 x_0 + a_2 T_2(x_0),$$

que pode ser reescrita como,

$$(III.14) \quad 2 a_2 x_0^2 + a_1 x_0 + a_0 - a_2 - Y(x) = 0,$$

donde

$$(III.15) \quad x_0 = \frac{-a_1 + (a_1^2 - 8 a_2 (a_0 - a_2 - Y(x)))^{1/2}}{4 a_2}$$

Assim, o valor de x_0 obtido por uma das duas fórmulas (II.12) ou (III.15), deverá ser testado pela fórmula (III.0), a fim de que, por iterações sucessivas de

$$(III.16) \quad x_{i+1} = x_i + \frac{Y(x) - Y(x_i)}{a_1 + 4a_2x_i}, \quad i = 0, \dots, p-1$$

possamos ter $Y(x_i)$ igual a coordenada $Y(x)$ dada.

Por fim, calculamos o valor do instante procurado por

$$(III.17) \quad t = t_0 + \frac{1}{2} (x+1)DT$$

Da mesma forma que foi apresentado para a aproximação dada por (III.0), pode-se desenvolver o cálculo do instante para a dada por (III.10), ou seja, invertendo-se o processo de procura da coordenada $Y(x)$ e fazendo considerações quanto aos coeficientes dados pelo desenvolvimento em questão.

III.3- A Precisão dos Resultados

A utilização do polinômio de Chebyshev no cálculo de efemérides, no contexto astronômico, é devida principalmente a redução considerável do volume de dados publicados, conservando-se a máxima precisão da teoria utilizada.

A partir dos dados obtidos, seja de uma integração numérica, seja de observações astronômicas diretas, ou de simulações de eventos num laboratório, serão calculados os coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev para a precisão fornecida pelo processo utilizado no ajuste das condições iniciais.

O processo até aqui desenvolvido é indiscutivelmente relevante no caso das coordenadas de corpos rápidos, como os satélites galileanos de Júpiter, pois devido à grande precisão atingida pelas teorias é impraticável a publicação de tábuas interpoláveis.

A aproximação pelos polinômios de Chebyshev, $T_n(x)$, é, como visto no item (II.4) do desenvolvimento matemático aqui exposto, a "melhor aproximação" para uma dada função por polinômios ortogonais, já que o valor máximo absoluto do erro cometido dentro do intervalo considerado, $-1 \leq x \leq +1$, é o que menos se desvia de zero.

O critério de escolha para o número dos coeficientes da aproximação, assim como o intervalo de validade dos mesmos, é uma questão de experiência e observação do comportamento físico de cada evento considerado [12], para uma precisão fixa.

Para exemplificar a afirmativa anterior, podemos abordar o fato de que as inspeções realizadas nos resultados desta aproximação em estudos de planetas [11], mostraram ser a excentricidade da órbita decisivamente influente na relação entre o grau e a precisão da aproximação. Neste caso, quanto maior for a excentricidade, mais lentamente crescerá a precisão à medida que crescer o grau do polinômio de Chebyshev utilizado.

Quando uma precisão menor for suficiente para o cálculo, devemos utilizar, então, os primeiros coeficientes do desenvolvimento, a_0, a_1, \dots, a_{p-1} , e neste caso, o erro será no máximo, em valor absoluto, igual à soma dos valores absolutos dos coeficientes desprezados.

É importante, ainda, o fato de termos, neste contexto, uma aproximação uniforme no sentido de que o erro oscila uniformemente por todo o intervalo, garantindo a mesma amplitude de desvio da aproximação, tanto no meio como nos extremos do intervalo.

Para finalizar, expomos os erros dados pelas efemérides "Connaissance des Temps" e "Almanac for Computer" em forma tabular no apêndice A deste trabalho.

IV DESCRIÇÃO DO PROGRAMA COMPUTACIONAL

IV.1 - Considerações Gerais

Atualmente, com a utilização cada vez mais atuante das pequenas calculadoras, a mecânica celeste procura produzir efemérides de fenômenos astronômicos de forma comprimida e de fácil manipulação, em lugar das tradicionais tábuas de diferenças finitas que necessitam de cálculos muitas vezes fatigantes para atenderem uma boa precisão.

Na maior parte dos problemas astronômicos, não encontramos vantagens práticas em utilizar um computador com funções tabuladas, não somente por ocuparem grande espaço de memória, mas também pelo tempo de máquina requerido para se encontrar o valor de uma função específica.

Neste sentido é que a construção de efemérides pela aproximação em polinômios de Chebyshev, para um dado intervalo de tempo, vem sendo estudada, uma vez que comporta um pequeno número de termos. Por outro lado, como foi visto, a interpolação das tábuas de coeficientes deste desenvolvimento mantém uma precisão constante em todo o intervalo, para desenvolvimento de mesma ordem, e alcança a máxima precisão permitida pela teoria utilizada.

Utilizando, então, os coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev apresentados pela "Connaissance des Temps" e pelo "Almanac for Computers", publicados em 1983, é que desenvolvemos um programa computacional para o cálculo de efemérides astronômicas, com o objetivo principal de atender ao departamento de astronomia do Observatório do Valongo. Esses coeficientes, foram arquivados separadamente do programa de cálculo propriamente dito, em disquete, com o intuito de serem armazenados, com a ajuda dos programas de apoio, a cada ano.

A linguagem de programação por nós utilizada foi o Basic-80 devido a sua fácil manipulação e por permitir, em linhas gerais, um "diálogo" pesquisador-máquina que facilita, ao usuário inexperiente, o acesso às informações oferecidas pelo programa. Utilizamos, ainda, o interpretador MBasic na edição desta primeira ver-

são do programa.

Facilitados pela linguagem utilizada, estruturamos os programas, tanto o programa líder como os três programas de apoio, numa rotina de perguntas e respostas, sendo dadas, somente no programa líder, subrotinas de consulta "SOS", onde são fornecidas informações a respeito das entradas de dados.

O programa líder, que realiza os cálculos da interpolação polinomial, é composto de cinco partes distintas e ocupa 29 K de memória. São elas:

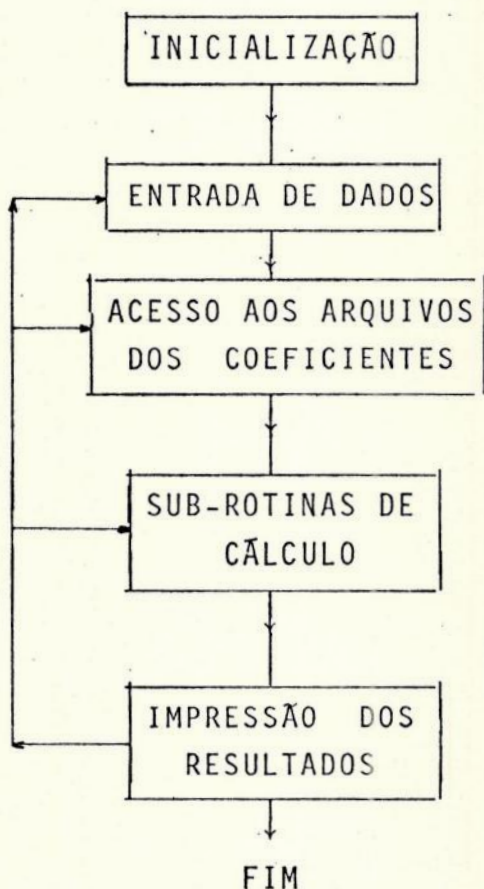


Figura IV.1
Diagrama de bloco do programa líder.

Os programas de apoio, que realizam a inserção ou correção dos coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev, podem ser assim sumarizados:

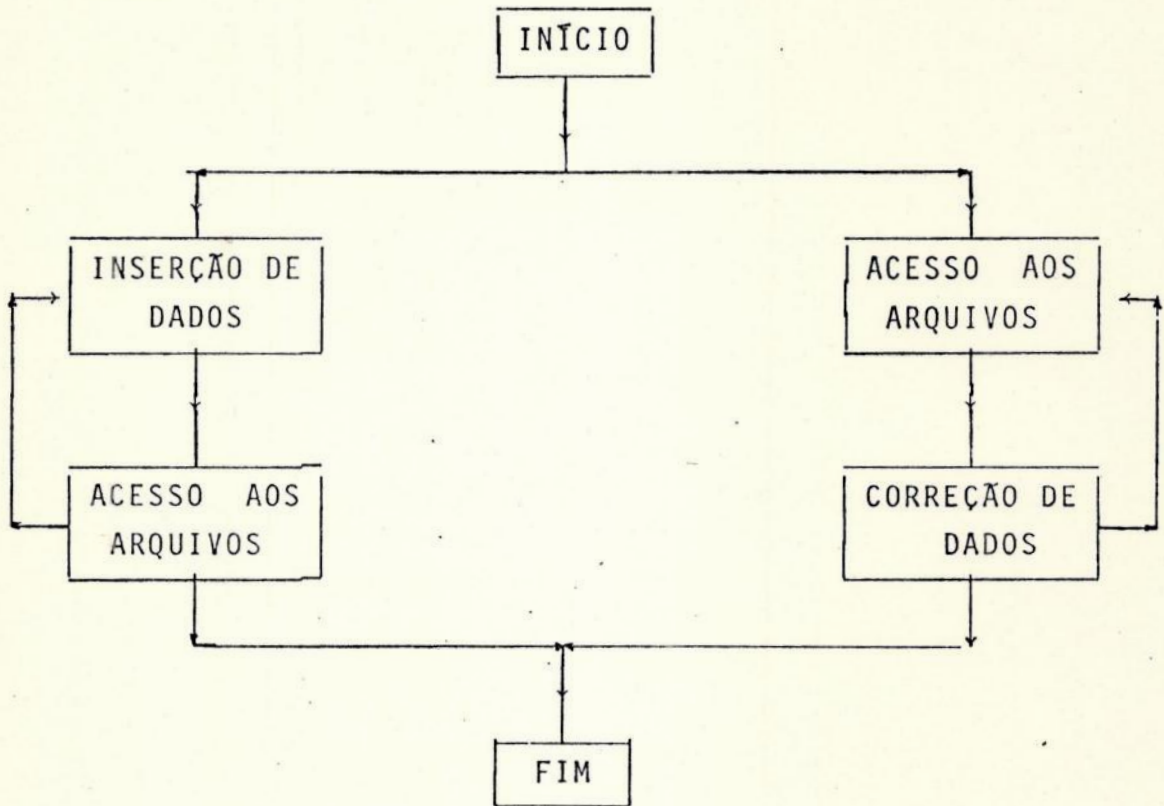


Figura IV.2

Diagrama de blocos dos programas de apoio.

O espaço de memória ocupado pelos programas de apoio, como um todo, é de 21 K.

O programa líder, assim como os de apoio, serão detalhadamente estudados nos próximos itens deste capítulo.

IV.2 - Descrição do Programa Líder

O que intitulamos de Programa Líder, é o programa "INTCHEBY.BAS" o qual realiza os cálculos necessários à interpolação polinomial em questão.

Das publicações que apresentam os grupos de coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev, aproveitamos as tábuas concernentes às seguintes efemérides astronômicas:

Pela "Connaissance des Temps" [5], para o Sol utilizamos as tábuas de

- Tempo Sideral;
- Nutação em Longitude e Obliquidade;
- Longitude, Latitude e Raio Vetor;
- Ascensão Reta, Declinação e Tempo Universal;
- Coordenadas Retangulares Geocêntricas (X,Y,Z).

Para a Lua, as de

- Longitude, Latitude e Distância à Terra;
- Ascensão Reta, Declinação e Paralaxe.

Para os grandes planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter, Saturno e Netuno) as de

- Longitude, Latitude e Raio Vetor;
- Ascensão Reta e Declinação Aparente;
- Distância à Terra.

Para Plutão, Ceres, Palas, Juno e Vesta utilizamos as tábuas de

- Ascensão Reta e Declinação Astrométrica;
- Distância à Terra.

Para os satélites galileanos de Júpiter (Io, Europa, Ganimedes e Calixto) as de

- Coordenadas Diferenciais (X,Y).

Para aberração as de

- Constantes de Aberração;
- Aberração do Sol.

Pelo "Almanac for Computers" [1], as tâbuas de coeficientes utilizadas foram, para o Sol as de

- Equação dos Equinócios;
- Semi-diâmetro;
- Equação de Trânsito.

E para a Lua, as das

- Coordenadas Retangulares Geocêntricas.

A cada tâbuas de coeficientes, entretanto, corresponde a uma teoria específica da Mecânica Celeste, onde são inseridas as correções de cálculo, necessárias dentro de um contexto astronômico, para a obtenção dos pontos por onde se deve ajustar o desenvolvimento polinomial. As precisões oferecidas pelas teorias, poderão ser obtidas, para cada interpolação, se utilizarmos todos os coeficientes oferecidos pelo ajuste polinomial dado, para o intervalo de tempo correspondente.

Neste ponto, devemos ressaltar a necessidade de atenção, por parte do usuário, na introdução do argumento de tempo, t , que deverá ser coerente com a teoria utilizada dentro de cada desenvolvimento. Neste sentido é que para as tâbuas do Sol de Tempo Sideral, Nutação em Longitude e Obliquidade, Equação dos Equinóci

os e Raio Vetor, juntamente com as de coordenadas diferenciais para os satélites galileanos de Júpiter, deve-se entrar com o argumento t em Tempo Universal; para as tábuas restantes, t deve ser introduzido em Tempo das Efemérides.

O programa "INTCHEBY.BAS" foi por nós subdividido em cinco partes distintas, que podem ser assim descritas:

1ª Inicialização

A inicialização consta da apresentação do programa ao usuário, de forma clara e concisa, assim como de declarações a respeito da introdução do disquete que contém os coeficientes do desenvolvimento e da utilização das subrotinas opcionais do Índice geral e de auxílio, em caso de dúvida.

2ª Entrada de dados

Os dados são introduzidos pelo usuário, mediante uma rotina de perguntas e respostas, oferecida pela estruturação do programa. Sempre que houve dúvida, poderá o usuário obter informações mais detalhadas a partir do uso das subrotinas de auxílio, sendo necessário simplesmente o envio da mensagem "SOS".

Na introdução dos dados, devemos ressaltar o fato de que o programa pode realizar os cálculos para a obtenção das efemérides, oferecidas dentro do Índice geral, para um único instante dado, assim como, dado um incremento não nulo e um instante posterior ao inicial, a obtenção de uma mesma efeméride para vários instantes.

A seqüência de dados a serem introduzidas são:

- Item;
- Subitem;
- Instante inicial;
- Incremento;
- Instante final (caso o incremento seja diferente de zero).

O formato para cada dado é descrito detalhadamente nas subrotinas "SOS", embora sejam os pedidos formulados, quando possível, dentro da sintaxe correta. Isto é, temos, por exemplo, para o incremento o seguinte pedido: " Entre com o incremento em HORA.MINUTOSEGUNDO ", que visa obter do usuário, para um instante como o de 12h 15m 45,59s, o formato de 12.154559.

3ª) Acesso aos arquivos dos coeficientes.

4ª) Subrotinas de cálculo

A terceira e quarta subdivisão do programa fazem parte de sua estruturação interna, não sendo, portanto acessível ao usuário. Assim, uma vez acessados os coeficientes do desenvolvimento, parte-se para o cálculo da interpolação, onde utilizamos as recorrências (II.21) e (II.24), estudadas anteriormente, dependendo se estamos trabalhando com as tábuas da "Connaissance des Temps" ou do "Almanac for Computers", respectivamente.

É importante, ainda, explicarmos que todos os cálculos realizados utilizam os instantes transformados para Dia Juliano.

5ª) Impressão dos resultados

Para a impressão dos resultados, utilizamos os dois periféricos, por ora existentes no Observatório do Valongo, que são o terminal de vídeo padrão TTY e a impressora semi-gráfica "Elebra Informática" modelo EI-8011-S.

Ao uso de cada periférico, está associada uma subrotina de impressão distinta, onde os instante e os valores das efemérides são tratados convenientemente e apresentados ao usuário.

Ao final de cada impressão, correspondente ao pedido do usuário, o programa oferece a opção de encerrar os cálculos ou, então, voltar à introdução de novos dados.

Para maiores detalhes, oferecemos na página 44.A, o fluxograma do programa líder, assim como no apêndice D deste trabalho, a listagem do mesmo.

IV.3 - Programas de Apoio

Na realização da parte computacional deste trabalho, nos defrontamos com a necessidade de criarmos um grupo de programas geradores de arquivos, para os coeficientes do desenvolvimento, aos quais denominamos de Programas de Apoio.

Estes programas, geram arquivos de acesso direto em disco, e oferecem a opção de se corrigir os coeficientes dentro dos grupos introduzidos.

Na inserção de cada grupo de coeficiente, ou seja, de cada registro no arquivo, os coeficientes são pedidos numa ordem compatível com a do acesso realizado pelo Programa Líder. Cada grupo, válido para um dado instante de tempo, é então armazenado em um ou dois registros dependendo apenas do número de coeficientes existentes.

Na correção de cada registro, o usuário poderá optar por uma apresentação seqüencial (desde o primeiro até o último registro) ou de forma direta, sendo necessário para tanto, a introdução do número do registro e dos coeficientes nele existentes. Nesta subrotina poderá ainda o usuário corrigir, dentro de um dado registro, um ou todos os coeficientes introduzidos.

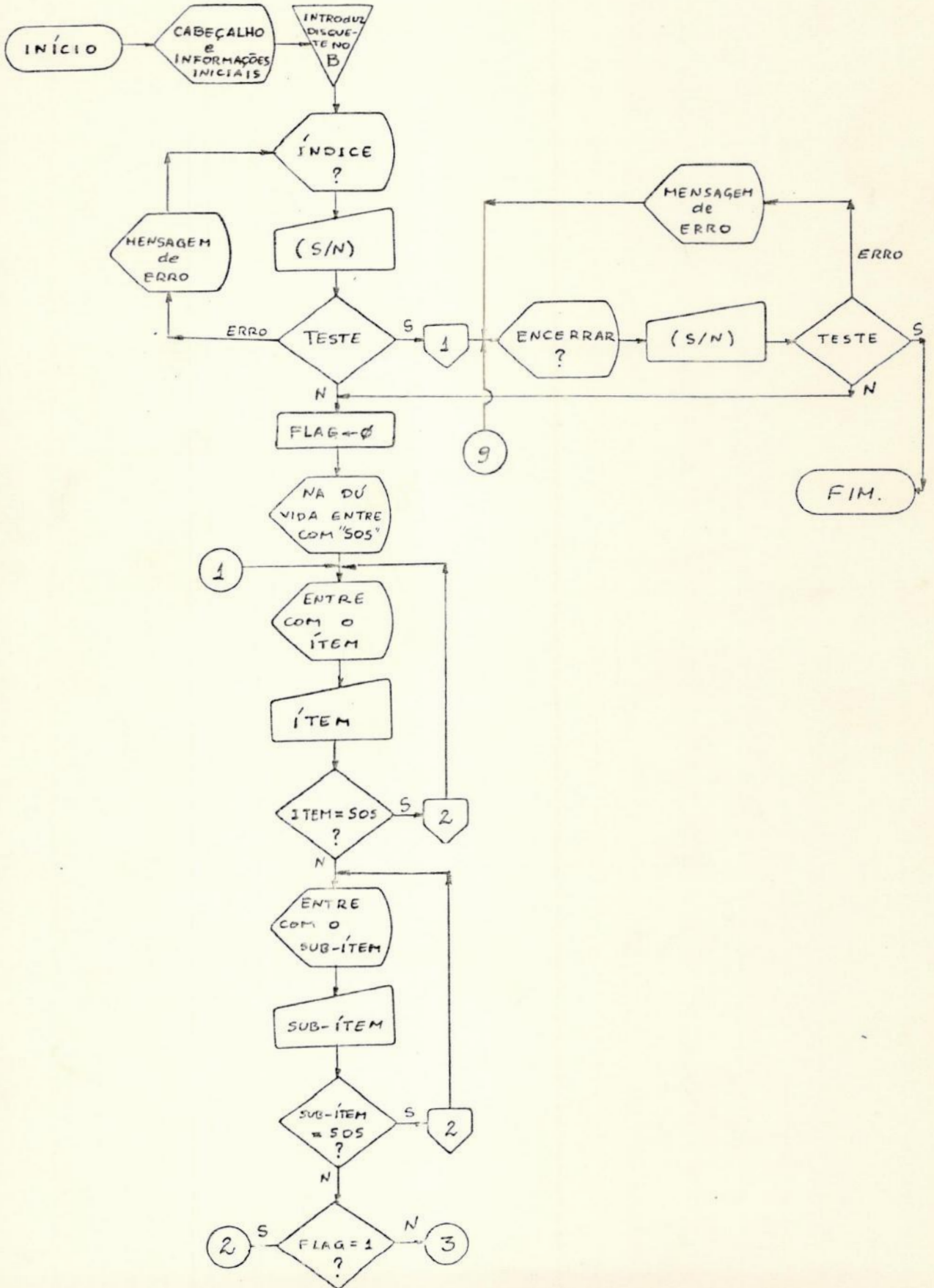
A grande vantagem da união dentro de um mesmo programa destas duas opções, ou seja, de se corrigir ou introduzir os grupos de coeficientes, é que após a inserção de todos os registros em um determinado arquivo poderá o usuário optar por conferi-los.

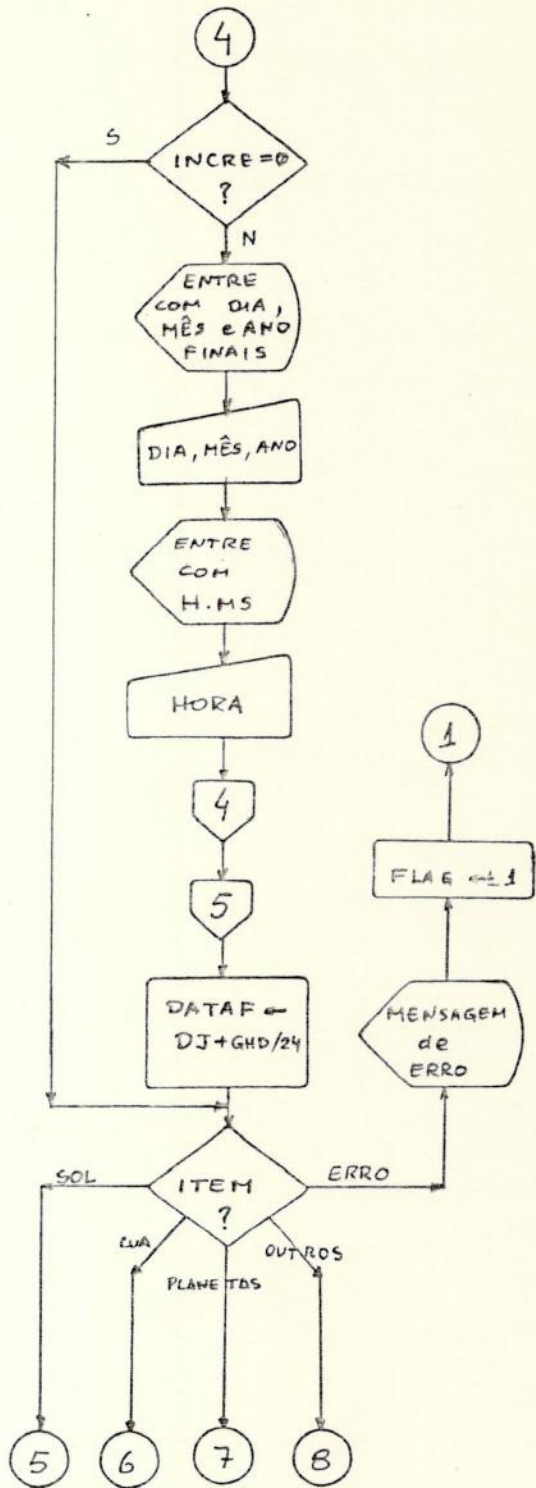
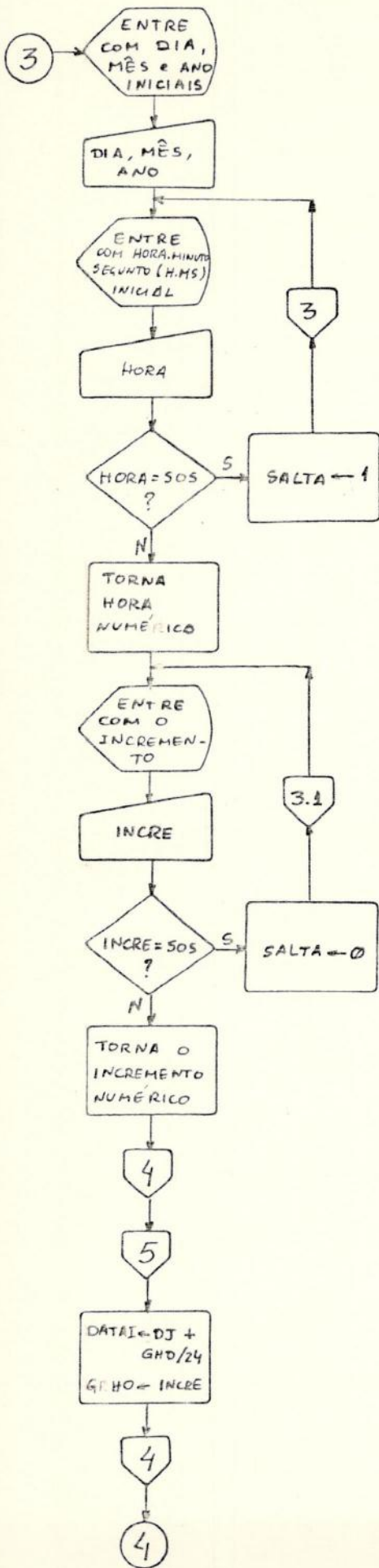
Para atendermos as várias opções de cálculo oferecidas pelo Programa Líder, desenvolvemos quatro Programas de Apoio intitulados de "GERASOL.BAS", "GERALUA.BAS", "GERAPLAN.BAS" e "GERAOUTR.BAS", que geram os arquivos de coeficientes relativos às opções de cálculo, dadas no índice geral, concernentes ao Sol, Lua, grandes planetas do Sistema Solar e Plutão, Satélites Galileanos e Aberração, respectivamente.

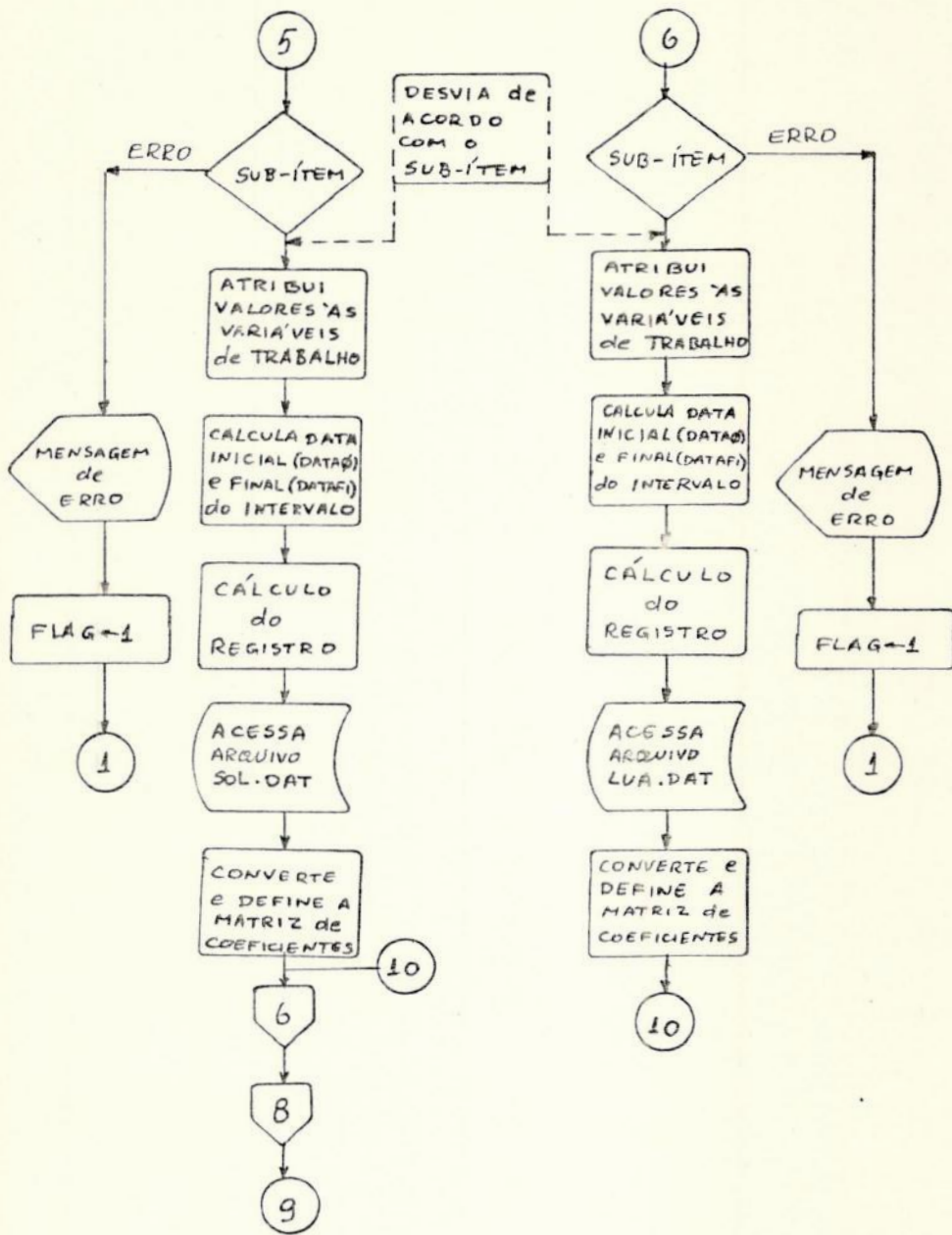
Segue-se, na página 44.B, um fluxograma do procedimento utilizado em cada Programa de Apoio, para uma melhor explicação do que aqui abordamos.

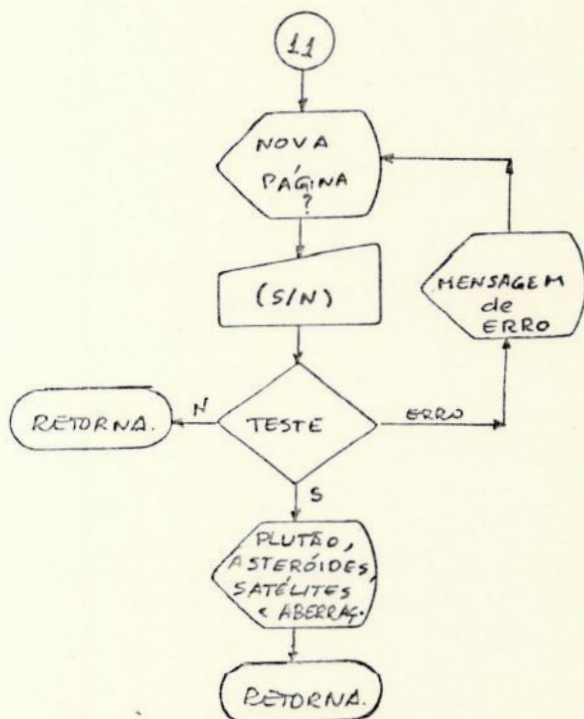
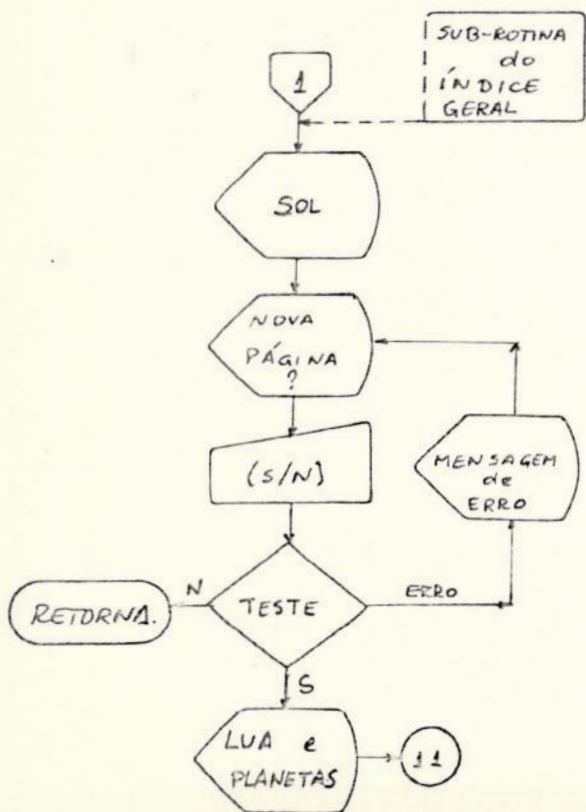
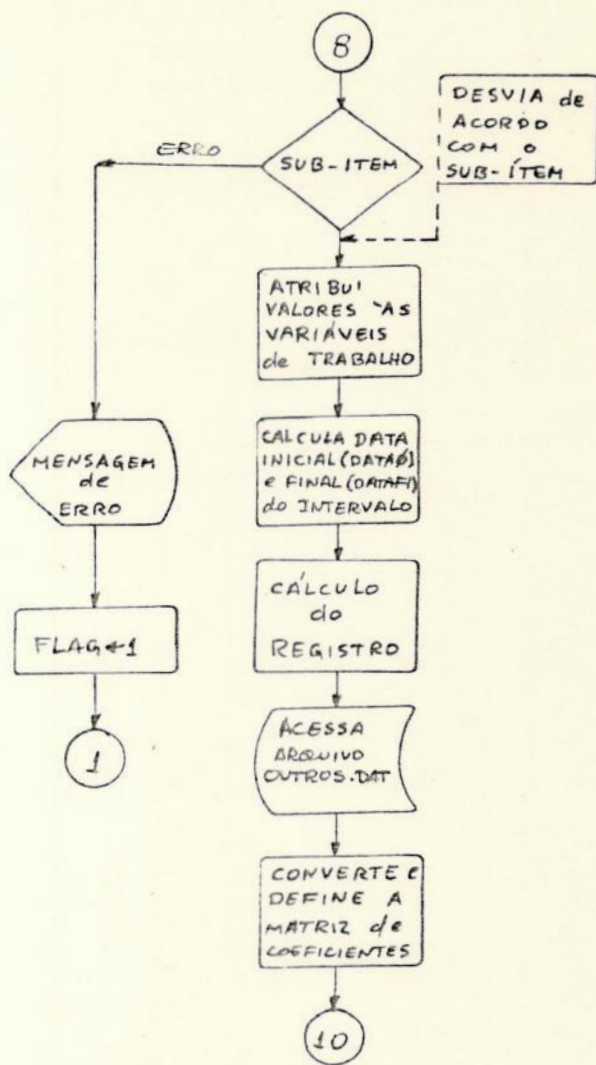
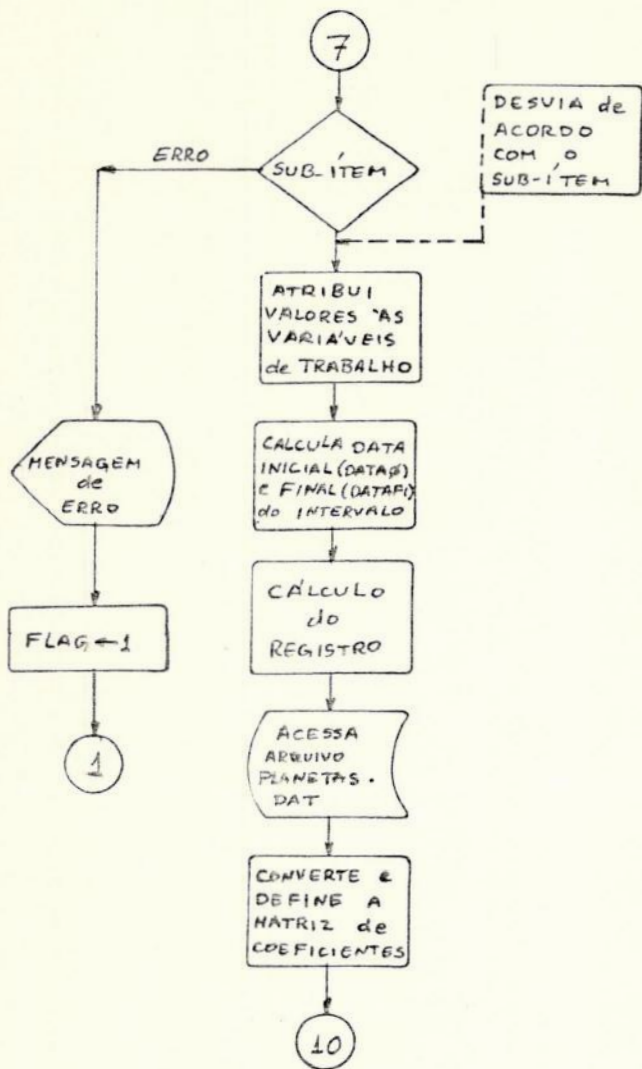
No Apêndice E, poderão ser encontradas, para maiores detalhes, as listagens dos Programas de Apoio e no Apêndice D um manual de uso para o conjunto de programas apresentados, de forma a orientar, inclusive, o responsável pela introdução de dados a cada ano.

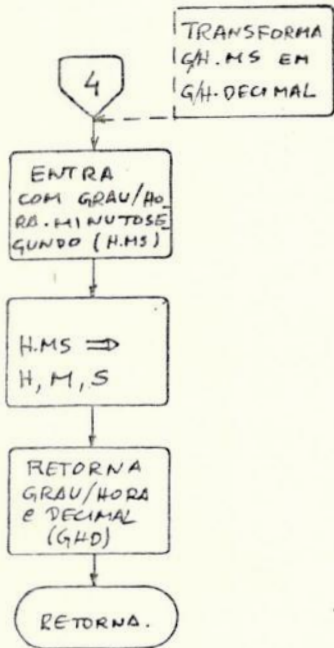
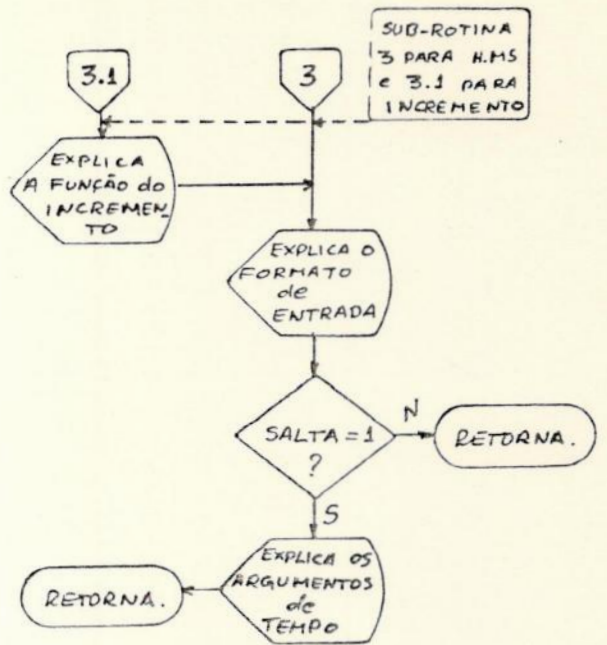
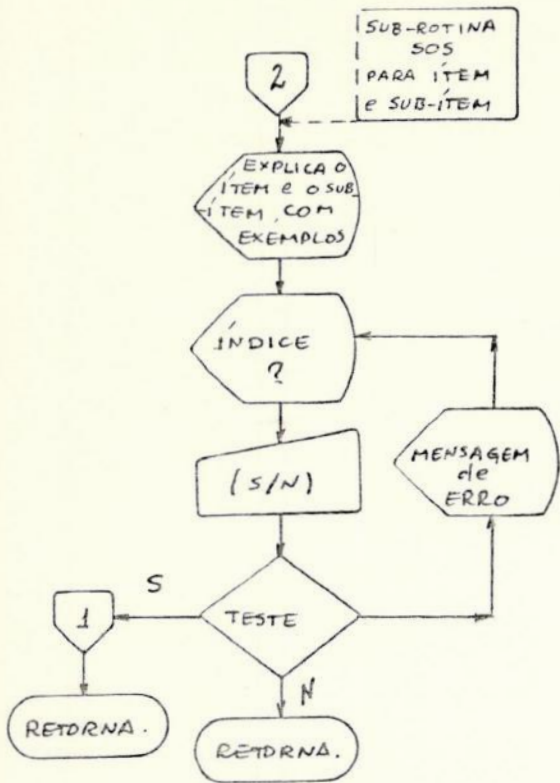
FLUXOGRAMA DO PROGRAMA LÍDER:

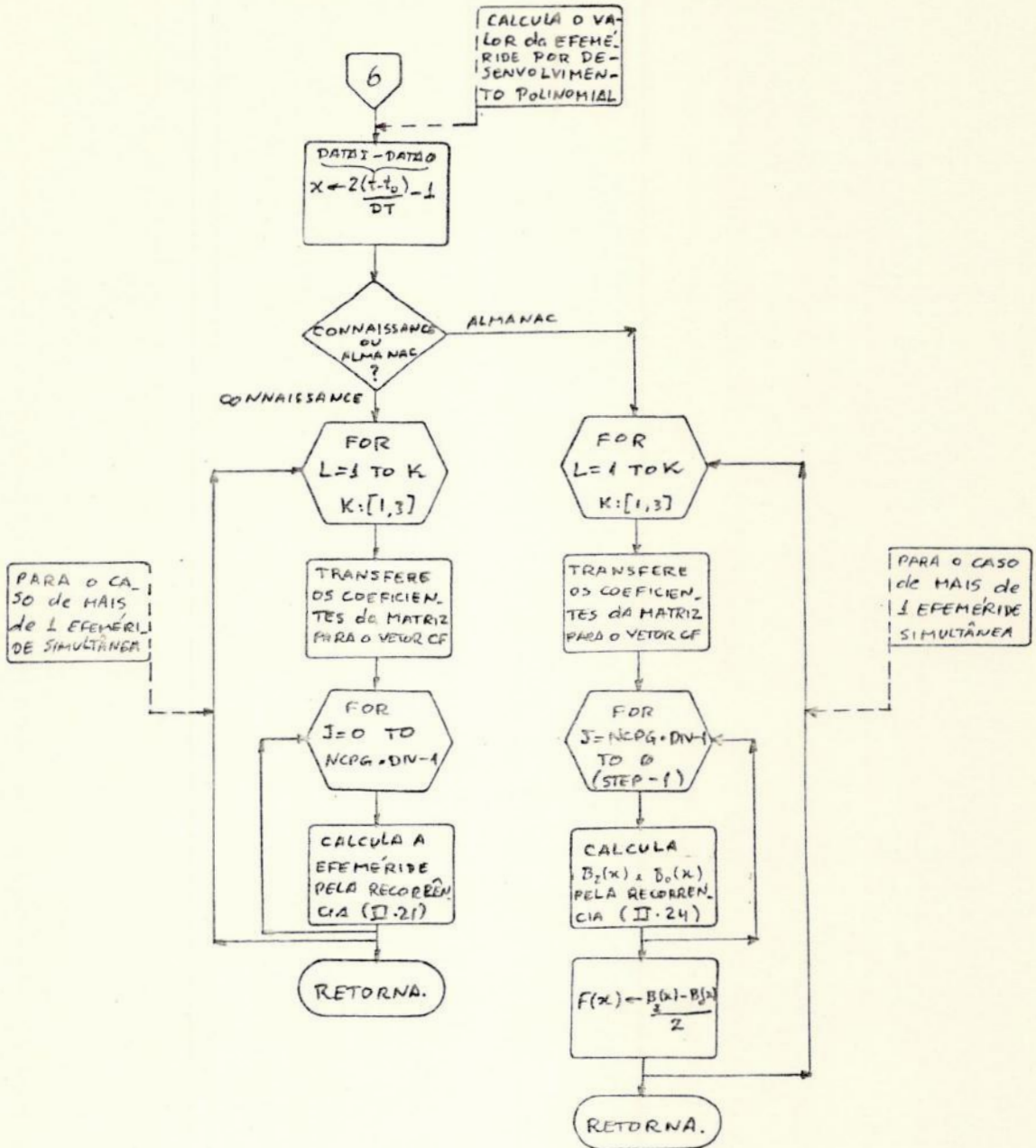




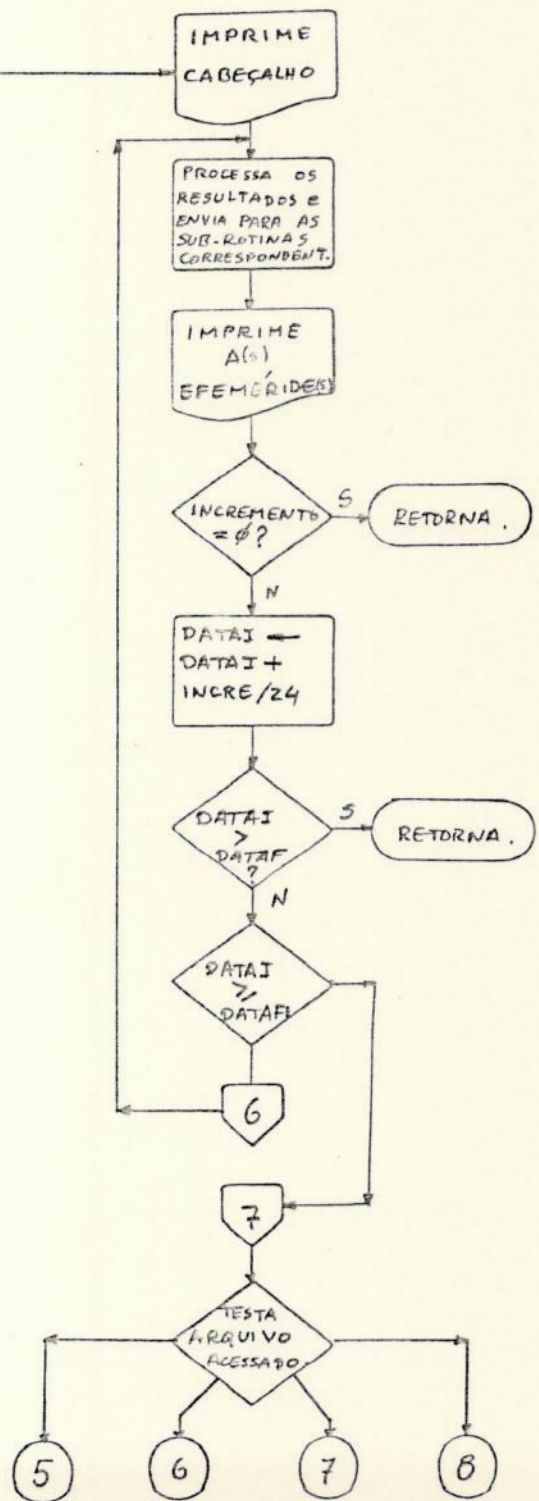
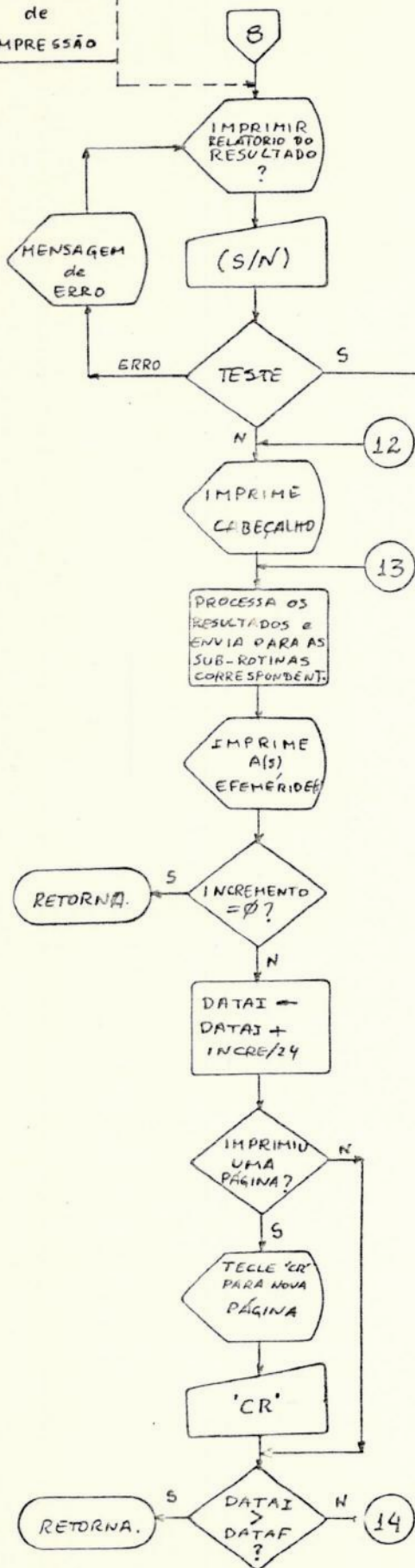


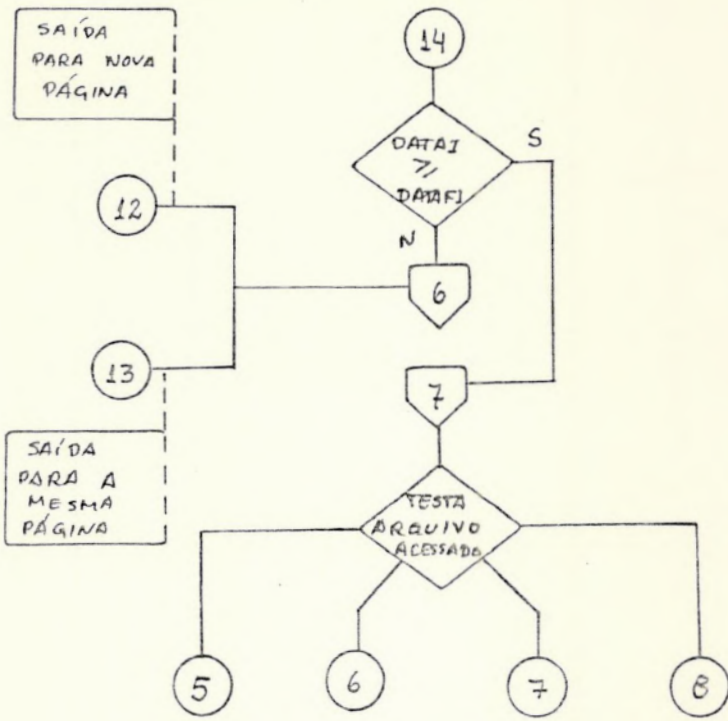




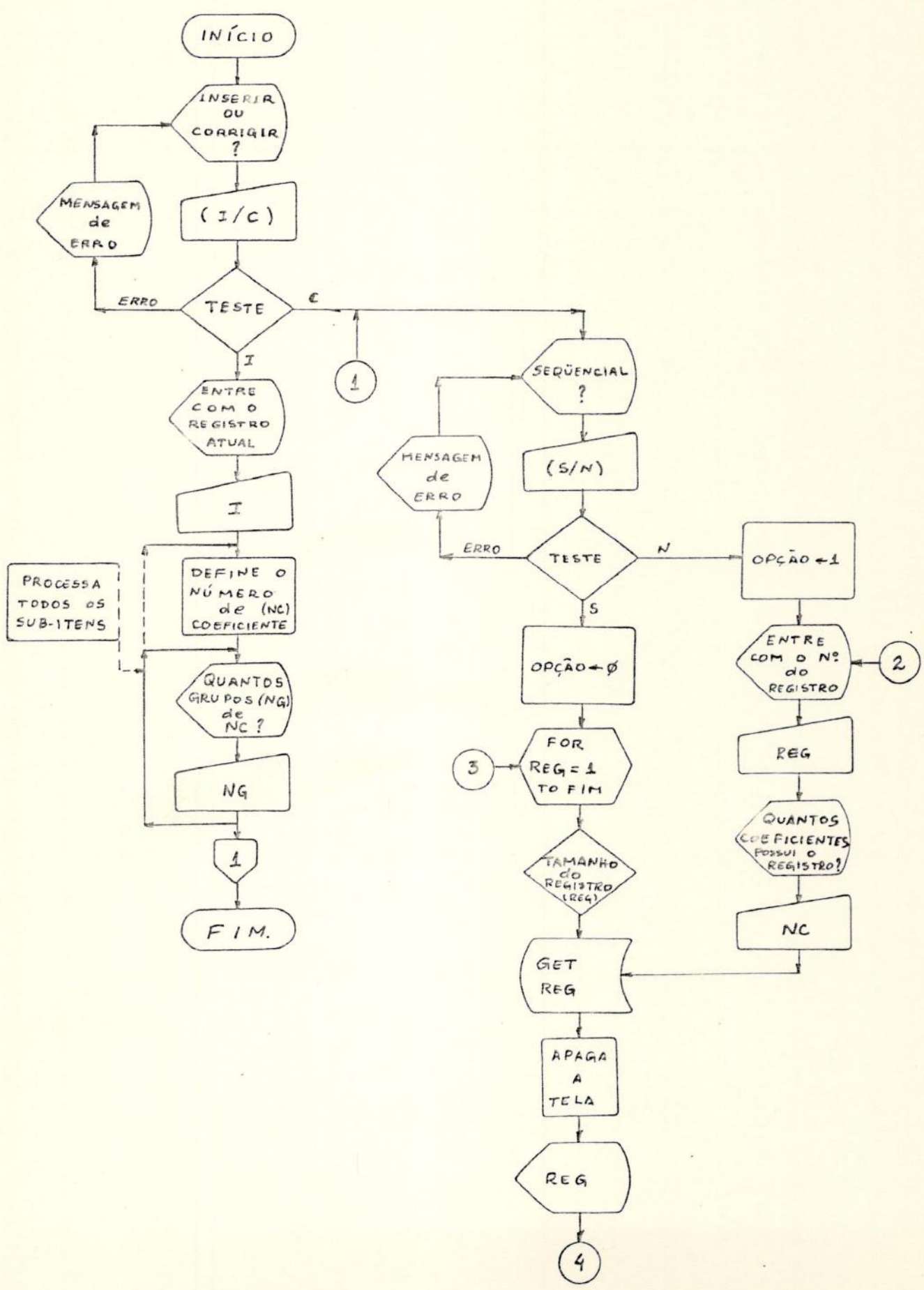


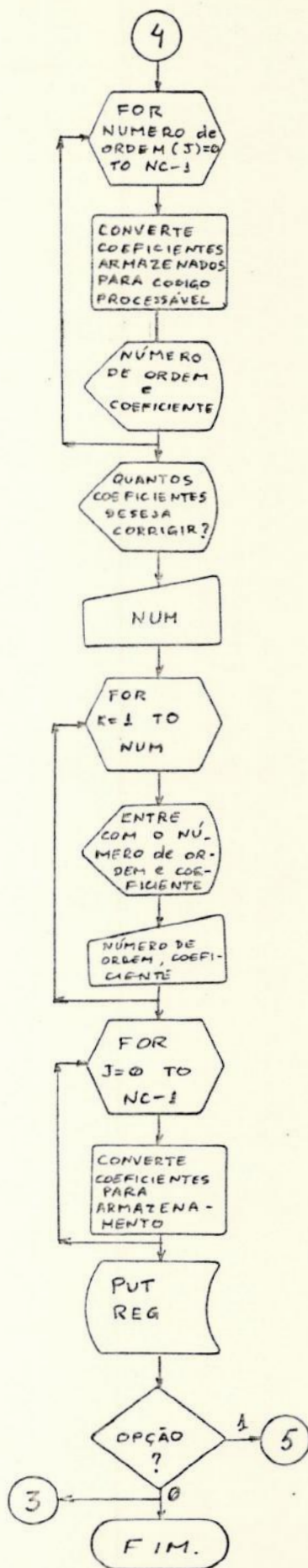
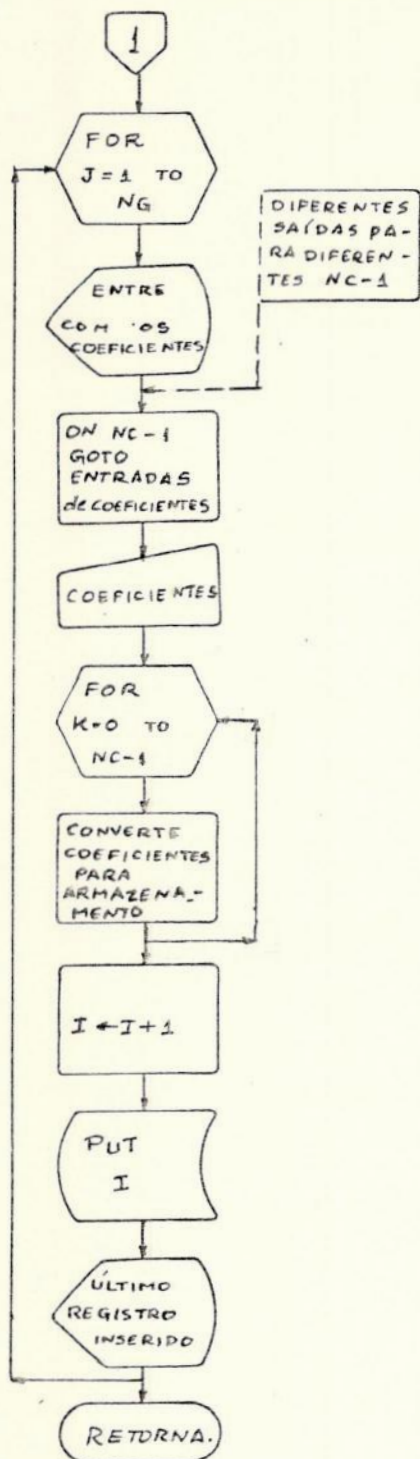
SUB-ROTINA de IMPRESSÃO

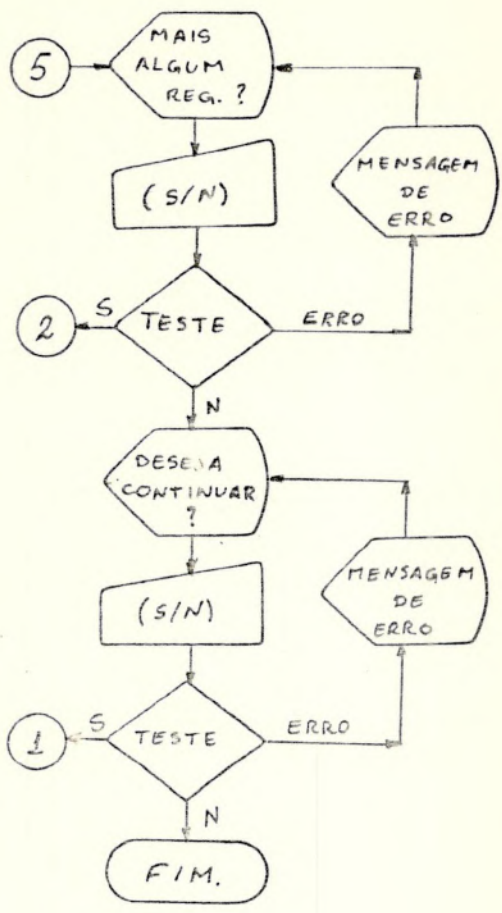




FLUXOGRAMA DOS PROGRAMAS DE APOIO:







V APLICAÇÕES E COMPARAÇÕES

No presente capítulo, apresentamos alguns exemplos de cálculo de efemérides usando o desenvolvimento em polinômios de Chebyshev até aqui estudados.

Para fins de comparação, cada exemplo consta de três partes. Na primeira parte calculamos o valor da efeméride, para uma data, utilizando o desenvolvimento em polinômio de Chebyshev (III.0) ou (III.10) com o auxílio de uma calculadora HP-15C, cujo programa de cálculo encontra-se no Apêndice C deste trabalho. Na segunda, obtemos a mesma efeméride, para a mesma data, através das publicações [2] e [9] e usando, quando necessário, uma interpolação por diferenças finitas. Finalmente, na terceira parte, apresentamos a listagem dos resultados obtidos pelo programa "INTCHEBY.BAS" abordado no capítulo anterior.

Exemplo 1

Calcular o tempo sideral aparente em Greenwich para o dia 24 de março de 1983 às 21h 15m 14s T.U.

1.1 - Utilizamos os coeficientes tabelados na "Connaissance des Temps", 1983 [5], válidos para o intervalo de 16 de março a 03 de abril à 0h T.U.

Neste caso, considerando a expressão (III.1),

$$x = 2 \frac{(t - t_0)}{DT} - 1$$

onde, neste caso,

$$t = 24, 88557870$$

$$t_0 = 16,0$$

$$DT = 18 \text{ dias}$$

Temos

$$x = -1,271347780 \cdot 10^{-2}$$

Pela fórmula de recorrência (II.21),

$$T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x), \quad n = 1, 2, \dots, 7$$

onde

$$T_0(x) = 1 \quad \text{e} \quad T_1(x) = x$$

obtemos

$$T_0(x) = 1$$

$$T_1(x) = -1,271347780 \cdot 10^{-2}$$

$$T_2(x) = -9,996767350 \cdot 10^{-1}$$

$$T_3(x) = 3,813221344 \cdot 10^{-2}$$

$$T_4(x) = 9,987071489 \cdot 10^{-1}$$

$$T_5(x) = -6,352629556 \cdot 10^{-2}$$

$$T_6(x) = -9,970918686 \cdot 10^{-1}$$

$$T_7(x) = 8,887930702 \cdot 10^{-2}$$

$$T_8(x) = 9,948319380 \cdot 10^{-1}$$

Aplicamos agora o desenvolvimento polinomial da forma
(III.0)

$$y(x) = a_0 + a_1 T_1(x) + \dots + a_8 T_8(x)$$

onde a_0, a_1, \dots, a_8 são os coeficientes tabelados e $T_1(x), \dots, T_8(x)$ os polinômios de Chebyshev calculados acima.

Desta forma,

$$y(x) = 9,3721198608 = 9h 22m 19,9150s$$

sendo o erro máximo cometido de 0,0003s, como podemos verificar nas tabelas de erros dadas no Apêndice A.

Adicionalmente, podemos obter esses mesmos valores, a menos de um pequeno erro de arredondamento no 10^9 dígito, usando

$$T_n(x) = \cos n\theta$$

onde

$$n = 0, 1, \dots, 8 \quad e \quad \theta = \arccos x$$

- 1.2 - Das tábuas de tempo sideral aparente em Greenwich, dada no "The Astronomical Almanac", 1983[2], obtemos para o dia 24 de março à 0h T.U. o valor de $TSG_0 = 12h 3m 36,4255s$.

Assim,

T.U.	21h 15m 14,0000s
C(T.U.)	03m 29,4881s
TSG ₀	12h 03m 36,4255s
TSG	33h 22m 19,9136s
TSG	9h 22m 19,9136s

O erro assumido no valor tabelado para TSG₀ é de 0,0001s, sendo que este erro aumenta consideravelmente na interpolação, pois o fator de correção sobre T.U. é uma variação diária uniforme de 3m 56,555s por dia, que não leva em conta a variação diária do efeito de nutação sobre o tempo sideral aparente.

1.3 - Listagem do resultado obtido pelo programa Líder.

SOL

TEMPO SIDERAL COM ERRO MAXIMO DE 0.0003 S

DATA			T.U.			TEMPO SIDERAL		
DIA	MES	ANO	H	M	S	H	M	S
24/	3/	1983	21	15	14.00	9	22	19.9153

Exemplo_2

Calcular a ascensão reta da Lua para o dia 20 de fevereiro de 1983 às 1h 45m 28s T.E. e 6s 59m 40s T.E.

2.1 - Com os coeficientes tabelados na "Connaissance des Temps" 1983[5], válidos para o intervalo de 17 a 21 de fevereiro

ã 0h T.E., e empregando um procedimento análogo ao anterior, porém utilizando o desenvolvimento polinomial em sucessivas ordens, isto é,

$$y_1(x) = a_0 + a_1 T_1(x)$$

$$y_2(x) = a_0 + a_1 T_1(x) + a_2 T_2(x)$$

.

.

.

$$y_7(x) = a_0 + a_1 T_1(x) + \dots + a_7 T_7(x)$$

calculamos a efeméride e, adicionalmente, o erro associado ao truncamento, que é no máximo a soma dos valores absolutos dos coeficientes desprezados [5], para cada valor de $y_k(x)$ à 1h 45m 28s T.E. . Desta forma para

$$x = 0,5366203700$$

temos

k	$y_k(x)$	Erro de truncamento da ordem polinomial
1	3h 25m 39,956s	2m 50,573s
2	3h 24m 34,974s	17,341s
3	3h 24m 18,679s	0,910s
4	3h 24m 19,127s	0,208s
5	3h 24m 19,071s	0,018s
6	3h 24m 19,054s	0,000s
7	3h 24m 19,054s	—

Do mesmo modo para às 6h 45m 40s,

$$x = 0,6457175950$$

e

k	$y_k(x)$	Erro de truncamento da ordem polinomial
1	3h 36m 33,967s	2m 50,573s
2	3h 36m 08,515s	17,341s
3	3h 35m 54,382s	0,910s
4	3h 35m 55,045s	0,208s
5	3h 35m 55,114s	0,018s
6	3h 35m 55,105s	0,000s
7	3h 35m 55,105s	—

2.2 - Utilizando agora uma interpolação de Bessel [7] para sucessivas ordens, a partir dos valores tabelados em "Efemérides Astronômicas", 1983 [9], calculamos a efemérides em questão. Assim,

DIA	ASC.RETA	1ª dif.	2ª dif.	3ª dif.	4ª dif.	5ª dif.	6ª dif.	7ª dif.
18,5	2h 5m 1,388s	24m 27,744s						
19,0	2h 54m 35,810s	25m 6,678s	38,934s					
19,5	2h 54m 35,810s	25m 51,807s	45,129s	6,195s	-0,866s			
20,0	3h 20m 27,617s	26m 42,265s	50,458s	5,329s	-1,380s	-0,514s	-0,041s	
20,5	3h 47m 9,882s	27m 36,672s	54,407s	3,949s	-1,967s	-0,587s	-0,032s	0,041s
21,0	4h 14m 46,554s	28m 33,061s	56,389s	1,982s	-2,586s	-0,619s		
21,5	4h 43m 19,615s	29m 28,856s	56,785	-0,604s				
22,0	5h 12 48,461s							

A fórmula utilizada é

$$\begin{aligned}
 f_n = f_0 + n\Delta_1' + \frac{n(n-1)}{4}(\Delta_0'' + \Delta_1'') + \frac{n(n-1)(2n-1)}{12} \Delta_1''' + \\
 + \frac{(n+1)n(n-1)(n-2)}{48} (\Delta_0^{IV} + \Delta_1^{IV}) + \\
 + \frac{(n+1)n(n-1)(n-2)(2n-1)}{240} \Delta_1^V + \\
 + \frac{(n+2)(n+1)n(n-1)(n-2)(n-3)}{1440} (\Delta_0^{VI} + \Delta_1^{VI}) + \\
 + \frac{(n+2)(n+1)n(n-1)(n-2)(n-3)(2n-1)}{10080} \Delta^{VII}
 \end{aligned}$$

onde n é uma fração própria

$$\Delta_1' = 26\text{m } 42,265\text{s}$$

$$\Delta_0'' + \Delta_1'' = 1\text{m } 44,865\text{s}$$

$$\Delta_1''' = 3,949\text{s}$$

$$\Delta_0^{IV} + \Delta_1^{IV} = -3,362\text{s}$$

$$\Delta_1^V = -0,587\text{s}$$

$$\Delta_0^{\text{VI}} + \Delta_1^{\text{VI}} = -0,105\text{s}$$

$$\Delta_1^{\text{VII}} = 0,041\text{s}$$

para essas diferenças.

Então, para 1h 45m 28s, temos

$$n = 0,14648148$$

$$f^1 = 3\text{h } 24\text{m } 22,319\text{s}$$

$$f^2 = 3\text{h } 24\text{m } 19,041\text{s}$$

$$f^3 = 3\text{h } 24\text{m } 19,071\text{s}$$

$$f^4 = 3\text{h } 24\text{m } 19,052\text{s}$$

$$f^5 = 3\text{h } 24\text{m } 19,052\text{s}$$

$$f^6 = 3\text{h } 24\text{m } 19,053\text{s}$$

$$f^7 = 3\text{h } 24\text{m } 19,053\text{s}$$

e para 6h 59m 40s, temos

$$n = 0,582870380$$

$$f^1 = 3\text{h } 36\text{m } 01,530\text{s}$$

$$f^2 = 3\text{h } 35\text{m } 55,156\text{s}$$

$$f^3 = 3\text{h } 35\text{m } 55,143\text{s}$$

$$f^4 = 3\text{h } 35\text{m } 55,104\text{s}$$

$$f^5 = 3\text{h } 35\text{m } 55,104\text{s}$$

$$f^6 = 3h \ 35m \ 55,104s$$

$$f^7 = 3h \ 35m \ 55,104s$$

Como foi demonstrado anteriormente, se fizermos a diferença entre o valor da efeméride, obtida pelo desenvolvimento polinomial e pela interpretação de Bessel, o resultado obtido deverá ser positivo ou pelo menos nulo, visto que a melhor aproximação decorre do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev.

Para o instante 1h 45m 28s, obtemos a tabela

Ordem(k)	$y_k(x) - f^k$
1	0,0215658 h
2	0,0044258 h
3	-0,0001089 h
4	0,0000208 h
5	0,0000053 h
6	0,0000003 h
7	0,0000003 h

e para 6h 59m 40s, a seguinte

Ordem(k)	$y_k(x) - f^k$
1	0,0090103 h
2	0,0037108 h
3	-0,0002114 h
4	-0,0000164 h
5	0,0000028 h
6	0,0000003 h
7	0,0000003 h

Os valores negativos obtidos da diferença $y(x) - f^k$ podem ser assumidos como zero, pois seus valores absolutos são inferiores ao erro de truncamento do desenvolvimento polinomial.

Observamos que tanto a interpolação de Bessel quanto a de Chebyshev convergem muito bem para o valor "correto"; contudo, para garantir a convergência da interpolação de Bessel, já na 7ª ordem, o intervalo tabular é de 12h, ao passo que os coeficientes do desenvolvimento de Chebyshev são válidos para intervalos de 4 dias. Neste caso, se os coeficientes do desenvolvimento em polinômios de Chebyshev fossem tabelados para o intervalo de 12h, certamente seria necessário uma ordem inferior.

O gráfico abaixo ilustra o comportamento de $y(x) - f^k$ para os dois instantes e justifica a afirmativa de que essa diferença é maior do que zero.

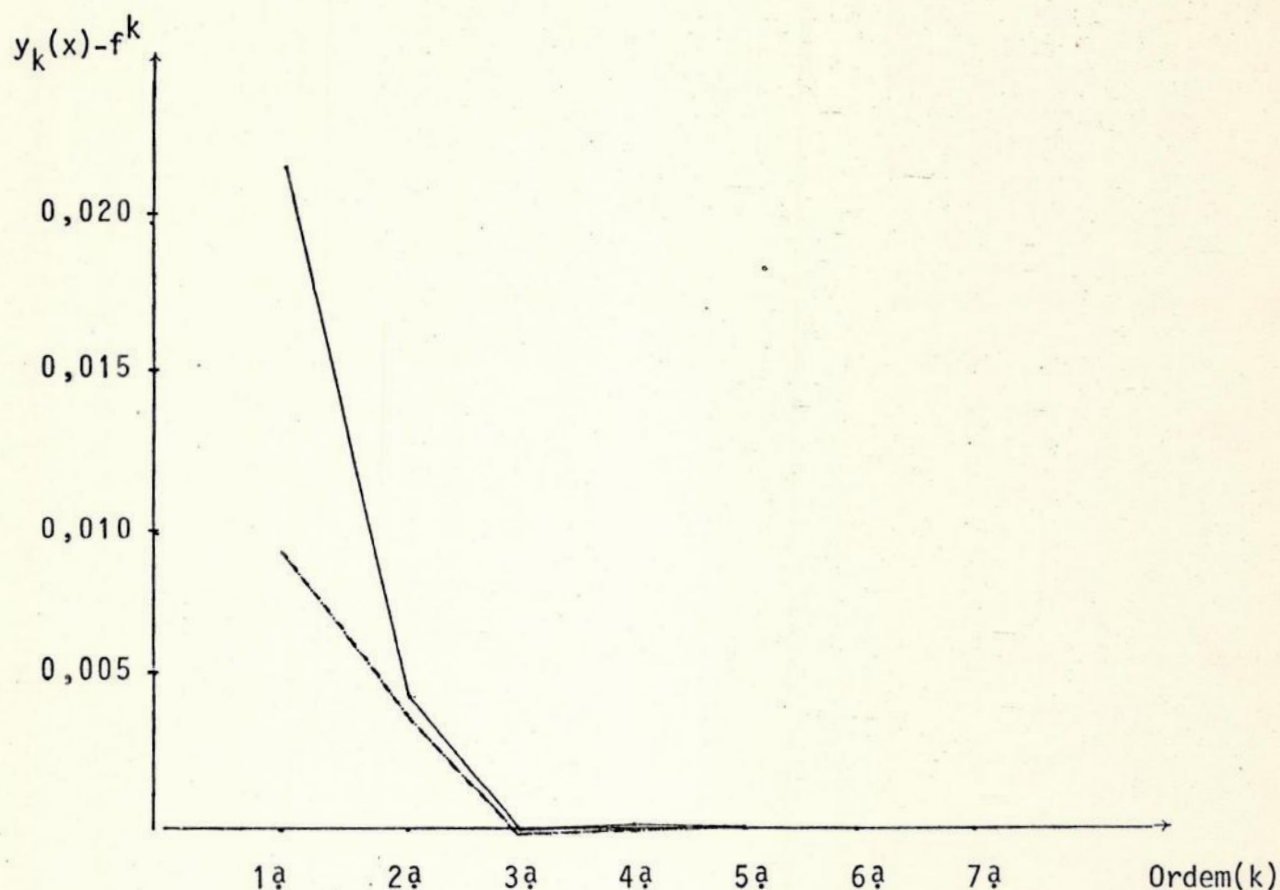


Figura V.1

Gráfico do comportamento $y(x)-f^k$ para os instantes:

——— → 1h 45m 28s

- - - - - → 6h 59m 40s

2.3 - Listagem dos resultados obtidos pelo programa Líder.

DATA		T.E.			ASCENSAO RETA			DECLINAÇÃO			
DIA	MES	ANO	H	M	S	H	M	S	0	'	"
20/	2/	1983	1	45	28.00	3	24	19.054	15	16	18.733
20/	2/	1983	6	59	40.00	3	35	55.105	16	10	50.625

Exemplo 3

Calcular a distância geocêntrica verdadeira de Mercúrio para o dia 15 de fevereiro de 1983 à 1h 15m 20s.

- 3.1 - Utilizando os coeficientes tabelados na "Connaissance des Temps", 1983 [5], válidos para o intervalo de 0 de fevereiro à 5 de março à 0h T.E. e procedendo de forma análoga a do exemplo 1, obtivemos que a distância da Terra a Mercúrio para o instante pedido é 1,084455 U.A. $\pm 0,000001$.
- 3.2 - Aplicando a interpolação de Bessel de segunda ordem (nesse caso, suficiente), obtivemos o valor de 1,0844606 U.A.

Este exemplo fornece uma clara idéia sobre a compressão de dados, quando utilizamos o desenvolvimento em polinômios de Chebyshev, pois os 14 coeficientes tabelados na "Connaissance des Temps" são únicos para um intervalo de 33 dias, ao passo que para levar a efeito uma interpolação de Bessel até segundas diferenças são necessários 37 valores tabelados para cada dia.

- 3.3 - Listagem do resultado obtido pelo programa Líder.

MERCURIO						
DISTANCIA A TERRA COM ERRO MAXIMO DE 0.000001 U.A.						
DATA			T.E.			DISTANCIA A TERRA
DIA	MES	ANO	H	M	S	U.A.
15/	2/	1983	1	15	20.00	1.0844547

Exemplo 4

Calcular a equação dos equinócios para o dia 21 de outubro de 1983 à 0h T.U.

4.1 - A partir dos coeficientes tabelados no "Almanac for Computers", 1983 [1], válidos para o intervalo de tempo entre 1 de outubro de 1983 e 3 de janeiro de 1984 à 0h T.U., utilizamos o desenvolvimento de Chebyshev expresso na forma (III.10),

$$y(x) = \frac{B_2 - B_0}{2}$$

sendo B_2 e B_0 dados pela recorrência (II.24),

$$B_k(x) = 2x B_{k+1}(x) - B_{k+2}(x) + A_k$$

onde

$$B_{n+1} = B_{n+2} = 0 \quad \text{e } k = n, n-1, \dots, 0$$

Neste caso, temos

$$t = 21,0$$

$$t_0 = 1,0$$

$$DT = 95 \text{ dias}$$

e portanto, vem que

$$x = -5,789473684 \cdot 10^{-1}$$

Assim,

$$B_{33}(x) = 0$$

$$B_{32}(x) = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$B_{31}(x) = -5,789473685 \cdot 10^{-4}$$

.

.

.

$$B_2(x) = 6,612367977 \cdot 10^{-2}$$

$$B_1(x) = -2,511565496 \cdot 10^{-2}$$

$$B_0(x) = -2,148442395$$

Finalmente, obtemos

$$y(x) = -1,107s$$

com erro máximo de 0,001s, como podemos verificar no Apêndice A.

4.2 - O valor da equação dos equinócios está tabulada em "The Astronomical Almanac", 1983 [2], para o dia 21 de outubro à 0h T.U. como sendo -1,1079s e o erro assumido é de 0,0001s.

4.3 - Listagem do resultado obtido pelo programa Líder.

SOL

EQUACAO DOS EQUINOCIOS COM ERRO MAXIMO DE .001 S

DATA			T.E.			EQUACAO DOS EQUINOCIOS		
DIA	MES	ANO	H	M	S	H	M	S
21/	10/	1983	0	0	0.00	-	0	0 1.1073

VI CONCLUSÕES

As conclusões tiradas a partir da realização deste trabalho, tanto do ponto de vista teórico como das aplicações práticas, dizem respeito às vantagens de se utilizar o desenvolvimento em polinômios de Chebyshev para aproximar efemérides astronômicas.

Verificamos ser o desenvolvimento em questão, como prediz a teoria, o que determina o menor erro, no sentido de melhor se aproximar às funções astronômicas para grandes intervalos de tempo.

O que devemos ressaltar, entretanto, são as vantagens do desenvolvimento computacional, onde a compressão dos dados necessários à interpolação polinomial, tanto pelo próprio desenvolvimento quanto pela otimização dos arquivos, determina um pequeno consumo de tempo de máquina e espaço de memória.

A programação em Basic-80 proporcionou uma comunicação Homem-Máquina em linguagem de alto nível, facilitando ao usuário, desta forma, uma orientação bastante automatizada.

Adicionalmente, devemos esclarecer que somente algum dos coeficientes do desenvolvimento foram introduzidos para efeito de teste e, portanto, para cada ano, deverão ser criados em disco, com auxílio dos programas de apoio, os arquivos correspondentes aos cálculos realizados pelo programa Líder.

Observamos, finalmente, que desenvolvimentos futuros poderão envolver, por exemplo, a otimização dos programas, a implantação de novas sub-rotinas que ajustem o seu uso às necessidades adicionais do Departamento de Astronomia e o cálculo dos coeficientes do desenvolvimento em polinômio de Chebyshev, de forma a dar inteira consistência e continuidade ao projeto como objeto de pesquisas.

A P Ê N D I C E A

TABELAS DE ERROS:

- , Connaissance des Temps (1983)
- , Almanac for Computers (1983)

CONNAISSANCE DES TEMPS

Astre	Coordonnée	Unité	Nombre de coefficients	Intervalle DT	Erreur maximum
SOLEIL	Temps sidéral	heure	9	18 jours	0 ^s .0003
	Nutation en longitude	(") (1)	9	18 jours	0 ^s .01
	Nutation en obliquité	(") (1)	9	18 jours	0 ^s .01
	Longitude	degré	11	33 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	11	33 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	11	33 jours	2 · 10 ⁻⁷ UA
	Ascension droite	heure	9	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	9	33 jours	0 ^s .1
	Temps Universel	heure	9	33 jours	0 ^s .02
	Coordonnées rectangulaires X, Y, Z	UA (2)	11	33 jours	2 · 10 ⁻⁷ UA
ABERRATION	Constantes pour la correction d'aberration, C et D	(") (1)	7	33 jours	0 ^s .001
	Aberration du Soleil	(") (1)	5	368 jours	0 ^s .1
LUNE	Longitude	degré	8	4 jours	0 ^s .01
	Latitude	degré	8	4 jours	0 ^s .01
	Distance à la Terre	a (3)	8	4 jours	1 · 10 ⁻⁶ a (3)
	Ascension droite	heure	8	4 jours	0 ^s .002
	Déclinaison	degré	8	4 jours	0 ^s .02
	Parallaxe	(') (4)	8	4 jours	0 ^s .0001
COORDONNÉES HÉLIOCENTRIQUES					
MERCURE	Longitude	degré	15	33 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	15	33 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	15	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
VENUS	Longitude	degré	9	94 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	9	94 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	9	94 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
MARS	Longitude	degré	9	186 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	9	186 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	9	186 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
JUPITER	Longitude	degré	6	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	6	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	6	368 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
SATURNE	Longitude	degré	5	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	5	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	5	368 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
URANUS	Longitude	degré	4	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	4	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	4	368 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
NEPTUNE	Longitude	degré	4	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Latitude	degré	4	368 jours	1 · 10 ⁻⁵ degré
	Rayon vecteur	UA (2)	4	368 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA

(1) Seconde de degré.
 (2) Unité astronomique.

(3) Rayon terrestre.
 (4) Minute de degré.

CONNAISSANCE DES TEMPS

Astre	Coordonnée	Unité	Nombre de coefficients	Intervalle DT	Erreur maximum
COORDONNÉES GÉOCENTRIQUES					
MERCURE	Ascension droite	heure	13	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	13	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	13	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
VÉNUS	Ascension droite	heure	9	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	9	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	9	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
MARS	Ascension droite	heure	9	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	9	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	9	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
JUPITER	Ascension droite	heure	8	33 jours	0 ^s .01 ¹
	Déclinaison	degré	8	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	8	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
SATURNE	Ascension droite	heure	8	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	8	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	8	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
URANUS	Ascension droite	heure	9	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	9	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	9	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
NEPTUNE	Ascension droite	heure	9	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	9	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	9	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
PLUTON	Ascension droite	heure	8	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	8	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	8	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
CÉRÈS	Ascension droite	heure	8	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	8	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	8	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
PALLAS	Ascension droite	heure	8	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	8	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	8	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
JUNON	Ascension droite	heure	8	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	8	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	8	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
VESTA	Ascension droite	heure	8	33 jours	0 ^s .01
	Déclinaison	degré	8	33 jours	0 ["] .1
	Distance à la Terre	UA (2)	8	33 jours	1 · 10 ⁻⁶ UA
COORDONNÉES DIFFÉRENTIELLES DES SATELLITES GALILÉENS					
Satellite 1	X et Y	0 ["] .001 (5)	8	1 jour	0 ["] .01
Satellite 2	X et Y	0 ["] .001	8	2 jours	0 ["] .01
Satellite 3	X et Y	0 ["] .001	8	4 jours	0 ["] .02
Satellite 4	X et Y	0 ["] .001	8	6 jours	0 ["] .01

(5) Millième de seconde de degré.

**Table 2: Comparison of *Almanac for Computers* and *A²*
(High Precision Series, pp. D2 – D29)**

Function	No. of Terms	Span of Validity	Maximum Error
Apparent Sidereal Time at 0 ^h UT	34	95 days	0 ^s .001
Equation of the Equinoxes	"	"	0 ^s .001
Nutation in Longitude	"	"	0 ^{''} .014
Nutation in Obliquity	"	"	0 ^{''} .006
Sun: Right Ascension	22	95 days	0 ^s .02
Declination	"	"	0 ^{''} .1
Distance	"	"	4x10 ⁻⁷ AU
Semidiameter	"	"	0 ^{''} .01
Ephemeris Transit	"	"	0 ^s .01
Moon: Right Ascension	32	32 days	0 ^s .02
Declination	"	"	0 ^{''} .1
Horizontal Parallax	"	"	0 ^{''} .01
Geocentric Rectangular Coords.	"	"	1x10 ⁻⁶ Earth radii
Mercury: Right Ascension	32	95 days	0 ^s .01
Declination	"	"	0 ^{''} .2
Distance	"	"	1x10 ⁻⁶ AU
Venus: Right Ascension	32	95 days	0 ^s .01
Declination	"	"	0 ^{''} .1
Distance	"	"	1x10 ⁻⁶ AU
Mars: Right Ascension	18	95 days	0 ^s .03
Declination	"	"	0 ^{''} .2
Distance	"	"	1x10 ⁻⁶ AU
Jupiter: Right Ascension	18	95 days	0 ^s .02
Declination	"	"	0 ^{''} .1
Distance	"	"	1x10 ⁻⁶ AU
Saturn: Right Ascension	14	95 days	0 ^s .02
Declination	"	"	0 ^{''} .2
Distance	"	"	3x10 ⁻⁶ AU
Uranus: Right Ascension	14	95 days	0 ^s .02
Declination	"	"	0 ^{''} .1
Distance	"	"	3x10 ⁻⁶ AU
Neptune: Right Ascension	12	95 days	0 ^s .02
Declination	"	"	0 ^{''} .1
Distance	"	"	9x10 ⁻⁶ AU
Pluto: Right Ascension (astrometric)	12	95 days	0 ^s .004
Declination (astrometric)	"	"	0 ^{''} .04
Distance	"	"	9x10 ⁻⁶ AU

A P Ê N D I C E B

MANUAL DE USO DOS PROGRAMAS

Este apêndice tem por objetivo a sugestão de uma rotina de trabalho para os usuários do conjunto de programas apresentados, ou seja, o programa de cálculo de efemérides e os programas de inserção e correção dos coeficientes.

Desta forma, vamos subdividir o trabalho em duas partes que são:

- Rotina I, para o uso do programa "INTCHEBY.BAS".
- Rotina II, para o uso dos programas "GERASOL.BAS", "GERALUA.BAS", "GERAPLAN.BAS", "GERAOUTR.BAS".

Rotina I

- 1 - Ligar o terminal de vídeo, o micro e os "drives", nesta ordem;
- 2 - Colocar no "drive" A o disquete que contém os programas;
- 3 - Dar a partir a frio, a partir do botão de RESET;
- 4 - Chamar o interpretador "MBasic" por A > MBASIC /F:4;
- 5 - Chamar o programa através de LOAD "INTCHEBY" e após executado o comando RUN ele mesmo dará as próximas instruções de sua execução.
- 6 - Quando desejar encerrar a rotina de uso dê o comando RESET, chame o SYSTEM, acione as teclas CONTROL e C quando aparecer no terminal de vídeo a indicação A >, então faça B: e dê o CONTROL C. Por fim, retire os disquetes;
- 7 - Desligue os "drive", o micro e o terminal, nesta ordem.

Rotina II

Nesta rotina devemos repetir os procedimentos 1,2,3 e 4, apresentados na Rotina I, ou caso já executados prosseguir com os passos

- 5 - Introduza no "drive" B o disquete dos coeficientes;
- 6 - Chamar o programa de apoio desejado através do comando LOAD "<nome do programa>" e após execute o comando RUN.
- 7 - Para encerrar a rotina de uso, siga o processo 6 e 7 da Rotina I.

NOTAS

No uso dos programas de apoio para a inserção dos coeficientes, o usuário deverá fornecer o último registro inserido e o número de grupos de coeficientes para o sub-ítem apresentado; caso não se queira introduzir nenhum grupo, é necessário apenas acionar a tecla CR.

Para o caso de correção de coeficientes, poderá o usuário optar por uma apresentação seqüencial ou então de forma direta, introduzindo o número do registro desejado. Neste caso, devemos lembrar que as fórmulas de recorrência dos registros são apresentados na listagem do programa Líder, no Apêndice D deste trabalho.

A P Ê N D I C E C

PROGRAMA PARA CALCULADORAS HP-15C

Neste apêndice, temos um programa para o cálculo de efemérides astronômicas por desenvolvimento em polinômios de Chebyshev para a calculadora HP-15C. Sua codificação deve ser de forma:

Linhas	Comando	Código
001	f LBL 1	42.21. 1
002	g F? 1	43. 6. 1
003	GTO 4	22 4
004	EEx	26
005	5	5
006	CHS	16
007	+	40
008	STO I	44 25
009	STO 3	44 3
010	GTO 5	22 5
011	f LBL 4	42.21. 4
012	2	2
013	-	30
014	EEx	26
020	5	5
021	CHS	16
022	+	40
023	STO I	44 25
024	STO 3	44 3
025	f LBL 5	42.21. 5
026	R/S	31
027	R/S	31
028	-	30
029	2	2
030	x	20
031	R/S	31

Linhas	Comando	Código
032	÷	10
033	1	1
034	-	30
035	GTO.0	44 ,0
036	STO 1	44 1
037	g RTN	43 32
038	f LBL C	42.21.13
039	g SF 1	43. 4. 1
040	GSB 1	32 1
041	f LBL 3	42.21. 3
042	R/S	31
043	R/S	31
044	RCL x 1	45.20. 1
045	+	40
046	STO 2	44 2
047	1	1
048	STO 0	44 0
049	f LBL 2	42.21. 2
050	2	2
051	RCL x.0	45.20..0
052	RCL x 1	45.20. 1
053	RCL - 0	45.30. 0
054	f x \geq 1	42. 4. 1
055	STO 0	44 0
056	RCL 1	45 1
057	R/S	31
058	x	30
059	STO + 2	44.40. 2
060	f ISG I	42. 6.25
061	GTO 2	22 2
062	RCL 3	45 3
063	STO I	44 25
064	RCL 2	45 2
065	GTO 3	22 3
066	f LBL A	42.21.11
067	g CF 1	43. 5. 1

Linhas	Comando	Código
068	GSB 1	32 1
069	f LBL 8	42.21. 8
070	0	0
071	STO 1	44 1
072	STO 2	44 2
073	RCL. 0	45 ,0
074	f LBL 6	42.21. 6
075	R/S	31
076	RCL-2	45.30. 2
077	2	2
078	RCL x.0	45.20.,0
079	RCL x 1	45.20. 1
080	+	40
081	STO 0	44 0
082	f x \geq 1	42. 4. 1
083	f x \geq 2	42. 4. 2
084	STO 4	44 4
085	RCL 0	45 0
086	f DSE I	42. 5.25
087	GTO 6	22 6
088	RCL-4	45.30. 4
089	2	2
090	\div	10
091	R/S	31
092	RCL 3	45 3
093	STO I	44 25
094	GTO 8	22 8

Procedimento

- 1 - Para os coeficientes tabelados na "Connaissance des Temps";
 - 1.1 - Entrar com o número de coeficientes no programa C ;
 - 1.2 - Em R/S, entrar com o instante, t, para o qual se deseja interpolar, em seguida com o instante inicial, t_0 , do intervalo tabular e por fim com o intervalo tabular, DT;

- 1.3 - Entrar em R/S com os coeficientes a_0, a_1, \dots, a_n , sendo logo após apresentado o valor da efeméride, na unidade dos coeficientes[5].

NOTA

A partir da quarta interrupção do programa, a máquina exibe, sucessivamente, os valores de $x, T_2(x), T_3(x), \dots, T_n(x)$ e $y(x)$ (vide Exemplo 1 do Capítulo V), após o que a calculadora estará receptiva a novos coeficientes para um mesmo x .

- 2 - Para os coeficientes tabelados no "Almanac for Computers";
- 2.1 - Entrar com o número de coeficientes no programa A;
- 2.2 - Proceder como no item 1.2, observando que, neste caso, $DT = 2A$, onde A é um valor tabulado.
- 2.3 - Entrar em R/S, sucessivamente, com os coeficientes A_k, A_{k-1}, \dots, A_1 e A_0 , sendo logo após apresentado o valor da efeméride, na unidade dos coeficientes [1].

NOTA

A partir da quarta interrupção do programa, a calculadora exibe o valor de x e então, para cada A_k introduzido em R/S, são apresentados os B_k correspondentes, com exceção de A_0 , quando será apresentado o valor da efeméride. Poderá ainda o usuário introduzir novos coeficientes para o mesmo valor de x , após acionar a tecla R/S.

A P Ê N D I C E D

LISTAGEM DO PROGRAMA LÍDER

Recs Bytes Ext Acc
 228 29k 2 R/O A:INTCHEBY.BAS
 Bytes Remaining On A: 104k

A)

```

100 DIM TH(38),CFH(36),COEF$(9),CFAH(3,36),EFEMH(3)
120 PRINT CHR$(12)
140 PRINT"
160 PRINT"
180 PRINT"
200 PRINT"
220 PRINT"
240 PRINT"
260 PRINT"
280 PRINT"
300 PRINT"
320 PRINT"
340 PRINT"
360 PRINT"
380 PRINT"
400 PRINT"
420 PRINT"
440 PRINT"
460 PRINT"
480 PRINT"
500 PRINT"
520 PRINT"
540 REM
560 REM INTRODUCAO DO DISQUETE COM COEFICIENTES.
580 REM
600 PRINT:PRINT" INTRODUZA NO DRIVE 'B' O DISQUETE COM OS COEFICIENTES PARA O AN
O DESEJADO":INPUT" PRESSIONANDO A TECLA 'CR' EM SEGU
IDA." RESP$ : PRINT
620 PRINT CHR$(12)
640 REM
660 REM APRESENTACAO OPCIONAL DO INDICE.
680 REM
700 PRINT : INPUT "DESEJA QUE O INDICE SEJA LISTADO (S/N) ";RESP$
720 IF RESP$="N" GOTO 1040
740 IF RESP$="S" GOTO 800
760 PRINT:PRINT"O CARATER - ";RESP$; " - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO" : PRINT
780 GOTO 700
800 GOSUB 16680
820 REM
840 REM ENCERRAMENTO DA EXECUCAO DO PROGRAMA.
860 REM
880 PRINT:INPUT "DESEJA ENCERRAR O PROGRAMA (S/N)";RESP$
900 IF RESP$="S" THEN END
920 IF RESP$="N" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 1040
940 PRINT "O CARATER - ";RESP$; " - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO"
960 GOTO 880
980 REM
1000 REM ENTRADA DE DADOS.
1020 REM
1040 FLAG%=0:FLAGPRN=0:PRINT:PRINT:PRINT"EM CASO DE DUVIDA DIGITE 'SOS' PARA SEU
AUXILIO ONDE HOUVER O CARACTER (*)."
1060 PRINT:PRINT" ENTRE COM O ITEM DESEJADO (*)."
1080 INPUT ITEM$
1100 FLAG3%=0
1120 IF ITEM$="SOS" GOTO 1160
1140 GOTO 1200
1160 GOSUB 8440
1180 GOTO 1060
1200 PRINT : PRINT"ENTRE COM O SUB-ITEM DESEJADO (*)."
1220 INPUT SUBIT$
1240 IF SUBIT$="SOS" GOTO 1280
1260 GOTO 1320
1280 GOSUB 8440
1300 GOTO 1060
1320 IF FLAG%=1 GOTO 2080
1340 PRINT :PRINT"ENTRE COM O 'DIA,MES,ANO' DO INSTANTE INICIAL"
1360 INPUT DIA#,MES#,ANO#
1380 MESI#=MES#
1400 DIAI#=DIA#
1420 PRINT :PRINT"ENTRE COM A 'HORA.MINUTOSEGUNDO' DO INSTANTE INICIAL (*)."
1440 INPUT HORAS#
1460 IF HORAS#="SOS" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 1500
1480 HORAS=VAL(HORAS#):ARGUMENTO$="T.E.":GOTO 1540
1500 SALTA=1 : GOSUB 8960
1520 GOTO 1420
1540 PRINT :PRINT"ENTRE COM O INCREMENTO EM 'HORA.MINUTOSEGUNDO'"
1560 PRINT"DESEJANDO APENAS O RESULTADO PARA O INSTANTE INICIAL, ENTRE COM '0' (
*)"

```



```

1580 INPUT INCR$
1600 IF INCR$="SOS" GOTO 1660
1620 INCR# = VAL(INCR$)
1640 GOTO 1700
1660 SALTA=0 : GOSUB 8920
1680 GOTO 1540
1700 GRHO# = HORA#
1720 GOSUB 9420
1740 GOSUB 9260
1760 DATA# = DJ# + GHD# / 24#
1780 GRHO# = INCR#
1800 GOSUB 9420
1820 INCR# = GHD#
1840 IF INCR# = 0# GOTO 2000
1860 PRINT : PRINT "ENTRE COM O 'DIA,MES,ANO' DO INSTANTE FINAL"
1880 INPUT DIA#,MESH,ANO#
1900 PRINT : PRINT "ENTRE COM A 'HORA.MINUTOSEGUNDO' DO INSTANTE FINAL."
1920 INPUT HORA#
1940 GRHO# = HORA#
1960 GOSUB 9420
1980 GOSUB 9260
2000 DATA# = DJ# + GHD# / 24#
2020 REM
2040 REM TESTE DO ITEM.
2060 REM
2080 IF ITEM$="SOL" GOTO 2580
2100 IF ITEM$="LUA" GOTO 4740
2120 IF ITEM$="MERCURIO" THEN FLAG7%=0 : GOTO 7160
2140 IF ITEM$="VENUS" THEN FLAG7%=1 : GOTO 7160
2160 IF ITEM$="MARTE" THEN FLAG7%=2 : GOTO 7160
2180 IF ITEM$="JUPITER" THEN FLAG7%=3 : GOTO 7160
2200 IF ITEM$="SATURNO" THEN FLAG7%=4 : GOTO 7160
2220 IF ITEM$="URANO" THEN FLAG7%=5 : GOTO 7160
2240 IF ITEM$="NETUNO" THEN FLAG7%=6 : GOTO 7160
2260 IF ITEM$="PLUTAO" THEN FLAG6%=0 : GOTO 5700
2280 IF ITEM$="CERES" THEN FLAG6%=1 : GOTO 5700
2300 IF ITEM$="PALAS" THEN FLAG6%=2 : GOTO 5700
2320 IF ITEM$="JUNO" THEN FLAG6%=3 : GOTO 5700
2340 IF ITEM$="VESTA" THEN FLAG6%=4 : GOTO 5700
2360 IF ITEM$="IO" THEN FLAG6%=7 : GOTO 5700
2380 IF ITEM$="EUROPA" THEN FLAG6%=8 : GOTO 5700
2400 IF ITEM$="GANIMEDES" THEN FLAG6%=9 : GOTO 5700
2420 IF ITEM$="CALIXTO" THEN FLAG6%=10 : GOTO 5700
2440 IF ITEM$="ABERRACAO" THEN FLAG6%=5 : GOTO 5700
2460 IF ITEM$="CONSTANTES DE ABERRACAO" THEN FLAG6%=6 : GOTO 5700
2480 PRINT "O CARACTER - " ; ITEM$ ; " - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO." : FLAG%=1
2500 GOTO 1060
2520 REM
2540 REM ACESSO AO ARQUIVO 'SOL.DAT'.
2560 REM
2580 FLAG2%=1 : K=0
2600 IF SUBIT$="TEMPO SIDERAL" THEN OPCAO=0 : GOTO 2880
2620 IF SUBIT$="NUTACAO EM LONGITUDE" THEN OPCAO=1 : GOTO 2900
2640 IF SUBIT$="NUTACAO EM OBLIQUIDADE" THEN OPCAO=2 : GOTO 2900
2660 IF SUBIT$="COORDENADAS URANOGRAFICAS" THEN SAIDA=7 : GOTO 3100
2680 IF SUBIT$="TEMPO UNIVERSAL" THEN OPCAO=2 : GOTO 3080
2700 IF SUBIT$="COORDENADAS ECLIPTICAS" THEN SAIDA=8 : GOTO 3320
2720 IF SUBIT$="RAIO VETOR" THEN OPCAO=5 : GOTO 3300
2740 IF SUBIT$="COORDENADAS RETANGULARES GEOCENTRICAS" THEN OPCAO=6 : GOTO 3360
2760 IF SUBIT$="DISTANCIA A TERRA" THEN OPCAO=0 : GOTO 3720
2780 IF SUBIT$="SEMI-DIAMETRO" THEN OPCAO=1 : GOTO 3740
2800 IF SUBIT$="EFEMERIDE DE TRANSITO" THEN OPCAO=2 : GOTO 3760
2820 IF SUBIT$="EQUACAO DOS EQUINOCIOS" THEN SAIDA=5 : GOTO 4040
2840 PRINT : PRINT "O SUBITEM - " ; SUBIT$ ; " - NAO TEM SENTIDO PARA O ITEM " ; ITEM$
2860 FLAG%=1 : GOTO 1060
2880 SAIDA=1 : ERRO$="0.0003 S" : ARGUMENTO$="T.U." : GOTO 2920
2900 SAIDA=2 : ERRO$="0.01'" : ARGUMENTO$="T.U."
2920 NCPG=9 : DIV=1 : DT# = 18# : MESH = MESI#
2940 IF DIA# < 15# THEN QUINZZ=1 : GOTO 2980
2960 QUINZZ=2 : DIA# = 16# : GOTO 3000
2980 DIA# = 0#
3000 GOSUB 9260
3020 DATA# = DJ# : DATAFI# = DJ# + DT#
3040 RECORDZ = OPCAO * 24 + (MESI# - 1) * 2 + QUINZZ
3060 GOTO 4220
3080 SAIDA=1 : ERRO$="0.02 S" : ARGUMENTO$="T.U." : GOTO 3140
3100 SUBIT1$="ASCENSAO RETA" : ERRO1$="0.01 S" : OPCAO=6
3120 RECORDZ = MESI# + 72
3140 NCPG=9 : DIV=1 : DT# = 33# : DIA# = 0# : MESH = MESI#
3160 GOSUB 9260
3180 DATA# = DJ# : DATAFI# = DJ# + DT#
3200 IF OPCAO=6 THEN GOSUB 4220
3220 IF OPCAO=2 GOTO 3260
3240 OPCAO=1 : SUBIT2$="DECLINACAO" : ERRO2$="0.1'"
3260 RECORDZ = OPCAO * 12 + MESI# + 72
3280 GOTO 4220
3300 ERRO$="0.000002 U.A." : SAIDA=4 : ARGUMENTO$="T.U." : GOTO 3360

```



```

3320 SUBIT1$="LONGITUDE" : ERRO1$=".04'" : OPCA0=6
3340 RECORDZ=107+2*MESI#
3360 NCPG=6 : DIV=2 : DT#=33# : DIA#=0# : MES#=MESI#
3380 GOSUB 9260
3400 DATA#=#DJ# : DATAFI#=#DJ#+DT#
3420 IF SUBIT1$="COORDENADAS RETANGULARES GEOCENTRICAS" THEN ERRO$=".0000002 U.A."
" : GOTO 3540
3440 IF OPCA0=6 THEN GOSUB 4220
3460 IF OPCA0=5 GOTO 3500
3480 OPCA0=4 : SUBIT2$="LATITUDE" : ERRO2$=".04'"
3500 RECORDZ=OPCA0*24+35+2*MESI#
3520 GOTO 4220
3540 SUBIT1$=" X"
3560 RECORDZ=179+2*MESI# : SAIDA=9
3580 GOSUB 4220
3600 SUBIT2$=" Y"
3620 RECORDZ=RECORDZ+22
3640 GOSUB 4220
3660 SUBIT3$=" Z" : OPCA0=0
3680 RECORDZ=RECORDZ+22
3700 GOTO 4220
3720 SAIDA=4 : GOTO 3780
3740 SAIDA=6 : GOTO 3780
3760 SAIDA=1 : ARGUMENTO$="T.U."
3780 ON MESI# GOTO 3800,3800,3800,3820,3820,3820,3840,3840,3840,3860,3860,3860
3800 IMESZ=1 : MES#=#1# : GOTO 3880
3820 IMESZ=2 : MES#=#4# : GOTO 3880
3840 IMESZ=3 : MES#=#7# : GOTO 3880
3860 IMESZ=4 : MES#=#10#
3880 FLAG2Z=0 : NCPG=8 : DIV=3 : DT#=95# : DIA#=#1#
3900 GOSUB 9260
3920 DATA#=#DJ# : DATAFI#=#DJ#+DT#
3940 IF OPCA0=0 THEN ERRO$=".0000004 U.A." : GOTO 4000
3960 IF OPCA0=1 THEN ERRO$=".01'" : GOTO 4000
3980 ERRO$=".01 S"
4000 RECORDZ=OPCA0*12+250+3*IMESZ
4020 GOTO 4220
4040 ON MESI# GOTO 4060,4060,4060,4080,4080,4080,4100,4100,4100,4120,4120,4120
4060 IMESZ=1 : MES#=#1# : GOTO 4140
4080 IMESZ=2 : MES#=#4# : GOTO 4140
4100 IMESZ=3 : MES#=#7# : GOTO 4140
4120 IMESZ=4 : MES#=#10#
4140 FLAG2Z=0 : NCPG=9 : ERRO$=".001 S" : DT#=95# : DIV=4 : DIA#=#1#
4160 GOSUB 9260
4180 DATA#=#DJ# : DATAFI#=#DJ#+DT#
4200 RECORDZ=285+IMESZ*4
4220 IF FLAG1Z=1 GOTO 4300
4240 FLAG1Z=1
4260 OPEN "R",#1,"B:SOL.DAT"
4280 FIELD #1,14 AS COEF$(0),14 AS COEF$(1),14 AS COEF$(2),14 AS COEF$(3),14 AS
COEF$(4),14 AS COEF$(5),14 AS COEF$(6),14 AS COEF$(7
),14 AS COEF$(8)
4300 FLAG1Z=1
4320 FOR J=1 TO DIV
4340 GET #1,RECORDZ
4360 FOR I=0 TO NCPG-1
4380 CF#(NCPG*(J-1)+I)=CVD(COEF$(I))
4400 NEXT I
4420 RECORDZ=RECORDZ+1
4440 NEXT J
4460 FOR I=0 TO NCPG*DIV-1
4480 CFA#(K+1,I)=CF#(I)
4500 NEXT I
4520 K=K+1
4540 IF OPCA0=6 THEN RETURN
4560 REM
4580 REM DESVIO PARA AS SUB-ROTINAS DE CALCULO E IMPRESSAO.
4600 REM
4620 GOSUB 9780
4640 GOSUB 11240
4660 GOTO 880
4680 REM
4700 REM ACESSO AO ARQUIVO 'LUA.DAT'.
4720 REM
4740 FLAG2Z=1 : K=0
4760 IF SUBIT$="COORDENADAS ECLIPTICAS" THEN SAIDA=8 : GOTO 4940
4780 IF SUBIT$="DISTANCIA A TERRA" THEN OPCA0=2 : GOTO 4900
4800 IF SUBIT$="COORDENADAS URANOGRAFICAS" THEN SAIDA=7 : GOTO 4980
4820 IF SUBIT$="PARALAXE" THEN OPCA0=5 : GOTO 4920
4840 IF SUBIT$="COORDENADAS RETANGULARES GEOCENTRICAS" THEN OPCA0=0 : GOTO 5080
4860 PRINT : PRINT"O CARACTER - " ;SUBIT$ ;" - NAO TEM SENTIDO PARA O ITEM " ;ITE
M$
4880 FLAGZ=1 : GOTO 1060
4900 SAIDA=10 : ERRO$=".000001 RAI0 TERRESTRE" : GOTO 5020
4920 SAIDA=6 : ERRO$=".0001'" : GOTO 5020
4940 SUBIT1$="LONGITUDE" : ERRO1$=".01'" : OPCA0=0 : GOSUB 5020
4960 SUBIT2$="LATITUDE" : ERRO2$=".01'" : OPCA0=1 : GOTO 5040
4980 SUBIT1$="ASCENSAO RETA" : ERRO1$=".002 S" : OPCA0=3 : GOSUB 5020

```



```

5000 SUBIT2$="DECLINACAO" : ERRO2$=".02'" : OPCA0=4
5020 DTH=4# : DIV=1 : NCPG=8 : GOSUB 6940
5040 RECORDZ=FIX((DATAI#-JANO#)/4#+1)+OPCA0*92
5060 GOTO 5320
5080 DIV=4 : DTH=31# : NCPG=9 : MES#=MESI# : DIA#=1# : FLAG2%=0 : SAIDA=12 : ERR
0$=".000001 RAO TERRESTRE"
5100 SUBIT1$=" X"
5120 RECORDZ=552+4*MESI#-3
5140 GOSUB 9260
5160 GOSUB 5300
5180 SUBIT2$=" Y"
5200 RECORDZ=RECORDZ+44
5220 GOSUB 5300
5240 SUBIT3$=" Z"
5260 RECORDZ=RECORDZ+44
5280 OPCA0=6
5300 DATA0# = DJ# : DATAFI# = DJ# + DTH
5320 IF FLAGL1% = 3 GOTO 5380
5340 FLAGL1% = 3
5360 OPEN "R", #2, "B:LUA.DAT"
5380 FIELD #2, 14 AS COEF$(0), 14 AS COEF$(1), 14 AS COEF$(2), 14 AS COEF$(3), 14 AS
COEF$(4), 14 AS COEF$(5), 14 AS COEF$(6), 14 AS COEF$(7
), 14 AS COEF$(8)
5400 FLAG1% = 3
5420 FOR J=1 TO DIV
5440 GET #2, RECORDZ
5460 FOR I=0 TO NCPG-1
5480 CF#(NCPG*(J-1)+I)=CVD(COEF$(I))
5500 NEXT I
5520 RECORDZ=RECORDZ+1
5540 NEXT J
5560 FOR I=0 TO NCPG*DIV-1
5580 CF#(K+1,I)=CF#(I)
5600 NEXT I
5620 K=K+1
5640 IF OPCA0=0 THEN RETURN
5660 IF OPCA0=3 THEN RETURN
5680 GOTO 4620
5700 FLAG2%=1 : K=0
5720 REM
5740 REM ACESSO AO ARQUIVO 'OUTROS.DAT'.
5760 REM
5780 IF SUBIT1$="COORDENADAS URANOGRAFICAS ASTROMETRICAS" THEN SAIDA=7 : GOTO 592
0
5800 IF SUBIT1$="DISTANCIA A TERRA" GOTO 5980
5820 IF SUBIT1$="CONSTANTES DE ABERRACAO" THEN SAIDA=11 : GOTO 6000
5840 IF SUBIT1$="ABERRACAO DO SOL" THEN SAIDA=6 : GOTO 6060
5860 IF SUBIT1$="COORDENADAS DIFERENCIAIS" THEN SAIDA=11 : GOTO 6180
5880 PRINT:PRINT"O CARACTER - " ; SUBIT1$ ; " - NAO TEM SENTIDO PARA O ITEM " ; ITEM$
5900 FLAGZ=1 : GOTO 1060
5920 SUBIT1$="A.R. ASTROM." : ERRO1$="0.01 S" : OPCA0=0
5940 GOSUB 6080
5960 SUBIT2$="DEC. ASTROM." : ERRO2$="0.1'" : OPCA0=1 : GOTO 6080
5980 SAIDA=4 : OPCA0=2 : ERRO3$="0.00001 U.A." : GOTO 6080
6000 SUBIT1$="CONST. C" : ERRO1$="0.001'" : OPCA0=0 : NCPG=6
6020 GOSUB 6100
6040 SUBIT2$="CONST. D" : ERRO2$="0.001'" : OPCA0=1 : GOTO 6100
6060 ERRO3$="0.1'" : OPCA0=1 : NCPG=5 : DIV=1 : DTH=368# : DIA#=0# : MES#=1# : R
ECORDZ=205 : GOTO 6140
6080 NCPG=8
6100 DIV=1 : DTH=33# : DIA#=0# : MES#=MESI#
6120 RECORDZ=(OPCA0+FLAG6%*3)*12+MESI#
6140 GOSUB 9260
6160 DATA0# = DJ# : DATAFI# = DJ# + DTH : GOTO 6500
6180 OPCA0=0 : NCPG=8 : DIV=1 : DIA#=31# : MES#=12# : ARGUMENTO$="T.U." : GOSUB 92
60
6200 DEZ31# = DJ# : SAT11=0 : SAT12=0 : SAT21=0 : SAT22=0 : SAT31=0 : SAT32=0 : SA
T41=0 : SAT42=0
6220 SUBIT1$=" X" : ERRO1$="0.001'"
6240 SUBIT2$=" Y" : ERRO2$="0.001'"
6260 ON FLAG6%-6 GOTO 6280,6320,6360,6400
6280 SAT12=1 : DTH=1# : GOSUB 6440
6300 SAT11=1 : OPCA0=1 : GOTO 6480
6320 SAT11=2 : SAT22=1 : DTH=2# : GOSUB 6440
6340 SAT21=1 : OPCA0=1 : GOTO 6480
6360 SAT11=2 : SAT21=2 : SAT32=1 : DTH=4# : GOSUB 6440
6380 SAT31=1 : OPCA0=1 : GOTO 6480
6400 SAT11=2 : SAT21=2 : SAT31=2 : SAT42=1 : DTH=6# : GOSUB 6440
6420 SAT41=1 : OPCA0=1 : GOTO 6480
6440 GOSUB 6940
6460 DINIC!=DATAI#-JANO# : DTOD0!=DEZ31#-JANO#
6480 RECORDZ=205+(DTOD0!+1)*SAT11+FIX(DINIC!+1)*SAT12+FIX((DTOD0!/2!)+1)*SAT21+FI
X((DINIC!/2!)+1)*SAT22+FIX((DTOD0!/4!)+1)*SAT31+FI
X((DINIC!/4!)+1)*SAT32+FIX((DTOD0!/6!)+1)*SAT41+FIX((DINIC!/6!)+1)*SAT42
6500 IF FLAG01%=1 GOTO 6580
6520 FLAG01%=1
6540 OPEN "R", #4, "B:OUTROS.DAT"
6560 FIELD #4, 14 AS COEF$(0), 14 AS COEF$(1), 14 AS COEF$(2), 14 AS COEF$(3), 14 AS

```



```

COEF$(4),14 AS COEF$(5),14 AS COEF$(6),14 AS COEF$(7
)
6580 FLAG1%=7
6600 FOR J=1 TO DIV
6620 GET #4,RECORDZ
6640 FOR I=0 TO NCPG-1
6660 CFH(NCPG*(J-1)+I)=CVD(COEF$(I))
6680 NEXT I
6700 RECORDZ=RECORDZ+1
6720 NEXT J
6740 FOR I=0 TO NCPG*DIV-1
6760 CFAH(K+1,I)=CFH(I)
6780 NEXT I
6800 K=K+1
6820 IF OPCA0=0 THEN RETURN
6840 GOTO 4620
6860 REM
6880 REM SUB-ROTINA PARA O CALCULO DO INICIO E DO FIM DO INTERVALO TABULAR
6900 REM USANDO O ALGORITMO DA DIVISAO.
6920 REM
6940 DATI#=(FIX(DATI#-.5#)+.5#
6960 DIA#=0# : MES#=1# : GOSUB 9260
6980 JANO#=DJH
7000 AH=(DATI#-JANO#)/DTH
7020 IF AH=0# THEN RESTO#=0# : GOTO 7080
7040 RESTO#=(AH-FIX(AH))*DTH
7060 DATAO#=DATI#-RESTO# : DATAFI#=DATAO#+DTH
7080 RETURN
7100 REM
7120 REM ACESSO AO ARQUIVO 'PLANETAS.DAT'.
7140 REM
7160 FLAG2%=1 : K=0
7180 IF SUBIT1%= "COORDENADAS ECLIPTICAS" THEN SAIDA=8 : GOTO 7540
7200 IF SUBIT1%= "RAIO VETOR" THEN SAIDA=4 : GOTO 7580
7220 IF SUBIT1%= "COORDENADAS URANOGRAFICAS" THEN SAIDA=7 : GOTO 7280
7240 IF SUBIT1%= "DISTANCIA A TERRA" THEN SAIDA=4 : GOTO 7320
7260 PRINT :PRINT "O CARACTER - " ;SUBIT1% ;" - NAO TEM SENTIDO PARA O ITEM ";ITE
ME : FLAG2%=1 : GOTO 1060
7280 SUBIT1%= "ASCENSAO RETA" : ERRO1%="0.01 S" : OPCA0=0 : GOSUB 7340
7300 SUBIT2%= "DECLINACAO" : ERRO2%="0.1'" : OPCA0=1 : GOTO 7500
7320 ERRO3%="0.000001 U.A." : OPCA0=2
7340 CORRECAO=0
7360 ON FLAG7%+1 GOTO 7380,7400,7400,7420,7420,7440,7440
7380 DIV=2 : NCPG=8 : CORRECAO=1 : GOTO 7460
7400 DIV=1 : NCPG=9 : GOTO 7460
7420 DIV=1 : NCPG=8 : GOTO 7460
7440 DIV=1 : NCPG=9
7460 DTH=33# : DIA#=0# : MES#=MESI# : GOSUB 9260
7480 DATAO#=DJH : DATAFI#=DJH+DTH
7500 RECORDZ%=(OPCA0*.5+1.5*(FLAG7%+1)+CORRECAO*(1.5*(OPCA0-1)-OPCA0))*24+MESI#+C
ORRECAO*(MESI#-1)
7520 GOTO 8020
7540 SUBIT1%= "LONGITUDE" : ERRO1%="0.036'" : OPCA0=0 : GOSUB 7600
7560 SUBIT2%= "LATITUDE" : ERRO2%="0.036'" : OPCA0=1 : GOTO 7600
7580 ERRO3%="0.000001 U.A." : OPCA0=2
7600 ON FLAG7%+1 GOTO 7620,7640,7760,7840,7860,7880,7880
7620 DIV=2 : NCPG=8 : DTH=33# : DIA#=0# : MES#=MESI# : GOTO 7980
7640 NCPG=9 : DTH=24#
7660 ON MESI# GOTO 7680,7680,7680,7700,7700,7700,7720,7720,7720,7740,7740,7740
7680 IMES=1 : DIA#=0# : MES#=1# : GOTO 7940
7700 IMES=2 : DIA#=0# : MES#=4# : GOTO 7940
7720 IMES=3 : DIA#=0# : MES#=7# : GOTO 7940
7740 IMES=4 : DIA#=0# : MES#=10# : GOTO 7940
7760 NCPG=8 : DTH=186#
7780 ON MESI# GOTO 7800,7800,7800,7800,7800,7800,7820,7820,7820,7820,7820,7820
7800 IMES=13 : DIA#=0# : MES#=1# : GOTO 7940
7820 IMES=14 : DIA#=0# : MES#=7# : GOTO 7940
7840 NCPG=6 : GOTO 7900
7860 NCPG=5 : GOTO 7900
7880 NCPG=4
7900 RECORDZ%=370+3*FLAG7%+OPCA0 : DTH=368# : DIV=1 : DIA#=0# : MES#=1# : GOSUB 9260
7920 DATAO#=DJH : DATAFI#=DJH+DTH : GOTO 8020
7940 DIV=1 : GOSUB 9260
7960 DATAO#=DJH : DATAFI#=DJH+DTH : RECORDZ%=360+IMES+(4/FLAG7%)*OPCA0 : GOTO 802
0
7980 GOSUB 9260
8000 DATAO#=DJH : DATAFI#=DJH+DTH : RECORDZ%=287+OPCA0*24+2*MESI#
8020 IF FLAGP1%=1 GOTO 8100
8040 FLAGP1%=1
8060 OPEN "R",#3,"B:PLANETAS.DAT"
8080 FIELD #3,14 AS COEF$(0),14 AS COEF$(1),14 AS COEF$(2),14 AS COEF$(3),14 AS
COEF$(4),14 AS COEF$(5),14 AS COEF$(6),14 AS COEF$(7
),14 AS COEF$(8)
8100 FLAG1%=5
8120 FOR J=1 TO DIV
8140 GET #3,RECORDZ
8160 FOR I=0 TO NCPG-1
8180 CFH(NCPG*(J-1)+I)=CVD(COEF$(I))

```



```

8200 NEXT I
8220 RECORDX=RECORDX+1
8240 NEXT J
8260 FOR I=0 TO NCPG*DIV-1
8280 CFA#(K+1,I)=CF#(I)
8300 NEXT I
8320 K=K+1
8340 IF OPCA0=0 THEN RETURN
8360 GOTO 4620
8380 REM
8400 REM SUB-ROTINA 'SOS' PARA O ITEM E SUB-ITEM.
8420 REM
8440 PRINT CHR$(12):PRINT" NO INDICE GERAL SAO DADOS OS ITENS PRINCIPAIS E SEUS
RESPECTIVOS"
8460 PRINT"SUB-ITENS."
8480 PRINT" VOCE DEVE ENTRAR COM O ITEM OU SUB-ITEM, DENTRO DA ORDEM EXIGIDA"
8500 PRINT"PELO PROGRAMA. OBSERVE OS EXEMPLOS SIMULADOS A SEGUIR:" : PRINT : PRI
NT
8520 PRINT"ENTRE COM O ITEM DESEJADO."
8540 PRINT"? SOL " : PRINT
8560 PRINT"ENTRE COM O SUB-ITEM DESEJADO."
8580 PRINT" COORDENADAS URANOGRAFICAS " : PRINT
8600 PRINT" OU " : PRINT
8620 PRINT"ENTRE COM O ITEM DESEJADO."
8640 PRINT"? IO" : PRINT
8660 PRINT"ENTRE COM O SUB-ITEM DESEJADO."
8680 PRINT"? COORDENADAS DIFERENCIAIS" : PRINT : PRINT
8700 PRINT"SIGA RIGOROSAMENTE A SEQUENCIA E SINTAXE OFERECIDAS"
8720 PRINT:INPUT "DESEJA QUE O INDICE SEJA LISTADO (S/N)";RESP$
8740 IF RESP$="N" GOTO 8840
8760 IF RESP$="S" GOTO 8820
8780 PRINT"O CARATER - "; RESP$; " - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO"
8800 GOTO 8720
8820 GOSUB 16680
8840 RETURN
8860 REM
8880 REM SUB-ROTINA 'SOS' PARA O INSTANTE E INCREMENTO.
8900 REM
8920 PRINT CHR$(12):PRINT" O INCREMENTO E' O INTERVALO DE TEMPO ENTRE DUAS EFEM
ERIDES"
8940 PRINT"CONSECUTIVAS."
8960 PRINT" O FORMATO ADOTADO E': HORA.MINUTOSEGUNDO, ISTO E', SE O IN-
8980 PRINT"TERVALO DESEJADO FOR DE POR EXEMPLO, 23 HORAS,56 MINUTOS ,"
9000 PRINT"03.445 SEGUNDOS, ENTAO O FORMATO SERA':"
9020 PRINT" 23.5603445."
9040 IF SALTA=1 GOTO 9080
9060 RETURN
9080 PRINT:PRINT" OS ARGUMENTOS DE TEMPO SAO:" : PRINT
9100 PRINT" T.U. PARA OS SUB-ITENS TEMPO SIDERAL,NUTACAO EM LONGITUDE,NUTACAO E
M"
9120 PRINT"OBLIQUIDADE, TEMPO UNIVERSAL, EQUACAO DOS EQUINOCIOS E RAO VETOR N
O"
9140 PRINT"ITEM SOL E PARA AS COORDENADAS DIFERENCIAIS DOS SATELITES GALILEANO
S."
9160 PRINT" OS DEMAIS SUB-ITENS UTILIZAM O AGUMENTO EM T.E."
9180 RETURN
9200 REM
9220 REM SUB-ROTINA PARA O CALCULO DO DIA JULIANO.
9240 REM
9260 AH=FIX((MES#+9#)/12#)
9280 BH=FIX((7#*(ANO#+AH))/4#)
9300 CH=FIX((275#*MES#)/9#)
9320 DJH=1721014#+DIAH+CH-BH+367#*ANO#-.5#-244000#
9340 RETURN
9360 REM
9380 REM SUB-ROTINA PARA TRANSFORMAR 'HORA.MINUTOSEGUNDO' EM HORA E DECIMAL.
9400 REM
9420 KZ=0
9440 IF GRH0#>=0 GOTO 9500
9460 KZ=1
9480 GRH0#=ABS(GRH0#)
9500 IF GRH0#=0# THEN GH#=# : GOTO 9540
9520 GH#=FIX(GRH0#)
9540 IF (GRH0#-GH#)*100#=# THEN MIN#=# : GOTO 9580
9560 MIN#=FIX((GRH0#-GH#)*100#)
9580 SEG#=ABS(GRH0#-GH#-MIN#/100#)*1000#
9600 GHD#=#+MIN#/60#+SEG#/3600#
9620 IF KZ=0 GOTO 9660
9640 GHD#=#*(-1#)
9660 RETURN
9680 REM
9700 REM SUB-ROTINA PARA O CALCULO DA EFEMERIDE.
9720 REM
9740 REM REDUCAO DO INSTANTE AO INTERVALO DE CONVERGENCIA.
9760 REM
9780 X#=(2#*(DATAI#-DATAO#)/DT#)-1#
9800 IF FLAG2#=0 GOTO 10200
9820 REM

```



```

9840 REM CALCULO PELA RECORRENCIA DA CONNAISSACE DES TEMPS.
9860 REM
9880 TH(0)=1# : TH(1)=XH
9900 FOR L=1 TO K
9920 FOR J=0 TO NCPG*DIV-1
9940 CF#(J)=CFA#(L,J)
9960 NEXT J
9980 EF#(0)=CF#(0)+CF#(1)*TH(1)
10000 FOR I=2 TO NCPG*DIV-1
10020 TH(I)=2#*XH*TH(I-1)-TH(I-2)
10040 EF#(I)=EF#(I-1)+CF#(I)*TH(I)
10060 NEXT I
10080 EFEM#(L)=EF#
10100 NEXT L
10120 RETURN
10140 REM
10160 REM CALCULO PELA RECORRENCIA DO ALMANAC FOR COMPUTERS.
10180 REM
10200 FOR L=1 TO K
10220 FOR J=0 TO NCPG*DIV-1
10240 CF#(J)=CFA#(L,J)
10260 NEXT J
10280 TH(NCPG*DIV+1)=0# : TH(NCPG*DIV)=0#
10300 FOR J=NCPG*DIV-1 TO 0 STEP -1
10320 TH(J)=2#*XH*TH(J+1)-TH(J+2)+CF#(J)
10340 NEXT J
10360 EFEM#(L)=(TH(0)-TH(2))/2#
10380 NEXT L
10400 RETURN
10420 REM
10440 REM SUB-ROTINA PARA O CALCULO DO DIA, MES E ANO.
10460 REM
10480 DAT1#=(DATAI#+.5#)
10500 DAT2#=(FIX(DAT1#))
10520 GHD#=(DAT1#-DAT2#)*24#
10540 IF GHD#<0# THEN DAT2#=(DAT2#-1#) : GOTO 10520
10560 X#=(DAT1#-GHD#/24#+719018#)
10580 ALINH#=(FIX((X#-122.1#)/365.25#))
10600 TEMP1#=(ALINH#*365.25#)
10620 TEMP2#=(FIX(TEMP1#/1000#))
10640 IF TEMP1#-TEMP2#*1000#=0# THEN TEMP3#=0# : GOTO 10680
10660 TEMP3#=(FIX(TEMP1#-TEMP2#*1000#))
10680 TEMP4#=(TEMP2#*1000#+TEMP3#)
10700 RMLIN#=(FIX((X#-TEMP4#)/30.6001#))
10720 D#=(X#-TEMP4#)-FIX(RMLIN#*30.6001#)
10740 IF RMLIN# >= 14# GOTO 10800
10760 M#=(RMLIN#-1#)
10780 GOTO 10820
10800 M#=(RMLIN#-13#)
10820 IF M# > 2# GOTO 10880
10840 A#=(ALINH# + 1#)
10860 GOTO 10900
10880 A#=(ALINH#)
10900 RETURN
10920 REM SUB-ROTINA PARA TRANSFORMAR HORA/GRAU E DECIMAL EM HORA/GRAU,MINUTO
10940 REM E SEGUNDO.
10960 REM
10980 KZ=0
11000 IF GHD#>=0 GOTO 11060
11020 KZ=1
11040 GHD#=(ABS(GHD#))
11060 IF GHD#>=0# THEN GH#=(GHD#) : GOTO 11100
11080 GH#=(FIX(GHD#))
11100 IF GHD#-GH#>=0# THEN MIN#=(GHD#-GH#) : GOTO 11140
11120 MIN#=(FIX((GHD#-GH#)*60))
11140 SEG#=(ABS((GHD#-GH#-MIN#/60#)*3600#))
11160 RETURN
11180 REM
11200 REM SAIDA DE RESULTADOS.
11220 REM
11240 IF FLAG3%=1 GOTO 12200
11260 IF FLAGPRN=1 GOTO 11420
11280 PRINT "INPUT'DESEJA QUE OS RESULTADOS SEJAM IMPRESSOS(S/N)";RESP% : PRINT
: PRINT
11300 IF RESP%="S" THEN FLAG4%=1 : GOTO 14040
11320 IF RESP%="N" THEN FLAG4%=0 : GOTO 11420
11340 PRINT "O CARACTER - ";RESP%; " - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO" : GOTO 11280
11360 REM
11380 REM IMPRESSAO DO CABECALHO NO TERMINAL DE VIDEO.
11400 REM
11420 PRINT CHR$(12) : PRINT " " ITEMS : PRINT :
CONTADOR=13
11440 IF SAIDA=10 GOTO 11480
11460 IF SAIDA=6 GOTO 11540
11480 PRINT SUBIT% COM ERRO MAXIMO DE "ERRO%
11500 PRINT " "
11520 PRINT " DATA " "ARGUMENTO%" "SUBIT%
11540 ON SAIDA GOTO 11560,11600,11600,11640,11560,11600,11720,11840,11960,11680,

```



```

11840,12060
11560 PRINT" DIA MES ANO H M S H M S" : PRINT
11580 GOTO 12180
11600 PRINT" DIA MES ANO H M S O ' "' : PRINT
11620 GOTO 12180
11640 PRINT" DIA MES ANO H M S U.A." : PRINT
11660 GOTO 12180
11680 PRINT" DIA MES ANO H M S RAI0 TERRESTRE" : PRINT
11700 GOTO 12180
11720 PRINT SUBIT1$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO1$
11740 PRINT SUBIT2$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO2$
11760 PRINT : CONTADOR=CONTADOR-1
11780 PRINT" DATA "ARGUMENTO$" ";SUBIT1$;" ";SUBIT2$
11800 PRINT" DIA MES ANO H M S H M S O ' "' : PRIN
T
11820 GOTO 12720
11840 PRINT SUBIT1$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO1$
11860 PRINT SUBIT2$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO2$
11880 PRINT : CONTADOR=CONTADOR-1
11900 PRINT" DATA "ARGUMENTO$" ";SUBIT1$;" ";SUB
IT2$
11920 PRINT" DIA MES ANO H M S O ' "' O ' "' : PRI
NT
11940 GOTO 12220
11960 PRINT SUBIT$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO$
11980 PRINT" "
12000 PRINT" DATA "ARGUMENTO$" ";SUBIT1$;" ";S
UBIT2$;" ";SUBIT3$
12020 PRINT" DIA MES ANO H M S U.A. U.A.
U.A." : PRINT
12040 GOTO 13120
12060 PRINT SUBIT$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO$:PRINT
12080 PRINT" DATA "ARGUMENTO$" ";SUBIT1$;" ";S
UBIT2$;" ";SUBIT3$
12100 PRINT" DIA MES ANO H M S R.T. R.T.
R.T." : PRINT : GOTO 13120
12120 REM
12140 REM IMPRESSAO DE RESULTADOS NO TERMINAL DE VIDEO.
12160 REM
12180 GOSUB 16520
12200 IF FLAG4%=1 GOTO 14820
12220 ON SAIDA GOTO 12240,12380,12420,12620,12380,12400,12720,12720,13120,12620,
12680,13120
12240 IF EFEM#(1)<0# GOTO 12320
12260 IF EFEM#(1)<24# GOTO 12420
12280 EFEM#(1)=EFEM#(1)-24#
12300 GOTO 12260
12320 EFEM#(1)=EFEM#(1)+24#
12340 IF EFEM#(1)>0# GOTO 12420
12360 GOTO 12320
12380 EFEM#(1)=EFEM#(1)/3600# : GOTO 12420
12400 EFEM#(1)=EFEM#(1)/60#
12420 GHD#=EFEM#(1)
12440 GOSUB 10980
12460 GOSUB 13820
12480 IF KZ=1 THEN S$="--" : GOTO 12520
12500 S$=""
12520 PRINT USING" !";S$;
12540 PRINT USING"### ";GH#;
12560 PRINT USING"### ";MIN#;
12580 PRINT USING"###.####";SEG#
12600 GOTO 13220
12620 GOSUB 13820
12640 PRINT USING" ###.#####";EFEM#(1)
12660 GOTO 13220
12680 EFEM#(1)=EFEM#(1)/3600000#
12700 EFEM#(2)=EFEM#(2)/3600000#
12720 GOSUB 16520
12740 GHD#=EFEM#(1)
12760 GOSUB 10980
12780 GH1Z=GH# : MIN1Z=MIN# : SEG1#=SEG# : K1Z=KZ
12800 GHD#=EFEM#(2)
12820 GOSUB 10980
12840 GOSUB 13820
12860 IF K1Z=1 THEN S$="--" : GOTO 12900
12880 S$=""
12900 PRINT USING" !";S$;
12920 PRINT USING"### ";GH1Z;
12940 PRINT USING"### ";MIN1Z;
12960 PRINT USING"###.####";SEG1#;
12980 IF KZ=1 THEN S$="--" : GOTO 13020
13000 S$=""
13020 PRINT USING" !";S$;
13040 PRINT USING"### ";GH#;
13060 PRINT USING"### ";MIN#;
13080 PRINT USING"###.####";SEG#
13100 GOTO 13220
13120 GOSUB 16520

```



```

13140 GOSUB 13820
13160 PRINT USING"   ###.#####",EFEM#(1);
13180 PRINT USING"   ###.#####",EFEM#(2);
13200 PRINT USING"   ###.#####",EFEM#(3);
13220 IF INCRE#=#0# THEN RETURN
13240 REM
13260 REM  TESTE DE INCREMENTO E DATAS.
13280 REM
13300 DATA#=#DATAI#+#INCRE#/24#
13320 FLAG3%=1
13340 REM
13360 REM  TESTE DE CONTADOR PARA NOVA PAGINA.
13380 REM
13400 IF CONTADOR>0 THEN CONTADOR=#CONTADOR-1 : GOTO 13460
13420 PRINT:INPUT"PRESSIONE A TECLA 'CR' PARA UMA NOVA PAGINA",BRANCO$
13440 FLAG3%=0 : FLAGPRN=1
13460 IF DATAI#=#DATAFI#>.00000000003# THEN RETURN
13480 GOSUB 16520
13500 IF DATAI#=#DATAFI#>.00000000003# GOTO 13560
13520 GOSUB 9780
13540 GOTO 11240
13560 GOSUB 10480
13580 DIAI#=#D#+#GHD#/24# : MESI#=#M#
13600 REM
13620 REM  DESVIO PARA O ACESSO DE NOVOS COEFICIENTES.
13640 REM
13660 IF FLAG1%=1 GOTO 2580
13680 IF FLAG1%=3 GOTO 4740
13700 IF FLAG1%=5 GOTO 7160
13720 IF FLAG1%=7 GOTO 5700
13740 RETURN
13760 REM
13780 REM  SUB-ROTINA PARA IMPRIMIR AS DATAS NO TERMINAL DE VIDEO.
13800 REM
13820 PRINT USING" ##";DZ;
13840 PRINT"/";
13860 PRINT USING" ##";MZ;
13880 PRINT"/";AZ;
13900 PRINT USING" ##";HORAZ;
13920 PRINT USING" ##";MINUT0%;
13940 PRINT USING" ##.## " ;SEGUNDO#;
13960 RETURN
13980 REM
14000 REM  IMPRESSAO DE CABECALHO NA IMPRESSORA.
14020 REM
14040 LPRINT"          " ITEM$ : LPRINT
14060 IF SAIDA=#10 GOTO 14100
14080 IF SAIDA>#6 GOTO 14160
14100 LPRINT SUBIT1$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO$
14120 LPRINT" "
14140 LPRINT"      DATA      "ARGUMENTO$      "SUBIT$
14160 ON SAIDA GOTO 14180,14220,14220,14260,14180,14220,14340,14460,14580,14300,
14460,14680
14180 LPRINT" DIA MES ANO H M S          H M S" : LPRINT
14200 GOTO 14800
14220 LPRINT" DIA MES ANO H M S          0 ' ' " : LPRINT
14240 GOTO 14800
14260 LPRINT" DIA MES ANO H M S          U.A." : LPRINT
14280 GOTO 14800
14300 LPRINT" DIA MES ANO H M S          RAI0 TERRESTRE" : LPRINT
14320 GOTO 14800
14340 LPRINT SUBIT1$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO1$
14360 LPRINT SUBIT2$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO2$
14380 LPRINT" "
14400 LPRINT"      DATA      "ARGUMENTO$      ";SUBIT1$;"      ";SUBIT2$
14420 LPRINT" DIA MES ANO H M S          H M S          0 ' ' " : LPR
INT
14440 GOTO 15320
14460 LPRINT SUBIT1$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO1$
14480 LPRINT SUBIT2$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO2$
14500 LPRINT" "
14520 LPRINT"      DATA      "ARGUMENTO$      ";SUBIT1$;"      ";SU
BIT2$
14540 LPRINT" DIA MES ANO H M S          0 ' '          0 ' ' " : LP
RINT
14560 GOTO 14820
14580 LPRINT SUBIT1$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO$ : LPRINT
14600 LPRINT" "
14620 LPRINT"      DATA      "ARGUMENTO$      ";SUBIT1$;"      ";
SUBIT2$;"      ";SUBIT3$
14640 LPRINT" DIA MES ANO H M S          U.A.          U.A.
U.A." : LPRINT
14660 GOTO 15720
14680 LPRINT SUBIT1$ COM ERRO MAXIMO DE "ERRO$ : LPRINT
14700 LPRINT"      DATA      "ARGUMENTO$      ";SUBIT1$;"      ";
SUBIT2$;"      ";SUBIT3$
14720 LPRINT" DIA MES ANO H M S          R.T.          R.T.
R.T." : LPRINT : GOTO 15720

```



```

14740 REM
14760 REM IMPRESSAO DE RESULTADOS NA IMPRESSORA.
14780 REM
14800 GOSUB 16520
14820 ON SAIDA GOTO 14840,14980,15020,15220,14980,15000,15320,15320,15720,15220,
15280,15720
14840 IF EFEM#(1)<0# GOTO 14920
14860 IF EFEM#(1)<24# GOTO 15020
14880 EFEM#(1)=EFEM#(1)-24#
14900 GOTO 14860
14920 EFEM#(1)=EFEM#(1)+24#
14940 IF EFEM#(1)>0# GOTO 15020
14960 GOTO 14920
14980 EFEM#(1)=EFEM#(1)/3600# : GOTO 15020
15000 EFEM#(1)=EFEM#(1)/60#
15020 GHD# = EFEM#(1)
15040 GOSUB 10980
15060 GOSUB 16300
15080 IF KZ=1 THEN S$="--" : GOTO 15120
15100 S$="--"
15120 LPRINT USING " !";S$;
15140 LPRINT USING "## ";GH#;
15160 LPRINT USING "## ";MIN#;
15180 LPRINT USING "##.###";SEG#
15200 GOTO 15880
15220 GOSUB 16300
15240 LPRINT USING "###.#####";EFEM#(1)
15260 GOTO 15880
15280 EFEM#(1)=EFEM#(1)/3600000#
15300 EFEM#(2)=EFEM#(2)/3600000#
15320 GOSUB 16500
15340 GHD# = EFEM#(1)
15360 GOSUB 10980
15380 GH1Z = GH# : MIN1Z = MIN# : SEG1# = SEG# : K1Z = KZ
15400 GHD# = EFEM#(2)
15420 GOSUB 10980
15440 GOSUB 16300
15460 IF K1Z=1 THEN S$="--" : GOTO 15500
15480 S$="--"
15500 LPRINT USING " !";S$;
15520 LPRINT USING "### ";GH1Z;
15540 LPRINT USING "## ";MIN1Z;
15560 LPRINT USING "##.###";SEG1#;
15580 IF KZ=1 THEN S$="--" : GOTO 15620
15600 S$="--"
15620 LPRINT USING " !";S$;
15640 LPRINT USING "## ";GH#;
15660 LPRINT USING "## ";MIN#;
15680 LPRINT USING "##.###";SEG#
15700 GOTO 15880
15720 GOSUB 16520
15740 GOSUB 16300
15760 LPRINT USING "###.#####";EFEM#(1);
15780 LPRINT USING "###.#####";EFEM#(2);
15800 LPRINT USING "###.#####";EFEM#(3)
15820 REM
15840 REM TESTE DE INCREMENTO E DATAS.
15860 REM
15880 IF INCRE#=0# THEN RETURN
15900 DATAI# = DATAI# + INCRE#/24#
15920 FLAG3# = 1
15940 IF DATAI# - DATAF# > .00000000003# THEN RETURN
15960 GOSUB 16520
15980 IF DATAI# - DATAF# > .00000000003# GOTO 16040
16000 GOSUB 9780
16020 GOTO 11240
16040 GOSUB 10480
16060 DIAI# = DI# + GHD#/24# : MESI# = MH
16080 REM
16100 REM DESVIO PARA O ACESSO DE NOVOS COEFICIENTES.
16120 REM
16140 IF FLAG1# = 1 GOTO 2580
16160 IF FLAG1# = 3 GOTO 4740
16180 IF FLAG1# = 5 GOTO 7160
16200 IF FLAG1# = 7 GOTO 5700
16220 RETURN
16240 REM
16260 REM SUB-ROTINA PARA IMPRESSAO DE DATAS NA IMPRESSORA.
16280 REM
16300 LPRINT USING " ##";DZ;
16320 LPRINT "/";
16340 LPRINT USING " ##";MZ;
16360 LPRINT "/";A#;
16380 LPRINT USING " ##";HORAZ;
16400 LPRINT USING " ##";MINUTO#;
16420 LPRINT USING " ##.## ";SEGUNDO#;
16440 RETURN
16460 REM

```



```

16480 REM SUB-ROTINA PARA REDEFINIR VARIÁVEIS PARA A IMPRESSÃO DE DATAS.
16500 REM
16520 GOSUB 10480
16540 DZ=DH : MZ=M# : AZ=A#
16560 GOSUB 10980
16580 HORAZ=GH# : MINUTOZ=MIN# : SEGUNDOZ=SEG#
16600 RETURN
16620 REM
16640 REM SUB-ROTINA DO 'ÍNDICE GERAL'.
16660 REM
16680 PRINT CHR$(12)
16700 PRINT "ÍNDICE GERAL":PRINT
16720 PRINT " PARA MAIORES INFORMAÇÕES ACERCA DOS SUB-ÍTEMS, CONSULTE AS REFERÊNCIAS"
16740 PRINT " BIBLIOGRÁFICAS (1) E (2) INDICADAS NO FRONTISPICÍO DO PROGRAMA":PRINT
16760 PRINT " SOL"
16780 PRINT " .TEMPO SIDERAL (1)"
16800 PRINT " .NUTACÃO EM LONGITUDE (1)"
16820 PRINT " .NUTACÃO EM OBLIQUIDADE (1)"
16840 PRINT " .COORDENADAS ECLIPTICAS (1)"
16860 PRINT " .RAIO VETOR (1)"
16880 PRINT " .COORDENADAS URANOGRÁFICAS (1)"
16900 PRINT " .TEMPO UNIVERSAL (1)"
16920 PRINT " .COORDENADAS RETANGULARES GEOCÊNTRICAS (1)"
16940 PRINT " .DISTÂNCIA A TERRA (2)"
16960 PRINT " .SEMI-DIÂMETRO (2)"
16980 PRINT " .EQUAÇÃO DOS EQUINÓCIOS (2)"
17000 PRINT " .EFEMÉRIDE DE TRANSITO (2)"
17020 PRINT:PRINT
17040 PRINT:INPUT "NOVA PÁGINA (S/N)": RESP$
17060 IF RESP$="N" GOTO 17880
17080 IF RESP$="S" GOTO 17160
17100 PRINT " "
17120 PRINT " O CARÁTER - "; RESP$; " - NÃO TEM SENTIDO NESTE CONTEXTO"
17140 GOTO 17040
17160 PRINT CHR$(12):PRINT:PRINT:PRINT
17180 PRINT " LUA"
17200 PRINT " .COORDENADAS ECLIPTICAS (1)"
17220 PRINT " .DISTÂNCIA A TERRA (1)"
17240 PRINT " .COORDENADAS URANOGRÁFICAS (1)"
17260 PRINT " .PARALÁXE (1)"
17280 PRINT " .COORDENADAS RETANGULARES GEOCÊNTRICAS (2)"
17300 PRINT " "
17320 PRINT " "
17340 PRINT " MERCÚRIO, VÊNUS, MARS, JÚPITER, SATURNO, URANO, NETÚNO"
17360 PRINT " "
17380 PRINT " .COORDENADAS ECLIPTICAS (1)"
17400 PRINT " .RAIO VETOR (1)"
17420 PRINT " .COORDENADAS URANOGRÁFICAS (1)"
17440 PRINT " .DISTÂNCIA A TERRA (1)"
17460 PRINT:PRINT
17480 INPUT "NOVA PÁGINA (S/N)": RESP$
17500 IF RESP$="N" GOTO 17880
17520 IF RESP$="S" GOTO 17600
17540 PRINT " "
17560 PRINT " O CARÁTER - "; RESP$; " - NÃO TEM SENTIDO NESTE CONTEXTO"
17580 GOTO 17460
17600 PRINT CHR$(12):PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
17620 PRINT " PLUTÃO, CERES, PALAS, JÚNO, VESTA"
17640 PRINT " .COORDENADAS URANOGRÁFICAS ASTROMÉTRICAS (1)"
17660 PRINT " .DISTÂNCIA A TERRA (1)"
17680 PRINT " "
17700 PRINT " "
17720 PRINT " ÍO, EUROPA, GÂNIMEDES, CALIXTO"
17740 PRINT " .COORDENADAS DIFERENCIAIS (1)"
17760 PRINT " "
17780 PRINT " "
17800 PRINT " ABERRAÇÃO"
17820 PRINT " .CONSTANTES DE ABERRAÇÃO (1)"
17840 PRINT " .ABERRAÇÃO DO SOL (1)"
17860 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
17880 RETURN

```

A P Ê N D I C E E

LISTAGEM DOS PROGRAMAS DE APOIO

Recs Bytes Ext Acc
 30 4k 1 R/O A:GERASOL.BAS
 Bytes Remaining On A: 104k

A)

```

20 OPEN "R" #1 "B:SOL.DAT"
40 DIM COEF$(9) CFH(9)
60 FIELD #1, 14 AS COEF$(0), 14 AS COEF$(1), 14 AS COEF$(2), 14 AS COEF$(3), 14 AS CO
EF$(4), 14 AS COEF$(5), 14 AS COEF$(6), 14 AS COEF$(7),
14 AS COEF$(8)
80 PRINT CHR$(12)
100 INPUT "DESEJA INSERIR COEFICIENTES OU CORRIGI-LOS(I/C)";RESP$
120 IF RESP$="I" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 180
140 IF RESP$="C" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 1600
160 PRINT:PRINT" O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRIN
T:GOTO 100
180 PRINT "ENTRE COM O NUMERO DO ULTIMO REGISTRO ATUAL DO ARQUIVO SOL"
200 INPUT I
220 NC=9
240 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE ";NC;" COEFICIENTES DE TEMPO SIDERAL VOCE VAI INTRO
DUZIR?"
260 INPUT NG
280 GOSUB 1280
300 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE NUTACAO EM LONGITUDE VOCE VAI
INTRODUZIR?"
320 INPUT NG
340 GOSUB 1280
360 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE NUTACAO EM OBLIQUIDADE VOCE VA
I INTRODUZIR?"
380 INPUT NG
400 GOSUB 1280
420 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA VOCE VAI INTRODU
ZIR?"
440 INPUT NG
460 GOSUB 1280
480 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO VOCE VAI INTRODUZIR
?"
500 INPUT NG
520 GOSUB 1280
540 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE TEMPO UNIVERSAL VOCE VAI INTRO
DUZIR?"
560 INPUT NG
580 GOSUB 1280
600 NC=6
620 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE VOCE VAI INTRODUZIR?"
640 INPUT NG
660 GOSUB 1280
680 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE VOCE VAI INTRODUZIR?"
700 INPUT NG
720 GOSUB 1280
740 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR VOCE VAI INTRODUZIR
?"
760 INPUT NG
780 GOSUB 1280
800 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA X VOCE VAI INTRODUI
R?"
820 INPUT NG
840 GOSUB 1280
860 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA Y VOCE VAI INTRODUI
R?"
880 INPUT NG
900 GOSUB 1280
920 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA Z VOCE VAI INTRODUI
R?"
940 INPUT NG
960 GOSUB 1280
980 NC=8
1000 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA VOCE VAI IN
TRODUZIR?"
1020 INPUT NG
1040 GOSUB 1280
1060 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE SEMI-DIAMETRO VOCE VAI INTROD
UZIR?"
1080 INPUT NG
1100 GOSUB 1280
1120 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE EFEMERIDES DE TRANSITO VOCE V
AI INTRODUZIR?"
1140 INPUT NG
1160 GOSUB 1280
1180 NC=9
1200 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE EQUACAO DOS EQUINOCIOS VOCE V
AI INTRODUZIR?"

```



```

1220 INPUT NG
1240 GOSUB 1280
1260 END
1280 FOR J=1 TO NG
1300 PRINT "ENTRE COM OS",NC,"COEFICIENTES SEPARADOS POR VIRGULAS"
1320 ON NC-5 GOTO 1340,1580,1380,1420
1340 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3),CF#(4),CF#(5)
1360 GOTO 1440
1380 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3),CF#(4),CF#(5),CF#(6),CF#(7)
1400 GOTO 1440
1420 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3),CF#(4),CF#(5),CF#(6),CF#(7),CF#(8)
1440 FOR K=0 TO NC-1
1460 LSET COEF%(K)=MKD$(CF#(K))
1480 NEXT K
1500 I=I+1
1520 PUT #1,I
1540 PRINT"O ULTIMO REGISTRO INSERIDO FOI",I
1560 NEXT J
1580 RETURN
1600 PRINT:INPUT "DESEJA QUE OS COEFICIENTES SEJAM APRESENTADOS SEQUENCIALMENTE(
S/N)",RESP$
1620 IF RESP$="S" THEN OPCAO=0 :GOTO 1900
1640 IF RESP$="N" THEN OPCAO=1 :GOTO 1680
1660 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO" :PRINT:
PRINT:GOTO 1600
1680 PRINT:PRINT "ENTRE COM O NUMERO DO REGISTRO O QUAL DESEJA CONFERIR": INPUT
REG
1700 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES POSSUI ESTE REGISTRO";NC
1720 GOTO 2000
1740 PRINT:INPUT "MAIS ALGUM REGISTRO A SER CONFERIDO (S/N)",RESP$
1760 IF RESP$="S" GOTO 1680
1780 IF RESP$="N" GOTO 1820
1800 PRINT:PRINT" O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRI
NT:GOTO 1740
1820 PRINT:INPUT "DESEJA CONTINUAR (S/N)",RESP$
1840 IF RESP$="S" GOTO 1600
1860 IF RESP$="N" THEN END
1880 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO": PRINT:PR
INT:GOTO 1820
1900 FOR REG=1 TO 304
1920 IF REG <= 108 THEN NC=9 : GOTO 2000
1940 IF REG <= 252 THEN NC=6 : GOTO 2000
1960 IF REG <= 288 THEN NC=8 : GOTO 2000
1980 NC=9
2000 GET #1,REG
2020 PRINT CHR$(12)
2040 PRINT:PRINT "REGISTRO NO. " REG : PRINT
2060 FOR J=0 TO NC-1
2080 CF#(J)=CVD(COEF%(J))
2100 PRINT"#J"... "CF#(J)
2120 NEXT J
2140 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES DESEJA CORRIGIR ",NUM
2160 FOR K=1 TO NUM
2180 PRINT:PRINT"ENTRE COM O NUMERO DE ORDEM DO COEFICIENTE A SER CORRIGIDO E SE
U VALOR CORRETO":INPUT J,CF#(J)
2200 NEXT K
2220 FOR J=0 TO NC-1
2240 LSET COEF%(J)=MKD$(CF#(J))
2260 NEXT J
2280 PUT #1,REG
2300 IF OPCAO=1 GOTO 1740
2320 NEXT REG
2340 END

```


Recs Bytes Ext Acc
 24 3k 1 R/O A:GERALUA.BAS
 Bytes Remaining On A: 104k

A)

```

20 OPEN "R", #2, "B:LUA.DAT"
40 DIM COEF$(9), CF$(9)
60 FIELD #2, 14 AS COEF$(0), 14 AS COEF$(1), 14 AS COEF$(2), 14 AS COEF$(3), 14 AS COEF$(4), 14 AS COEF$(5), 14 AS COEF$(6), 14 AS COEF$(7), 14 AS COEF$(8)
80 PRINT CHR$(12)
100 INPUT "DESEJA INSERIR COEFICIENTES OU CORRIGI-LOS(I/C)";RESP$
120 IF RESP$="I" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 190
140 IF RESP$="C" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 1100
160 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRINT:GOTO 100
180 PRINT"ENTRE COM O NUMERO DO ULTIMO REGISTRO ATUAL DO ARQUIVO LUA"
200 INPUT I
220 NC=8
240 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 8 COEFICIENTES DE LONGITUDE VOCE VAI INTRODUIZIR?"
260 INPUT NG
280 GOSUB 820
300 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 8 COEFICIENTES DE LATITUDE VOCE VAI INTRODUIZIR?"
320 INPUT NG
340 GOSUB 820
360 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 8 COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA VOCE VAI INTRODUIZIR?"
380 INPUT NG
400 GOSUB 820
420 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 8 COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA VOCE VAI INTRODUIZIR?"
440 INPUT NG
460 GOSUB 820
480 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 8 COEFICIENTES DE DECLINACAO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
500 INPUT NG
520 GOSUB 820
540 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 8 COEFICIENTES DE PARALAXE VOCE VAI INTRODUIZIR?"
560 INPUT NG
580 GOSUB 820
600 NC=?
620 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 9 COEFICIENTES DA COORDENADA RETANGULAR GEOCENTRICA X VOCE VAI INTRODUIZIR?"
640 INPUT NG
660 GOSUB 820
680 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 9 COEFICIENTES DA COORDENADA RETANGULAR GEOCENTRICA Y VOCE VAI INTRODUIZIR?"
700 INPUT NG
720 GOSUB 820
740 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE 9 COEFICIENTES DA COORDENADA RETANGULAR GEOCENTRICA Z VOCE VAI INTRODUIZIR?"
760 INPUT NG
780 GOSUB 820
800 END
820 FOR J=1 TO NG
840 PRINT "ENTRE COM OS ";NC;" COEFICIENTES SEPARADOS POR VIRGULAS"
860 ON NC-7 GOTO 880,920
880 INPUT CF$(0),CF$(1),CF$(2),CF$(3),CF$(4),CF$(5),CF$(6),CF$(7)
900 GOTO 940
920 INPUT CF$(0),CF$(1),CF$(2),CF$(3),CF$(4),CF$(5),CF$(6),CF$(7),CF$(8)
940 FOR K=0 TO NC-1
960 LSET COEF$(K)=MKD$(CF$(K))
980 NEXT K
1000 I=I+1
1020 PUT #2, I
1040 PRINT"O ULTIMO REGISTRO INSERIDO FOI ";I
1060 NEXT J
1080 RETURN
1100 PRINT:INPUT "DESEJA QUE OS COEFICIENTES SEJAM APRESENTADOS SEQUENCIALMENTE(S/N)";RESP$
1120 IF RESP$="S" THEN OPCAO=0 :GOTO 1400
1140 IF RESP$="N" THEN OPCAO=1 :GOTO 1180
1160 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO" :PRINT:PRINT:GOTO 1100
1180 PRINT:PRINT "ENTRE COM O NUMERO DO REGISTRO O QUAL DESEJA CONFERIR": INPUT REG
1200 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES POSSUI ESTE REGISTRO";NC
1220 GOTO 1460
1240 PRINT:INPUT "MAIS ALGUM REGISTRO A SER CONFERIDO (S/N)";RESP$
1260 IF RESP$="S" GOTO 1180
1280 IF RESP$="N" GOTO 1320
1300 PRINT:PRINT"O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRINT:GOTO 1240
1320 PRINT:INPUT "DESEJA CONTINUAR (S/N)";RESP$

```



```
1340 IF RESP%="S" GOTO 1100
1360 IF RESP%="N" THEN END
1380 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP%;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO": PRINT:PR
INT:GOTO 1320
1400 FOR REG=1 TO 696
1420 IF REG <= 552 THEN NC=8 : GOTO 1460
1440 NC=9
1460 GET #2,REG
1480 PRINT CHR$(12)
1500 PRINT:PRINT "REGISTRO NO. " REG : PRINT
1520 FOR J=0 TO NC-1
1540 CF#(J)=CVD(COEF$(J))
1560 PRINT"#J"... "CF#(J)
1580 NEXT J
1600 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES DESEJA CORRIGIR ";NUM
1620 FOR K=1 TO NUM
1640 PRINT:PRINT"ENTRE COM O NUMERO DE ORDEM DO COEFICIENTE A SER CORRIGIDO E SE
U VALOR CORRETO":INPUT J,CF#(J)
1660 NEXT K
1680 FOR J=0 TO NC-1
1700 LSET COEF$(J)=MKD$(CF#(J))
1720 NEXT J
1740 PUT #2,REG
1760 IF OPCAO=1 GOTO 1240
1780 NEXT REG
1800 END
```


Recs Bytes Ext Acc
 58 8k 1 R/O A:GERAPLAN.BAS
 Bytes Remaining On A: 104k

A)

```

20 OPEN "R" #3, "B:PLANETAS.DAT"
40 DIM COEF$(9), CF#(9)
60 FIELD #3, 14 AS COEF$(0), 14 AS COEF$(1), 14 AS COEF$(2), 14 AS COEF$(3), 14 AS COEF$(4), 14 AS COEF$(5), 14 AS COEF$(6), 14 AS COEF$(7), 14 AS COEF$(8)
80 PRINT CHR$(12)
100 INPUT "DESEJA INSERIR COEFICIENTES OU CORRIGI-LOS(I/C)";RESP$
120 IF RESP$="I" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 180
140 IF RESP$="C" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 3360
160 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRINT:GOTO 100
180 PRINT "ENTRE COM O NUMERO DO ULTIMO REGISTRO ATUAL DO ARQUIVO PLANETAS"
200 INPUT I
220 NC=8
240 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA PARA MERCURIO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
260 INPUT NG
280 GOSUB 2960
300 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO PARA MERCURIO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
320 INPUT NG
340 GOSUB 2960
360 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA PARA MERCURIO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
380 INPUT NG
400 GOSUB 2960
420 NC=9
440 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA APARENTE PARA VENUS VOCE VAI INTRODUIZIR?"
460 INPUT NG
480 GOSUB 2960
500 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO APARENTE PARA VENUS VOCE VAI INTRODUIZIR?"
520 INPUT NG
540 GOSUB 2960
560 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA PARA VENUS VOCE VAI INTRODUIZIR?"
580 INPUT NG
600 GOSUB 2960
620 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA APARENTE PARA MARTE VOCE VAI INTRODUIZIR?"
640 INPUT NG
660 GOSUB 2960
680 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO APARENTE PARA MARTE VOCE VAI INTRODUIZIR?"
700 INPUT NG
720 GOSUB 2960
740 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA PARA MARTE VOCE VAI INTRODUIZIR?"
760 INPUT NG
780 GOSUB 2960
800 NC=8
820 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA APARENTE PARA JUPITER VOCE VAI INTRODUIZIR?"
840 INPUT NG
860 GOSUB 2960
880 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO APARENTE PARA JUPITER VOCE VAI INTRODUIZIR?"
900 INPUT NG
920 GOSUB 2960
940 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA PARA JUPITER VOCE VAI INTRODUIZIR?"
960 INPUT NG
980 GOSUB 2960
1000 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA APARENTE PARA SATURNO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1020 INPUT NG
1040 GOSUB 2960
1060 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO APARENTE PARA SATURNO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1080 INPUT NG
1100 GOSUB 2960
1120 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA PARA SATURNO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1140 INPUT NG
1160 GOSUB 2960
1180 NC=9
1200 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA APARENTE PARA U

```



```

RANO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1220 INPUT NG
1240 GOSUB 2960
1260 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO APARENTE PARA URAN
O VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1280 INPUT NG
1300 GOSUB 2960
1320 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA PARA URANO
VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1340 INPUT NG
1360 GOSUB 2960
1380 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA APARENTE PARA N
ETUNO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1400 INPUT NG
1420 GOSUB 2960
1440 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO APARENTE PARA NETU
NO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1460 INPUT NG
1480 GOSUB 2960
1500 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA PARA NETUNO
VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1520 INPUT NG
1540 GOSUB 2960
1560 NC=8
1580 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE PARA MERCURIO VOCE
VAI INTRODUIZIR?"
1600 INPUT NG
1620 GOSUB 2960
1640 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE PARA MERCURIO VOCE V
AI INTRODUIZIR?"
1660 INPUT NG
1680 GOSUB 2960
1700 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR PARA MERCURIO VOCE
VAI INTRODUIZIR?"
1720 INPUT NG
1740 GOSUB 2960
1760 NC=9
1780 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE PARA VENUS VOCE VAI
INTRODUZIR?"
1800 INPUT NG
1820 GOSUB 2960
1840 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE PARA VENUS VOCE VAI
INTRODUZIR?"
1860 INPUT NG
1880 GOSUB 2960
1900 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR PARA VENUS VOCE VA
I INTRODUIZIR?"
1920 INPUT NG
1940 GOSUB 2960
1960 NC=8
1980 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE PARA MARTE VOCE VAI
INTRODUZIR?"
2000 INPUT NG
2020 GOSUB 2960
2040 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE PARA MARTE VOCE VAI
INTRODUZIR?"
2060 INPUT NG
2080 GOSUB 2960
2100 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR PARA MARTE VOCE VA
I INTRODUIZIR?"
2120 INPUT NG
2140 GOSUB 2960
2160 NC=6
2180 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE PARA JUPITER VOCE V
AI INTRODUIZIR?"
2200 INPUT NG
2220 GOSUB 2960
2240 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE PARA JUPITER VOCE VA
I INTRODUIZIR?"
2260 INPUT NG
2280 GOSUB 2960
2300 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR PARA JUPITER VOCE
VAI INTRODUIZIR?"
2320 INPUT NG
2340 GOSUB 2960
2360 NC=5
2380 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE PARA SATURNO VOCE V
AI INTRODUIZIR?"
2400 INPUT NG
2420 GOSUB 2960
2440 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE PARA SATURNO VOCE VA
I INTRODUIZIR?"
2460 INPUT NG
2480 GOSUB 2960
2500 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR PARA SATURNO VOCE
VAI INTRODUIZIR?"
2520 INPUT NG
2540 GOSUB 2960

```



```

2560 NC=4
2580 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE PARA URANO VOCE VAI
INTRODUZIR?"
2600 INPUT NG
2620 GOSUB 2960
2640 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE PARA URANO VOCE VAI
INTRODUZIR?"
2660 INPUT NG
2680 GOSUB 2960
2700 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR PARA URANO VOCE VA
I INTRODUZIR?"
2720 INPUT NG
2740 GOSUB 2960
2760 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LONGITUDE PARA NETUNO VOCE VA
I INTRODUZIR?"
2780 INPUT NG
2800 GOSUB 2960
2820 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE LATITUDE PARA NETUNO VOCE VAI
INTRODUZIR?"
2840 INPUT NG
2860 GOSUB 2960
2880 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE RAO VETOR PARA NETUNO VOCE V
AI INTRODUZIR?"
2900 INPUT NG
2920 GOSUB 2960
2940 END
2960 FOR J=1 TO NG
2980 PRINT "ENTRE COM OS";NC;"COEFICIENTES SEPARADOS POR VIRGULAS"
3000 ON NC-3 GOTO 3020,3060,3100,3340,3140,3180
3020 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3)
3040 GOTO 3200
3060 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3),CF#(4)
3080 GOTO 3200
3100 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3),CF#(4),CF#(5)
3120 GOTO 3200
3140 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3),CF#(4),CF#(5),CF#(6),CF#(7)
3160 GOTO 3200
3180 INPUT CF#(0),CF#(1),CF#(2),CF#(3),CF#(4),CF#(5),CF#(6),CF#(7),CF#(8)
3200 FOR K=0 TO NC-1
3220 LSET COEF$(K)=MKD$(CF#(K))
3240 NEXT K
3260 I=I+1
3280 PUT #3,I
3300 PRINT"O ULTIMO REGISTRO INSERIDO FOI O "I
3320 NEXT J
3340 RETURN
3360 PRINT:INPUT "DESEJA QUE OS COEFICIENTES SEJAM APRESENTADOS SEQUENCIALMENTE(
S/N)";RESP$
3380 IF RESP$="S" THEN OPCA0=0 :GOTO 3460
3400 IF RESP$="N" THEN OPCA0=1 :GOTO 3440
3420 PRINT:PRINT " O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO" :PRINT:
PRINT:GOTO 3360
3440 PRINT:PRINT "ENTRE COM O NUMERO DO REGISTRO O QUAL DESEJA CONFERIR": INPUT
REG
3460 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES POSSUI ESTE REGISTRO";NC
3480 GOTO 3880
3500 PRINT:INPUT "MAIS ALGUM REGISTRO A SER CONFERIDO (S/N)";RESP$
3520 IF RESP$="S" GOTO 3440
3540 IF RESP$="N" GOTO 3580
3560 PRINT:PRINT " O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRI
NT:GOTO 3500
3580 PRINT:INPUT "DESEJA CONTINUAR (S/N)";RESP$
3600 IF RESP$="S" GOTO 3360
3620 IF RESP$="N" THEN END
3640 PRINT:PRINT " O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO": PRINT:PR
INT:GOTO 3580
3660 FOR REG=1 TO 390
3680 IF REG <= 72 THEN NC=8 : GOTO 3880
3700 IF REG <= 144 THEN NC=9 : GOTO 3880
3720 IF REG <= 216 THEN NC=8 : GOTO 3880
3740 IF REG <= 288 THEN NC=9 : GOTO 3880
3760 IF REG <= 360 THEN NC=8 : GOTO 3880
3780 IF REG <= 372 THEN NC=9 : GOTO 3880
3800 IF REG <= 378 THEN NC=8 : GOTO 3880
3820 IF REG <= 381 THEN NC=6 : GOTO 3880
3840 IF REG <= 384 THEN NC=5 : GOTO 3880
3860 NC=4
3880 GET #3,REG
3900 PRINT CHR$(12)
3920 PRINT:PRINT "REGISTRO NO. " REG : PRINT
3940 FOR J=0 TO NC-1
3960 CF#(J)=CVD(COEF$(J))
3980 PRINT"#J"... "CF#(J)
4000 NEXT J
4020 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES DESEJA CORRIGIR ";NUM
4040 FOR K=1 TO NUM
4060 PRINT:PRINT"ENTRE COM O NUMERO DE ORDEM DO COEFICIENTE A SER CORRIGIDO E SE
U VALOR CORRETO":INPUT J,CF#(J)

```



```
4080 NEXT K
4100 FOR J=0 TO NC-1
4120 LSET COEF$(J)=MKD$(CF#(J))
4140 NEXT J
4160 PUT #3,REG
4180 IF OPCAO=1 GOTO 3500
4200 NEXT REG
4220 END
```


Recs Bytes Ext Acc
 41 6k 1 R/O A:GERAOUTR.BAS
 Bytes Remaining On A: 104k

A)

```

20 OPEN "R", #4, "B:OUTROS.DAT"
40 DIM COEF$(8), CF$(8)
60 FIELD #4, 14 AS COEF$(0), 14 AS COEF$(1), 14 AS COEF$(2), 14 AS COEF$(3), 14 AS COEF$(4), 14 AS COEF$(5), 14 AS COEF$(6), 14 AS COEF$(7)
80 PRINT CHR$(12)
100 INPUT "DESEJA INSERIR COEFICIENTES OU CORRIGI-LOS(I/C)";RESP$
120 IF RESP$="I" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 180
140 IF RESP$="C" THEN PRINT CHR$(12) : GOTO 2200
160 PRINT:PRINT" O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRINT:GOTO 100
180 PRINT:PRINT"ENTRE COM O NUMERO DO ULTIMO REGISTRO ATUAL DO ARQUIVO OUTROS"
200 INPUT I
220 NC=8
240 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA ASTROMETRICA DE PLUTAO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
260 INPUT NG
280 GOSUB 1880
300 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO ASTROMETRICA DE PLUTAO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
320 INPUT NG
340 GOSUB 1880
360 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA DE PLUTAO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
380 INPUT NG
400 GOSUB 1880
420 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA ASTROMETRICA DE CERES VOCE VAI INTRODUIZIR?"
440 INPUT NG
460 GOSUB 1880
480 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO ASTROMETRICA DE CERES VOCE VAI INTRODUIZIR?"
500 INPUT NG
520 GOSUB 1880
540 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA DE CERES VOCE VAI INTRODUIZIR?"
560 INPUT NG
580 GOSUB 1880
600 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA ASTROMETRICA DE PALAS VOCE VAI INTRODUIZIR?"
620 INPUT NG
640 GOSUB 1880
660 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO ASTROMETRICA DE PALAS VOCE VAI INTRODUIZIR?"
680 INPUT NG
700 GOSUB 1880
720 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA DE PALAS VOCE VAI INTRODUIZIR?"
740 INPUT NG
760 GOSUB 1880
780 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA ASTROMETRICA DE JUNO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
800 INPUT NG
820 GOSUB 1880
840 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO ASTROMETRICA DE JUNO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
860 INPUT NG
880 GOSUB 1880
900 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA DE JUNO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
920 INPUT NG
940 GOSUB 1880
960 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ASCENSAO RETA ASTROMETRICA DE VESTA VOCE VAI INTRODUIZIR?"
980 INPUT NG
1000 GOSUB 1880
1020 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DECLINACAO ASTROMETRICA DE VESTA VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1040 INPUT NG
1060 GOSUB 1880
1080 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE DISTANCIA A TERRA DE VESTA VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1100 INPUT NG
1120 GOSUB 1880
1140 NC=7
1160 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA CONSTANTE C DA ABERRACAO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1180 INPUT NG
1200 GOSUB 1880

```



```

1220 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA CONSTANTE D DA ABERRACAO VOCE
VAI INTRODUIZIR?"
1240 INPUT NG
1260 GOSUB 1880
1280 NC=5
1300 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DE ABERRACAO DO SOL VOCE VAI INT
RODUZIR?"
1320 INPUT NG
1340 GOSUB 1880
1360 NC=8
1380 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL X DE I
O VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1400 INPUT NG
1420 GOSUB 1880
1440 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL Y DE I
O VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1460 INPUT NG
1480 GOSUB 1880
1500 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL X DE E
UROPA VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1520 INPUT NG
1540 GOSUB 1880
1560 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL Y DE E
UROPA VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1580 INPUT NG
1600 GOSUB 1880
1620 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL X DE G
ANIMEDES VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1640 INPUT NG
1660 GOSUB 1880
1680 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL Y DE G
ANIMEDES VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1700 INPUT NG
1720 GOSUB 1880
1740 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL X DE C
ALIXTO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1760 INPUT NG
1780 GOSUB 1880
1800 PRINT "QUANTOS GRUPOS DE";NC;"COEFICIENTES DA COORDENADA DIFERENCIAL Y DE C
ALIXTO VOCE VAI INTRODUIZIR?"
1820 INPUT NG
1840 GOSUB 1880
1860 END
1880 FOR J=1 TO NG
1900 PRINT "ENTRE COM OS";NC;"COEFICIENTES SEPARADOS POR VIRGULAR"
1920 ON NC-4 GOTO 1940,2180,1980,2020
1940 INPUT CF$(0),CF$(1),CF$(2),CF$(3),CF$(4)
1960 GOTO 2040
1980 INPUT CF$(0),CF$(1),CF$(2),CF$(3),CF$(4),CF$(5),CF$(6)
2000 GOTO 2040
2020 INPUT CF$(0),CF$(1),CF$(2),CF$(3),CF$(4),CF$(5),CF$(6),CF$(7)
2040 FOR K=0 TO NC-1
2060 LSET COEF$(K)=MKD$(CF$(K))
2080 NEXT K
2100 I=I+1
2120 PUT #4,I
2140 PRINT I
2160 NEXT J
2180 RETURN
2200 PRINT:INPUT "DESEJA QUE OS COEFICIENTES SEJAM APRESENTADOS SEQUENCIALMENTE(
S/N)";RESP$
2220 IF RESP$="S" THEN OPCA0=0 :GOTO 2500
2240 IF RESP$="N" THEN OPCA0=1 :GOTO 2280
2260 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:
PRINT:GOTO 2200
2280 PRINT:PRINT "ENTRE COM O NUMERO DO REGISTRO O QUAL DESEJA CONFERIR": INPUT
REG
2300 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES POSSUI ESTE REGISTRO";NC
2320 GOTO 2600
2340 PRINT:INPUT "MAIS ALGUM REGISTRO A SER CONFERIDO (S/N)";RESP$
2360 IF RESP$="S" GOTO 2280
2380 IF RESP$="N" GOTO 2420
2400 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO":PRINT:PRI
NT:GOTO 2340
2420 PRINT:INPUT "DESEJA CONTINUAR (S/N)";RESP$
2440 IF RESP$="S" GOTO 2200
2460 IF RESP$="N" THEN END
2480 PRINT:PRINT "O CARATER - ";RESP$;" - NAO TEM SENTIDO NO CONTEXTO": PRINT:PR
INT:GOTO 2420
2500 FOR REG=1 TO 1611
2520 IF REG <= 180 THEN NC=8 : GOTO 2600
2540 IF REG <= 204 THEN NC=7 : GOTO 2600
2560 IF REG <= 205 THEN NC=5 : GOTO 2600
2580 NC=8
2600 GET #4,REG
2620 PRINT CHR$(12)
2640 PRINT:PRINT "REGISTRO NO. " REG : PRINT
2660 FOR J=0 TO NC-1

```



```
2680 CF#(J)=CVD(COEF$(J))
2700 PRINT"#J"... "CF#(J)
2720 NEXT J
2740 PRINT:INPUT "QUANTOS COEFICIENTES DESEJA CORRIGIR ";NUM
2760 FOR K=1 TO NUM
2780 PRINT:PRINT"ENTRE COM O NUMERO DE ORDEM DO COEFICIENTE A SER CORRIGIDO E SE
U VALOR CORRETO":INPUT J,CF#(J)
2800 NEXT K
2820 FOR J=0 TO NC-1
2840 LSET COEF$(J)=MKD$(CF#(J))
2860 NEXT J
2880 PUT #4,REG
2900 IF OPCÃO=1 GOTO 2340
2920 NEXT REG
2940 END
```

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Almanac for Computers*. 1983, United States Naval Observa-
tory, Washington.
- [2] *The Astronomical Almanac*. 1983, U.S. Government Printing
Office, Washington.
- [3] Bykova, L.E. and Tamarov, V.A. . 1978, *Sov. Ast.Lett*, 4 ,
203-204.
- [4] Chapront, J. . 1977, *Astron. Astroph*, 64, 7-11.
- [5] *Connaissance des Temps*. 1983, Bureau des Longitudes, Paris.
- [6] Courant, R. and Hilbert, D., 1983, *Methods of Mathematical
Physics*, 1, John Wiley & Sons, New York.
- [7] Danjon, A., 1959, *Astronomie Générale*, J. & R.Sennac, Pa-
ris.
- [8] Deprit, A., Poplarchek, W. and Deprit-Bartolomé, A. 1975,
Celes Mech, 11, 53-58.
- [9] *Efemérides Astronômicas*. 1983, Observatório Nacional, Rio
de Janeiro.
- [10] Hogan, T. . 1983, *CP/M: Guia do Usuário*, Mc Graw-Hill, São
Paulo.
- [11] Khotimskaya, E.Z. . 1980, *Sov Ast Lett*, 6, 66-67.
- [12] Khotimskaya, E.Z. . 1983, (comunicação pessoal).
- [13] Lanczos, C. . 1952, *Tables of Chebyshev Polinomials*, U.S.
National Bureau of Standards, Applied Math. Serie 9.

- [14] Rivlin, T.J. . 1974, *The Chebyshev Polynomials*, John Wiley & Sons, New York.
- [15] Rudin, W. . 1953, *Principles of Mathematical Analysis* , Mc Graw-Hill, Tokyo.