
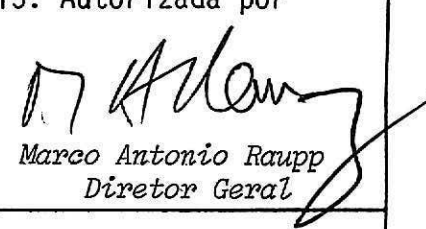


1. Publicação nº <i>INPE-4002-NTI/264</i>	2. Versão	3. Data <i>Out., 1986</i>	5. Distribuição <input checked="" type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DMC</i>	Programa <i>A76481</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>TEMPO DE CRUZAMENTO COM O EQUADOR INTEGRAÇÃO NUMÉRICA DE ÓRBITA</i>			
7. C.D.U.: <i>521.3:627.7.076.6</i>			
8. Título <i>PROGRAMA PARA O CÁLCULO DO TEMPO DE CRUZAMENTO COM O EQUADOR ATRAVÉS DE INTEGRAÇÃO NUMÉRICA DE ÓRBITA</i>		<i>INPE-4002-NTI/264</i>	10. Páginas: <i>33</i>
			11. Última página: <i>B.5</i>
9. Autoria <i>Hélio Koiti Kuga</i>			12. Revisada por <i>Valder matoz de medeiros</i> <i>Valder M. de Medeiros</i>
Assinatura responsável 			13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Raupp</i> <i>Diretor Geral</i>
14. Resumo/Notas <i>Esta nota técnica descreve o funcionamento de um programa FORTRAN para cálculo do tempo de cruzamento de uma dada órbita com o equador terrestre. Exemplo de utilização, respectivos resultados e listagem do programa são incluídos como guias para referência.</i>			
15. Observações			

ABSTRACT

This technical note describes the functioning of a FORTRAN program for the calculation of the Earth equator crossing time of a given orbit. Utilization sample, corresponding results, and program listings are included as a reference-guide.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>ESQUEMA DO PROGRAMA</u>	1
2.1 - Integração contínua de órbita	2
2.2 - Integração local	3
3 - <u>DADOS DE ENTRADA</u>	3
4 - <u>SAÍDAS DO PROGRAMA</u>	6
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
APÊNDICE A - LISTAGEM DO PROGRAMA	
APÊNDICE B - BOLETIM APT/PREDICT	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Exemplo de arquivo de dados de entrada	4
2 - Linhas 2-9 e 11 no boletim APT/PREDICT	6
3 - Relatório dos dados lidos	7
4 - Resultados do programa	8

1 - INTRODUÇÃO

Este relatório descreve um programa escrito em linguagem FORTRAN padrão para o computador Burroughs 6800. O programa integra numericamente a órbita e, por meio de uma iteração local, acha o tempo de cruzamento da órbita com o equador terrestre, com precisão de milissegundos na convergência. A escolha do método numérico para a integração de órbita deve-se mais a requisitos de precisão do que ao consumo do tempo de processamento.

Os Tempos de Cruzamento com o Equador, TCE, são importantes principalmente para missões do tipo sensoriamento remoto, onde condições de iluminação da superfície abaixo da órbita devido a vínculos da câmera e dos sensores a bordo do satélite e, também, restrições devidas às condições meteorológicas devem ser respeitadas. Análises fotográficas por satélite também podem ser efetuadas com melhor precisão no "pixel" da imagem quanto melhor for a determinação do Cruzamento com o Equador, CE.

Na Seção 2 descrevem-se detalhes do programa, tais como o simulador de órbita utilizado, a modelagem adotada e o ajuste do TCE. A Seção 3 mostra como deve ser montado o arquivo de dados de entrada. A Seção 4 mostra a saída-resultado do programa. Finalmente, o Apêndice A contém a listagem do programa principal e as sub-rotinas específicas. As outras sub-rotinas agregadas via o comando de controle de compilação \$BIND estão explicadas nas referências citadas ao longo do texto. O Apêndice B contém uma explicação parcial do boletim APT-PREDICT.

2 - ESQUEMA DO PROGRAMA

O programa TCEQ consiste fundamentalmente em dois estágios:

- integração contínua de órbita
- integração local de órbita para achar o TCE.

A partir dos dados de entrada, o programa estima o período de cruzamento com o equador (período nodal). Utilizando um sofisticado integrador numérico de órbita (Kuga e Silva, 1984), propaga-se a órbita em intervalos de $1/2$ em $1/2$ período nodal para descobrir os respectivos cruzamentos ascendentes e descendentes de maneira aproximada. Com essa aproximação lança-se mão de uma iteração local para refinar o TCE, ajustado para uma tolerância de milissegundos na convergência. Seguem-se as características dos dois estágios.

2.1 - INTEGRAÇÃO CONTÍNUA DE ÓRBITA

Para executar a integração contínua de órbita, foi utilizado o integrador numérico implementado no Departamento de Mecânica Espacial e Controle (DMC) do INPE, de acordo com o trabalho de Kuga e Silva (1984). Na órbita, foram consideradas as seguintes forças agentes:

- força gravitacional terrestre,
- força de atrito atmosférico.

A força gravitacional terrestre leva em conta os coeficientes dos harmônicos zonais até o sexto termo (J_2, J_3, J_4, J_5, J_6) e os coeficientes dos harmônicos tesserais/setoriais até a ordem e grau 4. Deve ser ressaltado que uma tentativa de supressão dos coeficientes tesserais/setoriais não resultou em boa precisão no TCE. Os termos do geopotencial foram calculados recursivamente usando os polinômios de Legendre completamente normalizados (Kuga et alii, 1983; Kuga e Silva, 1984).

Para o cálculo da força de atrito atmosférico, adotou-se o modelo atmosférico de Jacchia-Roberts, 1971 (Jacchia, 1971; Roberts, 1971) na versão computacional reformulada (Kuga, 1985), com o objetivo de calcular as propriedades locais da atmosfera ao longo da trajetória orbital. Esta versão tem mostrado maior rapidez de processamento, com perda de precisão desprezível para os propósitos em vista.

2.2 - INTEGRAÇÃO LOCAL

Uma vez obtida uma estimativa grosseira da órbita no cruzamento com o equador, efetua-se uma iteração local sucessiva utilizando um integrador numérico local de órbita com modelagem simplificada. A estratégia consiste em achar o passo corretivo para zerar a componente inercial z da órbita, o que significa que a órbita está cruzando o Equador da Terra. O passo de correção é calculado por:

$$dt = z/Vz ,$$

onde Vz é o componente de velocidade inercial no eixo z. Integra-se por dt segundos a órbita e calcula-se novo dt. O processo termina quando $dt < 1.E-05$ segundos. Neste ponto, corrigem-se os tempos de cruzamento e calcula-se a longitude leste do cruzamento. Este processo assegura precisão de milissegundos na convergência. O integrador local de órbita é modelado pelo coeficiente zonal J2, e a órbita é integrada com um Runge-Kutta de passo fixo de sétima ordem, com coeficientes de Fehlberg (Fehlberg, 1968). A teoria e a utilização deste Runge-Kutta estão descritos em Kondapalli (1984) e Kondapalli e Kuga (1986).

3 - DADOS DE ENTRADA

Como o programa foi escrito para ser utilizado por usuários do boletim APT/PREDICT, o arquivo de dados foi estruturado de maneira a facilitar a digitação desses dados (para detalhes sobre o boletim veja Apêndice B). Em princípio o programa busca um arquivo de dados pelo nome "DADOS/APT". No entanto, é possível mudar o nome do arquivo em tempo de execução, por meio do comando:

```
FILE FILE5(KIND=DISK, FILETYPE=7, TITLE= "outro nome")
```

O arquivo deve ser digitado conforme a Tabela 1.

TABELA 1

ARQUIVO DE DADOS DE ENTRADA

LINHA	VARIÁVEL	ESPECIFICAÇÃO	FORMATO
1	NCSA	NOME DO SATELITE	2A6
2	NOR	NUM. DA ORBITA REFER.	/
3	TIN	EPOCA DA ORBITA REFER.	AA MMDDHHMMSSSS
4	EL	ELEMENTOS ORBITAIS	SXXXXXXXXX
5			SYYYYYYYYY
6		S = SINAL + OU -	SZZZZZZZZZ
7		X, Y, Z POSICAO	SVXXXXXXXXX
8		VX, VY, VZ VELOCIDADE	SVYYYYYYYY
9		SVZZZZZZZZ	
10	NO1, NC2	NUMERO DA ORBITA INICIAL E FINAL	/, /
11	CB, FS, FSM, AP	DADOS PARA ARRASTO ATMOSFERICO	I9, IX, I3, I3, I3

A Figura 1 apresenta um exemplo de arquivo de entrada:

WORKFILE: DADOS/APT (C7/C1/86)

```
10C    NDAA-9
20C    2972
30C    850711024420573
40C    -059799637
50C    +040567446
60C    -000001059
70C    +00661233
80C    +00548049
90C    +07343205
100C   2974,2976
110C   001326834 C98080017
```

Fig. 1 - Exemplo de arquivo de dados de entrada.

Algumas observações importantes devem ser destacadas:

1) Condição de funcionamento do programa:

$$N02 > N01 > NOR ,$$

onde: NOR é o número da órbita de referência onde foram coletados os elementos orbitais pelo boletim APT/PREDICT;

N01 é o número da órbita inicial para a qual se inicia o cálculo dos TCE ascendentes e descendentes;

N02 é o número da órbita final para a qual se deseja os TCE ascendentes e descendentes.

Em resumo, esta condição significa que o programa somente integra a órbita no sentido para a frente (tempo crescente). O integrador tem apresentado maior sensibilidade para erros numéricos quando integrado para trás ("backward").

2) Os elementos orbitais (linhas 4-9), a época (linha 3) e os dados de arrasto atmosférico (linha 11) devem ser digitados no arquivo de dados da mesma forma como são apresentados pelo boletim APT/PREDICT, sem casas decimais.

3) O símbolo / na Tabela 1 representa o formato livre.

4) Como resultado do programa os TCEs serão impressos a partir da órbita ascendente $N01+1$ até a órbita N02, incluindo a passagem descendente. Isto é devido ao fato de o cálculo dos TCEs iniciar-se na órbita N01 e do primeiro cruzamento ascendente encontrado situar-se na órbita $N01+1$. Quando se deseja a impressão dos TCEs, inclusive na órbita N01, a solução é fazer:

$$N01 \leftarrow N01 - 1$$

no arquivo de dados, desde que se respeite a condição $N01 > NOR$ (ver observação 1).

- 5) Os dados das linhas 2-9 e 11 estão localizados no boletim, conforme mostra a Figura 2.

```
PART IV
XXXX XXXX NNNNN XXXXXXXXXXXXXXX AAMDDHHMSSSSS XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
VVVVVVVVVV VVVVVVVVVV VVVVVVVVVV FFFFFFFF GGGHHHIII XXXX
```

ONDE :

NNNNN	- NUMERO DA ORBITA
AAMDDHHMSSSSS	- DATA
EEEEEEEEEE	- ELEMENTOS ORBITAIS DE POSICAO
VVVVVVVVVV	- ELEMENTOS ORBITAIS DE VELOCIDADE
FFFFFFF	- CB = COEFICIENTE BALISTICO
GGG	- FS = FLUXO SOLAR DIARIO
HHH	- FSM = FLUXO SOLAR MEDIO
III	- AP = ATIVIDADE GEOMAGNETICA
XXXXXXXXXX	- NAC UTILIZADOS

Fig. 2 - Linhas 2-9 e 11 no boletim APT/PREDICT.

- 6) Quando se deseja utilizar o programa para uma órbita cujos dados não estejam na forma do boletim APT/PREDICT, deve-se identificar cada uma das variáveis de entrada juntamente com suas dimensões. O Apêndice B mostra a explicação dos dados constantes no boletim, extraída de Negreiros de Paiva et alii (1981).

4 - SAÍDAS DO PROGRAMA

O programa emite uma saída com duas partes. A primeira parte refere-se a um relatório dos dados lidos no arquivo de entrada e pode ser usado para verificar a correta leitura dos dados. A Figura 3 mostra um exemplo deste relatório.

INITIAL DATE OF CALCULATION :
YEAR = 1985.
MONTH = 7.
DAY = 11.
HOUR = 2.
MIN. = 44.
SEC. = 20.57300
JULIAN DATE = 2446257.50000
SID. TIME OF GREENWICH = 330.0481154 DEGREES

SATELLITE NAME : NOAA-9

REFERENCE ORBIT NUMBER : 2972

ORBITAL ELEMENTS :

X = -5979963.700 M
Y = 4056744.600 M
Z = -105.900 M
VX = 661.233000 M/S
VY = 948.049000 M/S
VZ = 7343.205000 M/S

ANOMALISTIC PERIOD = 102.158741 MIN.

INITIAL ORBIT NUMBER : 2974

FINAL ORBIT NUMBER : 2976

GEOPOTENTIAL DATA :

ZONAL SERIES UP TO 6
TESSERAL SERIES UP TO 4

PERTURBATION EFFECTS TO BE CONSIDERED :
ATMOSPHERIC DRAG

BALLISTIC COEFFICIENT = 0.01326834 M**2/KG

ATMOSPHERIC DENSITY COMPUTATION
DATA (CONSTANTS FOR THIS RUN) :

SOLAR FLUX = 98
MEAN SOLAR FLUX = 80
PLANETARY GEOMAGNETIC ACTIVITY INDEX = 17.00

Fig. 3 - Relatório dos dados lidos.

A segunda parte é o resultado do programa, na qual consta o número da órbita, o tipo de passagem, a data, o tempo do cruzamento em milissegundos, e a longitude leste em graus. A Figura 4 mostra um exemplo destes resultados.

```
RESULTADO
*****
```

NUMERO	SENTIDO	DATA	MILISEG.	LONGIT.
2975	ASCENDENTE	11/ 7/85	28235785	99.238
2975	DESCENDENTE	11/ 7/85	31290515	266.511
2976	ASCENDENTE	11/ 7/85	34360954	73.717
2976	DESCENDENTE	11/ 7/85	37415732	240.990

Fig. 4 - Resultados do programa.

Estas saídas do programa são, por "default", emitidas no terminal. No entanto, a exemplo dos dados de entrada, pode-se mudar esta especificação em tempo de execução por meio de:

```
FILE FILE6(KIND=PRINTER).
```

As saídas nas Figuras 3 e 4 são o resultado do programa para o arquivo de entrada (ver Figura 1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FEHLBERG, E. *Classical fifth-, sixth-, seventh-, and eighth order Runge-Kutta formulas with step-size control*. Washington, DC, NASA, Oct. 1968 (NASA TR R-287).
- JACCHIA, L.G. *Revised static models of the thermosphere and exosphere with empirical temperature profiles*. Cambridge, MA, May 1971 (SAO Special Report nº 332).
- KONDAPALLI, R.R. *A review on numerical methods for initial value problems*. São José dos Campos, INPE, Feb. 1984 (INPE-3011-RPI/088).
- KONDAPALLI, R.R.; KUGA, H.K. *Manual de uso de um conjunto de integrais numéricas para problemas de condições iniciais*. São José dos Campos, INPE, Mar. 1986 (INPE-3830-RPI/154).
- KUGA, H.K.; MEDEIROS, V.M.; CARRARA, V. *Cálculo recursivo da aceleração do geopotencial*. São José dos Campos, INPE, Maio 1983 (INPE-2735-RPE/433).
- KUGA, H.K.; SILVA, W.C.C. *Gerador numérico de órbitas de satélites artificiais terrestres*. São José dos Campos, INPE, Abr. 1984 (INPE-3050-RPE/455).
- KUGA, H.K. *Reformulação computacional do modelo de Jacchia-Roberts para a densidade atmosférica*. São José dos Campos, INPE, Out. 1985 (INPE-3691-RPE/493).
- NEGREIROS DE PAIVA, R.; FERREIRA, L.D.D.; PILCHOWSKI, H.U.; MEDEIROS, V.M. *Previsão orbital/gradeamento*. Capítulo 2 do curso de satélites meteorológicos, aplicações e foto-interpretação, Parte a. São José dos Campos, INPE, Out. 1981 (INPE-2235-MD/15).
- ROBERTS Jr., C.E. An analytical model for upper atmospheric densities based upon Jacchia's 1970 models. *Celestial Mechanics*, 4:368-377, 1971.

APÊNDICE A

LISTAGEM DO PROGRAMA

C MENTO SERAO IMPRESSOS DESDE A ORBITA NO1+1 ATE
C A ORBITA NO2;PORTANTO,NO CASO DE SE DESEJAR A
C IMPRESSAO DESDE NO1,DEVE-SE SUBTRAIR O NO1 DE
C UMA UNIDADE NO ARQUIVO DE DADOS DE ENTRADA.
C 5- OS DADOS DAS LINHAS 2-9 E 11 ESTAO LOCALIZADOS
C NO BOLETIM COMO SE SEGUE :

C PART IV
C XXXX XXXX NNNNN XXXXXXXXXXXXX AAMDDHHMSSSSS XXXXXXX
C XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX
C XXXXXXXX XXXXXXXX EEEEEEEEEEE EEEEEEEEEEE EEEEEEEEEEE
C VVVVVVVVV VVVVVVVVV VVVVVVVVV FFFFFFFF GGGHHIII XXXX

C ONDE :

C NNNNN - NUMERO DA ORBITA
C AAMDDHHMSSSSS - DATA
C EEEEEEEEEEE - ELEMENTOS ORBITAIS DE POSICAO
C VVVVVVVVV - ELEMENTOS ORBITAIS DE VELOCIDADE
C FFFFFFFF - CB = COEFICIENTE BALISTICO
C GGG - FS = FLUXO SOLAR DIARIO
C HHH - FSM = FLUXO SOLAR MEDIO
C III - AP = ATIVIDADE GEOMAGNETICA
C XXXXXXXX - NAO UTILIZADOS

C REF.: KUGA,H.K.-PROGRAMA PARA CALCULO DO TEMPO DE CRUZAMENTO
C *** COM O EQUADOR ATRAVES DE INTEGRACAO NUMERICA DE
C ORBITA.SAO JOSE DOS CAMPOS,INPE,1986.EM PUBLICACAO.

C DATA DE CRIACAO - JUNHO 1986

C AUTOR : HELIO (DMC/DDO)

C COMMON /ELNORB/ XI(6),EL(6)
C COMMON /DATSIM/ DJM,TS,TSG
C COMMON /DADINT/ DT
C COMMON /CONST/ PI,PIV2,PID2,RAD,DEG
C COMMON /CRUZEQ/ NDR,NO1,NO2,NOSA(2)
C DIMENSION A(2)
C DATA A /" A","DE"/

C CALL LEAPT
C CALL DELKEP(EL,DANA,DAPE,DAME)

C PNO = PIV2/(DAPE+DAME)
C DAN = AMOD(EL(5)+EL(6),PIV2)
C DTO =-DAN/(DAPE+DAME)

C TN = DTO + PNO
C T = 0.
C TOUT = DT

C IF(NDR.EQ.NO1) GO TO 40

C DO 60 I=NDR+1,NO1

C 50 CONTINUE
C CALL ORBSIM(T,TOUT,XI)
C TOUT = TOUT + DT


```
IF(TOUT.LT.TN) GO TO 50
C
TN = TN + PNO
C
60 CONTINUE
40 CONTINUE
C
CALL CRUZA(TSG,TA,XI,RLO)
TN = TN + TA
WRITE(6,420)
C
DO 30 I=N01+1,N02
C
DO 20 J=1,2
C
10 CONTINUE
CALL DRBSIM(T,TOUT,XI)
TOUT = TOUT + DT
IF(TOUT.LT.TN) GO TO 10
C
CALL CRUZA(TSG,TA,XI,RLO)
CALL TIME(DJM,TS,TA,DIA,MES,ANO,TMS)
WRITE(6,400) I,A(J),DIA,MES,ANO,TMS,RLO*DEG
C
TN = TN + 0.5*PNO + TA
C
20 CONTINUE
C
WRITE(6,410)
30 CONTINUE
C
400 FORMAT(I10,2X,A2,"SCENDENTE ",2(I2,"/"),I2,I10,F10.3)
410 FORMAT(/)
420 FORMAT(1H1,20X," RESULTADO",/,
1      21X," *****",//,
2      5X," NUMERO",
3      4X," SENTIDO",
4      6X," DATA",
5      4X," MILISEG.",
6      3X," LONGIT.",//)
C
END
```

SUBROUTINE LEAPT

C
C
C
C
C
C
C
C
C

A SUB-ROTIINA LE DADOS NECESSARIOS PARA INTEGRACAO DE ORBITA, INICIALIZA O PROGRAMA E EMITE UM PEQUENO RELATORIO COM OS DADOS LIDOS E DADOS ADICIONAIS QUE SAO CALCULADOS.

INPE-DMC/DIV. DINAMICA ORBITAL- HELIO 10/83
MODIFICADO EM JUNHO 1986 POR HELIO

COMMON/ELMORB/X(6),EL(6)
COMMON/DATSIM/DJM,TS,TSG,TI,PCSOL,TCSOL,TCDEN
COMMON/DATINI/DJMI,TSI,TSGI
COMMON/DATFIN/DJMF,TSF,TSGF
COMMON/PARINT/RR(6),AR(6),IFLAG,DTI
COMMON/DACINT/DT,TTI,EPS
COMMON/IFLAGP/IDRAG,IPRAD,ISLUA,IMARE
COMMON/DADCEO/NZ,NT
COMMON/DADDRG/ASM,CD
COMMON/DADFLX/IFLUXO,IFLXCT,IFLX,FS(7),FSM(7),AP(7),
* ANO(7),AMES(7),DIA(7)
COMMON/DADPRD/ASMPR,CR
COMMON/ZONAS/CO(30)
COMMON/CTESSE/C(465)
COMMON/STESSE/S(465)
COMMON/TERRA/AE,FLAT,GM
COMMON/CONST/PI,PIV2,PID2,RAD,DEG
COMMON /CRUZEQ/ NOR,NO1,NO2,NOSA(2),TIN(6)

C
C
C
C

CALL CONSTA

LEITURA DAS DATAS INICIAIS

READ(5,520) NOSA
READ(5,/) NOR
READ(5,510) TIN
ANOI = TIN(1) + 1900.
AMESI = TIN(2)
DIAI = TIN(3)
HORAI = TIN(4)
AMINI = TIN(5)
SEGI = TIN(6)/1000.
DJI = DJ(DIAI,AMESI,ANOI)
DJMI = DJI - 2400000.5
DJM = DJMI
TSI = HORAI*3600.+AMINI*60.+SEGI
TS = TSI
TSGI = TETAG(DJI,TSI)
TSG = TSGI

C
C
C

LEITURA DOS ELEMENTOS ORBITAIS

READ(5,/) X(1)
READ(5,/) X(2)
READ(5,/) X(3)
READ(5,/) X(4)
READ(5,/) X(5)

```

C      READ(5,/) X(6)
C
C      X(1) = X(1)/10.
C      X(2) = X(2)/10.
C      X(3) = X(3)/10.
C      X(4) = X(4)/1000.
C      X(5) = X(5)/1000.
C      X(6) = X(6)/1000.
C
C      READ(5,/) NO1,NO2
C
C      CALL CRB17(X,EL)
14  CONTINUE
      PEAN = PIV2*SGRT(EL(1)**3/GM)
C
C      DADOS DE INTEGRACAO
C
C      DT = 60.
C      EPS = 1.E-09
C      DTI = DT
C      IFLAG = 1
C      DO 16 I=1,6
C          RR(I) = EPS
16  RR(I) = EPS
C
C      DADOS PARA CALCULO DO GEOPOTENCIAL
C
C      NZ = C6
C      NT = C4
C
C      LEITURA DOS COEFICIENTES DO GEOPOTENCIAL
C
C      IF(NZ.EQ.0.AND.NT.EQ.0) GO TO 26
C      READ(10) CC
C      DO 28 I=1,15
28  READ(10) (C((I-1)*30+J),J=1,30)
C      READ(10) (C(450+J),J=1,15) , (S(J),J=1,15)
C      DO 30 I=1,15
30  READ(10) (S((I-1)*30+J+15),J=1,30)
26  CONTINUE
C
C      ESCOLHA DAS FERTURBACOES A SEREM CALCULADAS
C
C      IDRAG = 1
C      CD = 2.
C      READ(5,530) CE,FS(1),FSM(1),AP(1)
C      ASM = CE*1.E-08/CD
C      IFLUXC = 1
C      IF(IFLUXC.NE.1) GO TO 18
C      I = 0
C      IFLX = 1
C      DJMA = DJMI - 1.
C      IFLXCT = 1
18  CONTINUE
C
C      CONTROLE DE CHAMADAS DAS ROTINAS "SOL" E "ADEN"
C
C      PCSOL = 3600.
C      IF((IDRAG+IPRAD+ISLUA+IMARE).LT.1) GO TO 24
C      TCSOL = PCSOL + 1.

```

```
IF(IDRAG.NE.1) GO TO 24
TCDEN = 61.
24 CONTINUE

C
C IMPRESSAO DE DADOS
C

WRITE(6,700)ANDI,AMESI,DIAI,HORAI,AMINI,SEGI,DJI,TSGI*DEG
WRITE(6,701)NCSA,NOR
WRITE(6,702)X,PEAN/60.
WRITE(6,704)NO1,NO2
WRITE(6,706) NZ,NT
WRITE(6,708)
IF((IDRAG+IPRAD+ISLUA+IMARE).LT.1) GO TO 36
IF(IDRAG.EQ.1) WRITE(6,710)
IF(IPRAD.EQ.1) WRITE(6,712)
IF(ISLUA.EQ.1) WRITE(6,714)
IF(IMARE.EQ.1) WRITE(6,716)
IF(IDRAG.EQ.1) WRITE(6,718) CB*L.E-08
IF(IPRAD.NE.1) GO TO 32
IF(IDRAG.EQ.1) GO TO 34
WRITE(6,720) ASP,CR
GO TO 32
34 CONTINUE
WRITE(6,722) CR
32 CONTINUE
IF(IDRAG.NE.1) GO TO 48
IF(IFLUXC.NE.1) GO TO 48
IF(IFLXCT.NE.1) GO TO 44
WRITE(6,726)
WRITE(6,728) FSC(I),FSM(I),AP(I)
GO TO 48
44 CONTINUE
IDIAS = IFIX(CJMF-DJMI) + 1
WRITE(6,730)
DO 46 I=1,IDIAS
WRITE(6,732) AMES(I),DIA(I),AND(I),FSC(I),FSM(I),AP(I)
46 CONTINUE
48 CONTINUE
RETURN

C
36 CONTINUE
WRITE(6,724)
RETURN

C
C FORMATS
C
C
510 FORMAT(5I2,I5)
520 FORMAT(2A6)
530 FORMAT(I9,1X,3I3)
C
700 FORMAT(1H1,1X,"INITIAL DATE OF CALCULATION : ",/,
1 5X,"YEAR = ",F5.0,/,
2 5X,"MONTH= ",F3.0,/,
3 5X,"DAY = ",F3.0,/,
4 5X,"HOUR = ",F3.0,/,
5 5X,"MIN. = ",F3.0,/,
6 5X,"SEC. = ",F8.5,/,
7 5X,"JULIAN DATE = ",F13.5,/,
8 5X,"SID. TIME OF GREENWICH = ",F11.7,
```

```

9          1X,"DEGREES",/)
701 FORMAT(/,1X,"SATELLITE NAME : ",246,/,
*         1X,"REFERENCE ORBIT NUMBER : ",15,/)
702 FORMAT(/,1X,"ORBITAL ELEMENTS : ",/,
7         5X,"X = ",1X,F13.3,1X,"M"  //,
8         5X,"Y = ",1X,F13.3,1X,"M"  //,
9         5X,"Z = ",1X,F13.3,1X,"M"  //,
*         5X,"VX = ",1X,F13.6,1X,"M/S",/,
1         5X,"VY = ",1X,F13.6,1X,"M/S",/,
2         5X,"VZ = ",1X,F13.6,1X,"M/S",//,
3         5X,"ANOMALISTIC PERIOD = ",F12.6,1X,"MIN.",/)
704 FORMAT(/,1X,"INITIAL ORBIT NUMBER : ",15,/,
*         1X,"FINAL ORBIT NUMBER : ",15,/)
706 FORMAT(/,1X,"GEOPOTENTIAL DATA : ",/,
1         5X,"ZONAL SERIES UP TO ",I3  //,
2         5X,"TESSERAL SERIES UP TO ",I3,/)
708 FORMAT(/,1X,"PERTURBATION EFFECTS TO BE CONSIDERED : ")
710 FORMAT(5X,"ATMOSPHERIC DRAG")
712 FORMAT(5X,"RADIATION PRESSURE")
714 FORMAT(5X,"LUNI-SOLAR ATTRACTION")
716 FORMAT(5X,"LUNI-SOLAR TIDAL EFFECTS")
718 FORMAT(/,1X,"BALLISTIC COEFFICIENT = ",F11.8,1X,"M**2/KG",/)
720 FORMAT(/,1X,"AREA/MASS = ",F8.5,1X,"M**2/KG",/,
1         1X,"CR          = ",F6.3,1X,"(REFLECTIVITY COEFFICIENT)")
722 FORMAT(1X,"CR          = ",F6.3,1X,"(REFLECTIVITY COEFFICIENT)")
724 FORMAT(5X,"NONE")
726 FORMAT(//,1X,"ATMOSPHERIC DENSITY COMPUTATION ",/,
1         1X,"DATA (CONSTANTS FOR THIS RUN) :",/)
728 FORMAT(1X,"SOLAR FLUX                                =",I4,/,
1         1X,"MEAN SOLAR FLUX                            =",I4,/,
2         1X,"PLANETARY GEOMAGNETIC ACTIVITY INDEX =",F6.2)
730 FORMAT(//,1X,"ATMOSPHERIC DENSITY COMPUTATION DATA",/,
1         1X,"*****",//,
2         27X,"PLANETARY",/,
3         13X,"SOLAR",2X,"MEAN",3X,"GEOMAGNETIC",/,
4         3X,"EPOCH",5X,"FLUX",3X,"SOLAR",2X,"ACTIVITY",/,
5         20X,"FLUX",3X,"INDEX",/)
732 FORMAT(1X,I2,"/",I2,"/",I4,2X,I4,3X,I4,4X,F6.2)
      END
```

SUBROUTINE CRUZA(TSG,TA,XI,FLC)

```
C
C PROPOSITO : ACHAR A CORRECAO NO CRUZAMENTO COM EQUADOR
C
C ENTRADAS : TSG ... TEMPO SIDERAL DE GREENWICH EM RAD.
C             XI ... VETOR 6-DIMENSIONAL DAS COMPONENTES
C                 DE POSICAO (M) E VELOCIDADE (M/S)
C                 INERCIAIS
C
C SAIDAS : TA ... EFRO EM SEG. NO CRUZAMENTO
C          FLC .. LONGITUDE ESTE DO CRUZAMENTO EM RAD.
C
C HELIO - DMC/DCC - JUNHO 1986
C
C
C     EXTERNAL DJ2
C     DIMENSION XI(6),X(6),ER(6),EA(6),W(84)
C     COMMON /CONST/ PI,PIV2,PID2,RAD,DEG
C     COMMON /TEMPO/ A1,A2,A3,TETP
C
C     DO 5 I=1,6
C     5 X(I) = XI(I)
C
C     TA = C.
C     IFLAG = 1
C 20 CONTINUE
C     DT = X(3)/X(6)
C     IF(ABS(DT).LT.1.E-05) GO TO 10
C     T = C.
C     DT = -DT
C     DTC = DT
C     CALL FK78(DJ2,6,X,T,DT,ER,EA,IFLAG,W,DTC)
C     TA = TA + DT
C     GO TO 20
C 10 CONTINUE
C
C     RLI = ATAN2(X(2),X(1))
C     RLO = AMOD(RLI-TSG-TA*TETP,PIV2)
C     IF(FLC.LT.C.) RLO = RLO + PIV2
C
C     RETURN
C     END
```

```

SUBROUTINE TIME(DJM,TS,TAD,DIA,MES,ANO,TMS)
C
C PROPOSITO : ATUALIZAR TEMPOS E CALCULAR TEMPO DE CRUZA-
C             MENTO EM MILISEG.
C
C ENTRADAS : DJM ... DIA JULIANO MODIFICADO
C             TS  ... TEMPO EM SEG.
C             TAD ... CORRECAO PARA O CRUZAMENTO
C
C SAIDAS : ANO ... ANO - 1900.
C           MES ... MES
C           DIA ... DIA
C           TMS ... TEMPO EM MILISEG DO CRUZAMENTO
C
C HELIO - DMC - JUNHO 1986
C
      T = TS + TAD
      ND = IFIX(T/86400.)
      DJC = DJM + NC
      T = T - ND*86400.
      CALL CJINV(DJC+2400000.5,DIA,MES,ANO)
      ANO = ANO - 1900.
      TMS = T * 1000.
C
      RETURN
      END
```

```

SUBROUTINE DJ2(T,X,XP)
C
C PROPOSITO : AVALIAR AS DERIVADAS DO MOV. ORBITAL
C             LEVANDO EM CONTA SO O ZONAL J2.
C
C ENTRADAS : T ... TEMPO EM SEG.
C             X ... VETOR DE DIMENSAO 6 ,DAS COORDENADAS
C                 DE POSICAO (M) E VELOCIDADE (M/S)
C
C SAIDA : XP ... VETOR DIMENSAO 6 DAS DERIVADAS DE POSICAO
C             E VELOCIDADE
C
C HELIO - DMC/DCO - JUNHO 1986
C
C
C DIMENSION X(6),XP(6)
C COMMON /TERRA/ RT,FLAT,GM
C COMMON /PERTU/ RJ2
C
C X1 = X(1)
C X2 = X(2)
C X3 = X(3)
C R2 = X1*X1 + X2*X2 + X3*X3
C R3 = R2 * SQRT(R2)
C ZR2 = X3*X3/R2
C CJ2 = 1.5*RJ2*(RT*RT/R2)
C
C XP(1) = X(4)
C XP(2) = X(5)
C XP(3) = X(6)
C XP(4) = -GM*X1/R3*(1.+CJ2*(1.-5.*ZR2))
C XP(5) = XP(4)*(X2/X1)
C XP(6) = -GM*X3/R3*(1.+CJ2*(3.-5.*ZR2))
C
C RETURN
C END
```


APÊNDICE B

BOLETIM APT-PREDICT

TABELA B.1

APT PREDICT NA FORMA DE TELEX

APT PREDICT
071834 NOAA 9
PART I
03078 01815 00519 00935 10205 L2552
30822 15339 11143
30860 44159 24648
30901 13020 34439
DAY PART II
02840 070110 04840 140126 06840 210143
08840 280162 10840 350182 12850 420205
14850 489232 16850 557267 18850 624314
20850 690385 22860 750508 24860 797759
26861 808188 28861 773522 30861 716686
32861 653774 34862 586770 36862 518731
DAY PART III
02845 070078 04855 140061 06855 210044
08855 280026 10865 350006 12868 419016
14868 488043 16878 556078 18878 623124
NIGHT PART II
38862 450701 40862 381676 42862 312655
44862 242636 46862 172618 48862 102602
50862 032586
NIGHT PART III
52867 036570 54877 106553 56877 176537
58877 246519 60877 315500 62877 384479
64887 453454 66887 521424 68887 588385
70887 654329 72887 717241 74887 773075
76888 808740 78888 797314 80888 750066
82885 690057 84875 625128 86875 558175
PART IV
1984 123A 03026 195942306600 850714223655290 2719616
01020290 01020847 00160712 02524075 14966491 09894736
33495948 07229998 M062359788 P036490923 M000003147
P00594717 P00990860 P07344221 001187440 078080019 9449
0000499999 H00277301 P00099689 P00508091 SPARESPARE
FREQUENCIES APT 137.62 MHZ, HRPT 1707.3 MHZ, BEACON
DSB 137.77 MHZ. APT DAY/NIGHT 2,4/3,4. /VIS CH. 2
/3.725 TO 1.10/ AND IR CH. 4 /10.5 TO 11.5/ WILL BE
XNTD DURING S/C DAY. IR CH 3 /3.6 TO 3.9/ AND CH 4
/10.5 TO 11.5/ WILL BE XNTD DURING S/C NIGHT. DCS DAY
TIME 059 86231.3.
NOAA 7 IS IN STANDBY WITH APT OFF, HRPT (1707 MHZ) ON
EXCEPT DURING S/C ECLIPSE (5 DEG S TO 80 DEG S).

EXPLICAÇÃO DA PARTE IV

PART IV

AAAAAAAAA BBBB CCCCCCCCCC DDEEFFGGHHIIIII JJJJJJJ
KKKKKKKK LLLLLLLL MMMMMMMM NNNNNNNN OOOOOOOO PPPPPPP
QQQQQQQQ RRRRRRRR SSSSSSSS TTTTTTTT UUUUUUUU
VVVVVVVV WWWWWWWW XXXXXXXX YYYYYYYY ZZaaabbb cccc
ddddddddd eeeeeeee ffffffff gggggg SPARESPARE

PART IV

- Contêm os elementos orbitais, dados atmosféricos, frequências de transmissão e pressão de radiação.

PRIMEIRA LINHA:

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
AAAAAAAAA	- Identificação do satélite ("COSPAR GUIDE TO ROCKET AND SATELLITE INFORMATION AND DATA EXCHANGE", information bulletin # 9, July 1962).
BBBBB	- Número da órbita na época.
CCCCCCCCC	- Tempo do nodo ascendente (em dias a partir de 1 de janeiro 00Z) para 9 casas decimais.
DD	- Ano na época.
EE	- Mês.
FF	- Dia.
GG	- Hora.
HH	- Minuto.
IIIII	- Segundos com 3 casas decimais.
JJJJJJ	- Tempo sideral de Greenwich com 4 casas decimais (horas).

SEGUNDA LINHA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
KKKKKKKK	- Período anomalístico (minutos) com 4 casas decimais.
LLLLLLLL	- Período nodal (minutos) com 4 casas decimais.
MMMMMMMM	- Excentricidade com 8 casas decimais.
NNNNNNNN	- Argumento de perigeu (graus) com 5 casas decimais.
OOOOOOOO	- Ascensão reta do nodo ascendente (graus) com 5 casas decimais.
PPPPPPPP	- Inclinação (graus) com 5 casas decimais.

TERCEIRA LINHA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
QQQQQQQQ	- Anomalia média (graus) com 5 casas decimais
RRRRRRRR	- Semi-eixo maior (km) com 3 casas decimais.
SSSSSSSS	- Sinal e componente X da posição na época, com 4 casas decimais (km).
TTTTTTTT	- Sinal e componente Y da posição na época, com 4 casas decimais (km).
UUUUUUUU	- Sinal e componente Z da posição na época, com 4 casas decimais (km).

QUARTA LINHA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
VVVVVVVV	- Sinal e componente X de velocidade na época (km/s), com 6 casas decimais.

wwwwwwww	- Sinal e componente Y de velocidade na época (km/s), com 6 casas decimais.
xxxxxxxxx	- Sinal e componente Z de velocidade na época (km/s), com 6 casas decimais
yyyyyyyyy	- Coeficiente balístico C_D A/M (m^2/kg) com 8 casas decimais.
zzz	- Fluxo solar diário (10.7 cm).
aaa	- Média sobre 90 dias corridos do fluxo solar (10.7 cm) [$10^{-7} W/m^2$].
bbb	- Índice planetário magnético [2×10^{-5} gauss].

QUINTA LINHA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
cccc	- Coeficiente de modulação do atrito atmosférico com 4 casas decimais.
dddddddd	- Coeficiente de pressão de radiação com dez casas decimais ($dinas/cm^2$).
eeeeeeee	- Sinal e movimento do perigeu (graus/dia) com 5 casas decimais.
fffffff	- Sinal e movimento da ascensão reta do <u>no</u> do ascendente (graus/dia), com 5 casas <u>de</u> cimai <u>s</u> .
ggggggg	- Sinal e taxa de variação da anomalia média na época (graus/dia), com 2 casas decimais.
SPARESPARE	- FIM.