



TÍTULO

UM-BANCO DE DADOS CONTENDO VALORES DE FLUXO SOLAR
E ATIVIDADE GEOMAGNÉTICA PARA CÔMPUTO DA
DENSIDADE DA ALTA ATMOSFERA

CÓDIGO AP

AS211

PREPARADO POR

APROVAÇÕES

ASS. *Valdemir Carrara* 06 / 03 / 89
NOME Valdemir Carrara DATA

ASS. *Hélio Koiti Kuga* 06 / 03 / 89
NOME Hélio Koiti Kuga DATA

ASS. _____ / /
NOME _____ DATA

ASS. *Marcelo L.O. Souza* 06 / 03 / 89
NOME Marcelo L.O. Souza DATA

ASS. _____ / /
NOME _____ DATA

ASS. _____ / /
NOME _____ DATA

ASS. _____ / /
NOME _____ DATA

ASS. _____ / /
NOME _____ DATA

ASS. _____ / /
NOME _____ DATA

ASS. _____ / /
NOME _____ DATA



MECB / SS

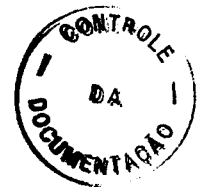
LISTA DE DIVULGAÇÃO

NOME	ORGÃO	Nº CÓPIAS
Marcelo Lopes de Oliveira e Souza	DME	1
Valdemir Carrara	DME	1
Hélio Koiti Kuga	DME	1
Válder Matos de Medeiros	DME	1
Roberto Viera da Fonseca Lopes	DME	1
Kondapalli Rama Rao	DME	1



MECB/SS

PÁGINA	VERSÃO	DATA	REFERÊNCIA DA MODIFICAÇÃO	OBSERVAÇÃO
i	1	06.03.89		
ii	1	06.03.89		
iii	1	06.03.89		
iv	1	06.03.89		
1	1	06.03.89		
2	1	06.03.89		
3	1	06.03.89		
4	1	06.03.89		
5	1	06.03.89		
6	1	06.03.89		
7	1	06.03.89		
8	1	06.03.89		
9	1	06.03.89		
10	1	06.03.89		
11	1	06.03.89		
12	1	06.03.89		
13	1	06.03.89		
14	1	06.03.89		
15	1	06.03.89		
16	1	06.03.89		
17	1	06.03.89		
18	1	06.03.89		
19	1	06.03.89		
20	1	06.03.89		
21	1	06.03.89		
22	1	06.03.89		
23	1	06.03.89		
24	1	06.03.89		
25	1	06.03.89		
26	1	06.03.89		
27	1	06.03.89		





SUMÁRIO

- 1 - INTRODUÇÃO
 - 2 - REFERÊNCIAS
 - 3 - O BANCO DE DADOS
 - 3.1 - O PROGRAMA ATUA_FLUXO
 - 3.2 - O PROGRAMA FLUXO_MED
 - 3.3 - A SUBROTINA SOFLUD
 - 4 - COMENTÁRIOS
- APÊNDICE A



1 - INTRODUÇÃO

O presente documento visa fornecer um guia para a utilização de diversos programas computacionais desenvolvidos para apoio ao Software de Previsão e Análise de Órbita e Atitude do Centro de Controle de Satélites. A intenção destes programas é estabelecer um banco de dados contendo valores observados de fluxo solar na faixa de 10.7 cm de comprimento de onda e valores medidos da atividade geomagnética que serão utilizados em simulação e propagação de órbita e atitude.

O problema de propagação de órbita de um satélite artificial apresenta aspectos práticos de extrema importância. Uma das principais aplicações é a previsão de passagem, isto é, a determinação dos instantes de tempo em que o satélite entra e sai da visibilidade de uma determinada estação terrena, bem como seu trajeto com relação à antena. Esta previsão, e outras aplicações da propagação de órbita, é realizada utilizando-se de programas computacionais altamente complexos, onde todos os fenômenos que afetam a órbita devem ser considerados. Nos satélites de órbita baixa (altitude inferior a 800 km), que constituem a grande maioria dos satélites lançados até hoje, o arrasto aerodinâmico é a perturbação mais importante dentre os fenômenos de origem não gravitacional, suplantando a pressão de radiação solar até altitudes de 1000 km, aproximadamente (Carrara, 1982).

O arrasto atmosférico é causado pelo choque das partículas neutras e íons da atmosfera com a superfície externa do satélite. Justamente por seu caráter dissipativo, esta força acarreta uma queda do satélite, fazendo com que a órbita se contraia, tornando-se cada vez mais circular, até a inevitável queda. A importância deste fenômeno têm provocado inúmeros estudos que visam compreender e melhorar os conhecimentos a seu respeito. Consequentemente, são cada vez mais complexos os modelos que tentam reproduzir matematicamente os resultados observados das



órbitas de satélites já lançados (Boettcher, 1979).

Embora existam diversos modelos, é ainda bastante utilizada, principalmente quando se trata de propagação numérica de órbita, uma expressão na forma:

$$\vec{a} = \frac{\rho u^2}{2} C_D \frac{A}{m} \hat{u}$$

onde \vec{a} é a aceleração instantânea do satélite devido ao arrasto atmosférico. Nesta equação, ρ representa a densidade local da atmosfera, u a velocidade do satélite em relação à atmosfera (\hat{u} é a sua direção), C_D é o coeficiente de arrasto, A é a área frontal do satélite (na direção da velocidade) e m a sua massa. O coeficiente de arrasto, C_D , é normalmente fixado entre os valores 2 e 3, e mantido constante durante a propagação da órbita. É importante ressaltar, contudo, que a teoria cinética dos gases fornece valores mais confiáveis para C_D , que neste caso passa a depender da geometria do satélite, das características de sua superfície externa, da temperatura tanto da superfície quanto da atmosfera e, também, da magnitude e direção da velocidade do satélite relativa à atmosfera (Carrara, 1982). A obtenção de C_D através deste método requer, no entanto, que se integre analítica ou numericamente uma integral sobre a superfície externa do satélite, o que pode ser, por vezes, bastante complexo, principalmente quando a geometria permite que certas partes da estrutura (como painéis, por exemplo) obstruam outras, quando observadas na direção da velocidade. As partes encobertas devem, então, ser retiradas da integração, dificultando ainda mais a obtenção de C_D . Considerando que normalmente uma propagação numérica de órbita requer um alto custo de processamento, a introdução do cálculo do coeficiente de arrasto na integração irá encarecer sobremaneira o resultado obtido, já que C_D necessitará ser obtido a cada passo. Uma forma de conciliar os dois métodos consiste em aproximar valores previamente calculados de C_D por funções especiais, levando em conta as variáveis já citadas que influem no cálculo do coeficiente.



Não menos importante é a forma com que a densidade da atmosfera deve ser obtida. Diversos modelos de atmosfera encontram-se disponíveis na literatura, como Jacchia, 1972, 1977; NASA, 1973; Roberts Jr., 1971 e De Lafontaine e Hughes, 1983. Por sua vez, estes modelos não são estáticos tanto quanto possa parecer: a densidade local da atmosfera varia não somente com a altitude, mas com diversos outros fatores, incluídos ou não nos modelos. Os mais empregados em propagação de órbita são os modelos que aliam uma parte teórica com outra empírica na sua confecção. Exemplos de tais modelos são o J77 (Jacchia, 1977) e CIRA 72 (Jacchia, 1972). Estes modelos partem de condições fixas, normalmente em altitudes baixas (próximos de 100 km), adotando inicialmente um perfil para a temperatura e a massa molecular média da atmosfera, em função da altitude. A densidade é então obtida a partir da integração da equação de difusão, até a altitude desejada. A seguir são adicionadas correções ajustadas empiricamente, que visam introduzir outros efeitos cujas causas não são conhecidas teoricamente, ou cujos modelos teóricos são altamente complexos. Cita-se como as correções mais importantes a variação diurna, a variação com a atividade geomagnética, a variação semi-anual e a variação sazonal-latitudinal. Estas correções são obtidas minimizando-se o resíduo entre a densidade resultante do modelo e a determinada a partir da análise dos efeitos do arrasto na órbita dos satélites (Wertz, 1978). A integração da equação da difusão requer, tanto quanto a obtenção do coeficiente de arrasto, um grande esforço computacional, já que tanto um quanto outro necessitam ser avaliados a cada passo de integração da órbita. Em vista disso, têm surgido alguns modelos que perdem um pouco de precisão nos resultados para obterem uma expressão na forma analítica (Roberts, 1971, De Lafontaine e Hughes, 1983). Consideravelmente mais rápidos que os modelos baseados em integrais, as formas analíticas vem ganhando espaço na propagação tanto semi-analítica quanto numérica de órbita.



2 - REFERÊNCIAS

- BOETTCHER, R.-D. *The calculation of convex body aerodynamics in free molecular flow using a plane element surface approximation - Survey on theory and methods - Description of a FORTRAN program package; final report - part 1.* Göttingen, Germany, DFVLR, 1979. (DFVLR-IB-251-79 A 13).
- CARRARA, V. *Modelagem das forças e torques atuantes em satélites.* São José dos Campos, INPE, junho 1982. (INPE-2454-TDL/094).
- DE LAFONTAINE, J.; HUGHES, P. An analytical version of Jacchia's 1977 model atmosphere. *Celestial mechanics.* 29(3-26), 1983.
- JACCHIA, L. G. Atmospheric models in the region from 110 to 2000 km. In: COMMITTEE ON SPACE RESEARCH (COSPAR). *CIRA 1972.* Berlin, Akademik-Verlag, 1972. Part 3, p. 227-338.
- JACCHIA, L. G. *Thermospheric temperature, density and composition: new models.* Cambridge, MA, SAO, 1977. (SAO Special Report n 375).
- LOPES, R. V. F.; KUGA, H. K.; CARRARA, V. *Solar flux and geomagnetic activity prediction.* São José dos Campos, INPE, maio 1986. (INPE-3884-pre/934).
- NASA. *Models of earth's atmosphere (90 to 2500 km).* NASA, NASA Space Vehicle Design Criteria (Environment). March 1973. NASA SP-8021.
- ROBERTS Jr., C. E. An analytical model for upper atmospheric densities based upon Jacchia's 1970 models. *Celestial Mechanics*, 4(3/4): 368-377, Dec. 1971.



3 - O BANCO DE DADOS

Qualquer que seja a fórmula empregada para a determinação da densidade local da atmosfera, é necessário conhecer-se, preliminarmente, a temperatura das moléculas que compõem a atmosfera. A temperatura possui valores fixos (por volta de 190°K) em altitudes próximas dos 90 km, aumenta com a altitude passando por um ponto de inflexão a 125 km até atingir assintoticamente a temperatura máxima, ou temperatura exosférica. A 600 km, normalmente, a temperatura já se encontra a 97% de seu valor máximo. Por sua vez, a temperatura exosférica, tão importante na obtenção do valor da densidade, não se mantém constante com o tempo, podendo variar desde 500°K até 2000°K. Verificou-se, já com os primeiros satélites, que a densidade varia com a atividade solar, particularmente com a emissão numa estreita faixa de comprimento de onda ao redor de 10.7 cm (rádio frequência). Esta emissão é absorvida pela alta atmosfera, e sua intensidade irá determinar a temperatura exosférica. O fluxo solar $F_{10.7}$, como é conhecida a emissão, apresenta um comportamento variante com o tempo, com valores diários bastante erráticos, podendo-se mesmo considerá-los quase aleatórios. Sua média, no entanto, apresenta um comportamento peculiar, variando com o ciclo solar em períodos de 11.6 anos atingindo máximos da ordem de 180 (10^{-22} W/m²Hz) e mínimos de 50 (Figura 1). Embora não perfeitamente identificável, é possível que o fluxo solar apresente também um ciclo de curto período, de duração de uma rotação solar ou cerca de 27 dias (NASA, 1973).

Valores de fluxo solar têm sido coletados ao longo dos anos, desde 1948, pelo Herzberg Institute of Astrophysics em Ottawa, Canadá, que os distribui para a comunidade científica.

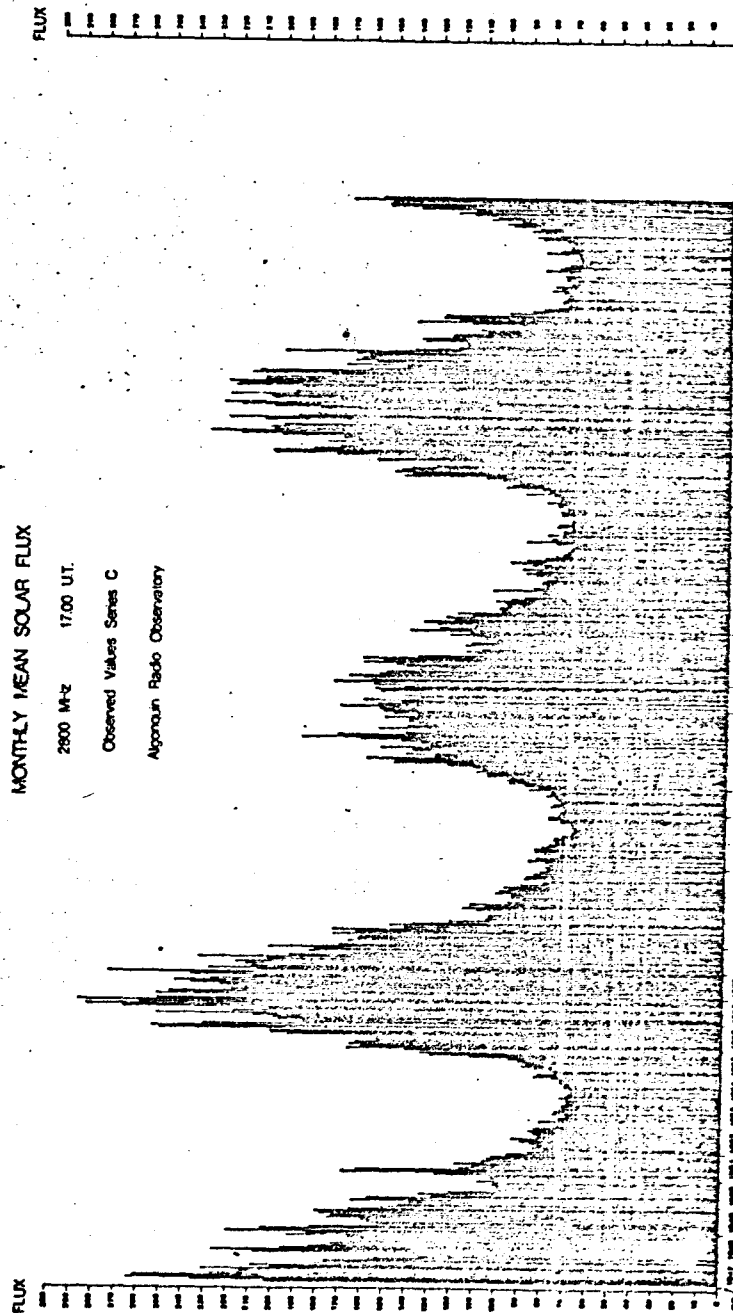


Fig. 1. Fluxo solar médio (Fonte: Herzberg Institute of Astrophysics. Boletim mensal de dezembro de 1988).



A temperatura exosférica também é afetada, embora numa menor intensidade, por variações no campo magnético da Terra. Estas distorções no campo modificam tanto a direção quanto a magnitude do campo e têm como causa as explosões que ocorrem na superfície do sol. Por conseguinte, há um aumento na quantidade de partículas ionizadas que são ejetadas pelo sol durante as tempestades. Estas partículas, normalmente núcleos de hélio, constituem o vento solar, e, ao atingir a magnetosfera da Terra, distorcem o campo no sentido da velocidade dos íons, formando uma cauda magnética na direção contrária ao sol (Wertz, 1978). Esta distorção pode ser sentida mesmo na superfície da Terra, embora não de maneira tão intensa. Durante uma explosão solar (ou tempestade solar) a distorção apresenta uma rápida variação, seguida de um período de relaxamento que pode durar várias horas. Por ser causada pelas explosões solares, a atividade geomagnética apresenta também características aleatórias, com médias dependentes do ciclo solar, mas não tão nítidas quanto as do fluxo. Os modelos de densidade atmosférica normalmente consideram o efeito da atividade geomagnética através de um incremento no valor da temperatura exosférica, já que o processo de aquecimento da atmosfera durante as tempestades solares não é bem conhecido.

A distorção no campo é medida a cada 3 horas por 12 observatórios magnéticos espalhadas pelo globo e enviados para o Institut für Geophysik em Göttingen, na Alemanha. Lá é realizada uma média nos valores medidos, constituindo o índice planetário de 3 horas, K_p . A escala de K_p é quasi-logarítmica, assumindo valores discretos entre 0 (atividade mínima) e 9 (atividade máxima), na forma 0o, 0+, 1-, 1o, 1+, 2-, 2o, etc. (Lopes et alli, 1986). Os valores de K_p são convertidos então através de uma tabela para a amplitude planetária equivalente de 3 horas, a_p , que, por ser linear, admite que sua média seja representada pela média aritmética de seus valores. A média de a_p é denominada amplitude planetária equivalente diária, ou A_p . Como no fluxo solar, os valores de K_p a cada 3 horas e a amplitude diária A_p são enviadas



mensalmente pelo instituto para a comunidade de usuários.

Certos modelos de densidade atmosférica utilizam, em adição ou substituição ao fluxo solar e atividade geomagnética, outros valores que representam, direta ou indiretamente, a atividade solar. Podem ser citados o número de manchas solares R_i (coletado pelo Sunspot Index Data Center, do Royal Observatory em Bruxelas, na Bélgica), e os índices C_p e C_p (medidos pelo mesmo Institut für Geophysik).

Da análise do exposto, conclui-se ser de extrema importância a manutenção de um banco de dados contendo os valores observados de fluxo solar e atividade geomagnética, num ambiente computacional que permita, com relativa precisão e rapidez, a simulação e propagação de uma órbita. O primeiro passo neste sentido foi dado em 1983 com a aquisição de uma fita magnética contendo valores desde 1932, através do National Geophysical Data Center, em Boulder, Colorado, USA. Esta fita contém dados observacionais da atividade geomagnética (K_p , ΣK_p , A_p , C_p e C_p), número de manchas solares (R_i) e valores do fluxo solar corrigidos para uma unidade astronômica ($F_{10.7}$). Com a intenção de atualizar os dados com as novas observações, entrou-se em contacto com os observatórios (Alemanha, Bélgica e Canadá) para que se pudesse constar das suas listas de divulgações. Conseguiu-se, com isto, manter-se a continuidade dos dados, recebidos mensalmente no INPE, pelo autor.

A atualização dos valores observados não é, no entanto, tarefa simples: os valores recebidos de 3 diferentes fontes devem ser reunidos num único arquivo, sendo que o formato com que são recebidos não correspondem, é claro, ao formato com que são armazenados. Some-se a isso a dificuldade de se conferir visualmente os valores digitados, quando os dados não puderem ser confirmados diretamente pelo próprio computador. Foi então desenvolvido um programa que converte dados digitados no formato com que são recebidos, para o formato dos dados adquiridos do National Geophysical Data Center. A forma de utilizar este



programa, bem como a frequência com que o arquivo deve ser atualizado, é descrito na Seção 3.1. Após a atualização, deve ser executado um outro programa, descrito na Seção 3.2, que tem como função gerar um novo arquivo, que será usado nos programas de geração de órbita do Centro de Controle. O arquivo original do National Geophysical Data Center não pode ser utilizado, pois não contém valores do fluxo solar médio, necessários no cálculo da densidade atmosférica. A recuperação dos dados no arquivo de fluxo solar e fluxo solar médio exigiu a confecção de uma subrotina de interface, descrita na Seção 3.3. Esta rotina, bastante simples de ser usada, retorna com várias informações relevantes para o cômputo da densidade local da alta atmosfera. Um esquema de como os arquivos são montados a partir dos dados recebidos é ilustrado na Figura 2.

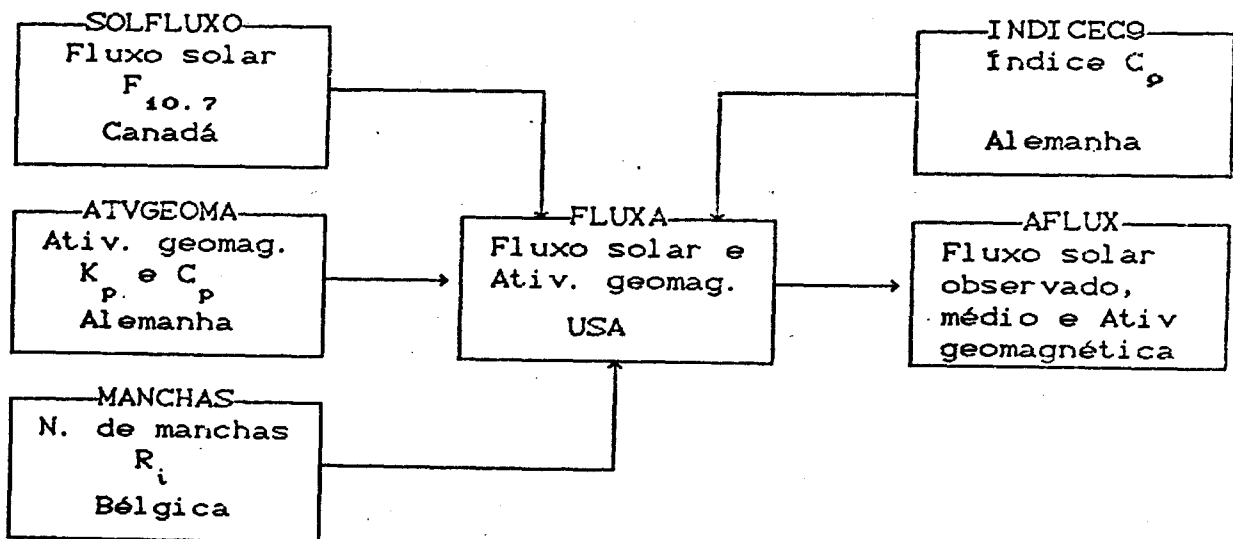


Fig. 2. Esquema de montagem dos arquivos de fluxo solar e atividade geomagnética.

3.1 - O PROGRAMA ATUA_FLUXO

O programa ATUA_FLUXO, escrito em FORTRAN 77, foi criado com a intenção de atualizar os dados de fluxo solar, número de manchas e atividade geomagnética, num arquivo em disco. Este arquivo é gerado a partir de 4 outros arquivos, que devem ser previamente



digitados e que contém, entre outros, valores de $F_{10.7}$, A_p , índice C_p e R_s (número de manchas solares).

O programa confere os dados integrantes dos arquivos, detectando, por exemplo, se foi encontrado um caracter numa posição na qual deveria se encontrar um valor numérico ou se uma média calculada não se iguala ao valor digitado. Infelizmente, nem todos os dados permitem a verificação pelo programa da integridade dos valores digitados, sendo imprescindível, portanto, uma pós inspeção visual.

Os nomes dos arquivos digitados devem ser fornecidos ao programa através de um arquivo de dados com nome NOMESARQS.DAT contendo:

NOMESARQS.DAT:

- 1: <Nome do arquivo de atividade geomagnética>
- 2: <Nome do arquivo de índice C_p >
- 3: <Nome do arquivo do número de manchas>
- 4: <Nome do arquivo de fluxo solar>
- 5: DATAIN
- 6: DATAFIM

Os valores numéricos DATAIN e DATAFIM representam, no formato DDMMAA as datas de início e fim, respectivamente, do arquivo a ser gerado. É claro que DATAIN deve corresponder no mínimo à maior das datas de início dos arquivos de entrada, e DATAFIM no máximo à menor das datas de fim de dados dos mesmos arquivos. Exemplo de um NOMESARQS.DAT:

ATVGEOMA.DAT

INDICEC9.DAT

MANCHAS.DAT

SOLFLUXO.DAT

010783

300988



Os nomes dos arquivos de entrada devem estar na ordem correta, para que sejam lidos corretamente pelo programa. O arquivo criado pelo programa, FLUXA.DAT, possui formato igual aos dados adquiridos do National Geophysical Data Center, como indicado na Tabela 1. O primeiro registro contém as datas dos valores iniciais e finais do arquivo.

O Apêndice A fornece exemplos de como os dados são recebidos e como devem ser digitados para que possam ser compreendidos pelo programa.

Deve ser mencionado, aqui, que é frequente a acusação de erros, pelo programa, de valores médios cujos cálculos são diferentes dos valores digitados. A conferência visual do ponto em questão irá mostrar, entretanto, na ampla maioria das vezes, que os valores digitados estão corretos. A causa deste inconveniente é que, muitas vezes, a média original foi truncada ou aproximada de forma incorreta. Recomenda-se que, neste caso, a mensagem de erro seja ignorada, ou que simplesmente se corrija a média original de forma a ficar compatível com a calculada. De forma alguma a alteração destes valores nos dados originais irá representar uma grande diferença nos resultados finais.

O arquivo gerado, FLUXA.DAT, deverá ser inserido de forma conveniente no arquivo geral, que contém todos os valores observados. Não deve ser esquecido, também, da alteração do primeiro registro ou seja, atualização da data de fim do arquivo.

Recomenda-se que a atualização seja frequente, tanto para que a base de dados seja mantida integralmente, quanto para que não se acumule muitos dados na digitação. Uma frequência entre 2 a 6 meses é suficiente para manter os dados razoavelmente atualizados.



83	7	12048272320101317132013130	9	7	4	5	6	5	7	5	60.31	62124.11
83	7	22049 11017131323273327163	4	6	5	5	9	12	18	12	90.52	59125.40
83	7	32049 22717202313202723170	12	6	7	9	5	7	12	9	80.52	61131.50
83	7	42049 31717131023273020157	6	6	5	4	9	12	15	7	80.42	87137.20
83	7	52049 41710102317231010120	6	4	4	9	6	9	4	4	60.31	80132.10
83	7	62049 51720234733272327217	6	7	9	39	18	12	9	12	140.84	79132.40
83	7	72049 61317173337272740210	5	6	6	18	22	12	12	27	140.84	79132.70
83	7	82049 72023332317232327190	7	9	18	9	6	9	9	12	100.63	82127.90
83	7	92049 83037133320232727210	15	22	5	18	7	9	12	12	120.73	69123.10
83	7	102049 917201713 7 710 7 97	6	7	6	5	3	3	4	3	50.21	59123.10
83	7	112049 10 7 7 7171010 720 83	3	3	3	6	4	4	3	7	40.10	68125.70
83	7	122049 1117 7132337374737217	6	3	5	9	22	22	39	22	160.94	86124.70
83	7	132049 125040403330131020237	48	27	27	18	15	5	4	7	191.05	85123.50
83	7	142049 13 720232020201710137	3	7	9	7	7	7	6	4	60.31	88124.40
83	7	152049 141317 7 710101720100	5	6	3	3	4	4	6	7	50.21	92124.60
83	7	162049 152733204343304337277	12	18	7	32	32	15	32	22	211.15	93121.30
83	7	172049 164040374337374043317	27	27	22	32	22	22	27	32	261.26	96120.00
83	7	182049 17474030303332730270	39	27	15	15	18	18	12	15	201.05	98116.41
83	7	192049 182720232317302320183	12	7	9	9	6	15	9	7	90.52	96119.50
.												
.												
88	9	222119203037403733472020263	15	22	27	22	18	39	7	7	201.05	168178.60
88	9	232119213333301727131723193	18	18	15	6	12	5	6	9	110.63	190177.81
88	9	242119221313202723132030160	5	5	7	12	9	5	7	15	80.42	172178.60
88	9	252119234023131320232337193	27	9	5	5	7	9	9	22	120.73	149177.40
88	9	262119241017172337171320153	4	6	6	9	22	6	5	7	80.42	151172.00
88	9	27211925231313101317 710107	9	5	5	4	5	6	3	4	50.21	157179.61
88	9	28211926201310 713171717113	7	5	4	3	5	6	6	6	50.21	143171.00
83	9	29211927131013101013 3 3 77	5	4	5	4	4	5	2	2	40.10	111172.00
88	9	302120 1 3 7232027233023157	2	3	9	7	12	9	15	9	80.42	106173.10

Tab. 1. Exemplo do arquivo FLUXA.DAT, criado pelo programa ATUA_FLUXO.



3.2 - O PROGRAMA FLUXO_MED

Entre as diversas tarefas deste programa, a mais importante, sem dúvida, é a de calcular, com base nos valores observados do fluxo solar, seu valor médio mediante certos critérios. O programa requer, como entrada, o nome do arquivo criado pelo programa ATUA_FLUXO (FLUXA.DAT) e o nome do arquivo que será gerado (o nome default é AFLUX.DAT). É também solicitada a data de início e fim da nova tabela, dentro de valores que permitem a obtenção do fluxo médio.

O formato dos dados gerados é mostrado na Tabela 2, com a seguinte correspondência:

Primeiro registro:

- a) Data Juliana modificada (referida a 1950.0) correspondente ao primeiro dado (formato I10)
- b) Data Juliana modificada correspondente ao último dado (formato I10)
- c) Dia, mes e ano correspondente ao primeiro dado, no formato 2X,I2,1X,I2,1X,I4.
- d) Dia, mes e ano correspondente ao último dado, no formato 2X,I2,1X,I2,1X,I4.

Demais registros:

- a) Dia Juliano modificado (I5)
- b) 8 valores da índice planetário de 3 horas K_p (8I2)
- c) Soma dos valores de K_p (I3)
- d) Amplitude planetária diária A_p (I3)
- e) Valor observado do fluxo $F_{10.7}$ (F5.1)
- f) Valor do fluxo corrigido para 1 UA (F5.1)
- g) Valor médio do fluxo calculado segundo J77 (F5.1)
- h) Valor médio aritmético do fluxo, centrado num período de 420 dias (F5.1)



O modelo J77 recomenda que o fluxo seja calculado por uma média geométrica, onde os pesos de cada observação sejam obtidos por uma gaussiana, centrada no ponto onde se deseja o valor médio e com desvio-padrão de 70 dias. Para garantir que o valor médio calculado aproxime bastante o valor real (que seria obtido efetuando-se a média num período infinito), a operação é realizada num período de 3 desvios-padrão, ou seja 210 dias antes e 210 dias depois da data onde está sendo calculada a média.

11167	13942	29/ 7/1980	4/ 3/1988	
11167	717101017232317123	6150.	6155.	3189.2196.8
11168	2013171320232327157	8139.	0143.	3189.1196.9
11169	2017201713101710123	6132.	5136.	5189.1197.0
11170	1017131010 7 710 83	4128.	0131.	9189.0197.0
11171	3 7 71023202733130	7128.	0131.	8189.0197.0
11172	4033404343202713260	20129.	3133.	2188.9197.1
11173	17202320332310 3150	8127.	1130.	9188.9197.1
11174	13 7101313101013 90	4128.	8132.	6188.8197.1
11175	4030202747334330270	21139.	2143.	2188.8197.1
11176	2327232720172730193	10138.	3142.	3188.8197.1
11177	1710 3 71010 720 83	4142.	4146.	4188.8197.0
13933	3733232327173017207	12101.	8 99.	6110.7115.3
13934	3340272023203030223	14 98.	4 96.	4110.9115.5
13935	30202017 7272723170	9 98.	7 96.	7111.1115.7
13936	23332313 7 3 720130	7 98.	3 96.	3111.2115.9
13937	17131710131317 7107	5 99.	0 97.	1111.4116.1
13938	7 3 710 71010 3 57	3105.	3103.	3111.6116.3
13939	13101313 7 31717 93	4101.	7 99.	8111.8116.6
13940	7 317131320 733113	6100.	9 99.	1111.9116.8
13941	2713231320303027183	10103.	7101.	9112.1117.0
13942	4340403030303017260	19104.	4102.	6112.3117.2

Tab. 2. Exemplo do arquivo AFLUX.DAT gerado pelo programa FLUX_MED



Outros modelos atmosféricos sugerem métodos diferentes para o cômputo do fluxo solar médio, com média aritméticas que abrangem períodos que variam entre um mes a mais de um ano. Novas formas podem ser facilmente incluídas no programa, embora o arquivo gerado já disponha da média aritmética calculada com período de 420 dias.

3.3 - A SUBROTINA SOFLUD

Com a intenção de prover uma interface entre os dados de fluxo solar e atividade geomagnética contidos no arquivo AFLUX.DAT, e os analistas que irão desenvolver os programas de geração de órbita, foi desenvolvida uma rotina que lê os dados correspondentes à uma época previamente fornecida. A rotina SOFLUD tem como parâmetros de entrada a data juliana modificada, a hora do dia em segundos contados a partir das 0 horas UTC. A chamada à rotina deve ser na forma:

CALL SOFLUD (RJUD, DAFS, SD, OUTF)

onde:

RJUD = variável real, precisão dupla, somente de leitura, contendo a data juliana modificada do dia em questão.

DAFS = variável real, precisão dupla, somente de leitura, contendo a fração do dia em segundos.

SD = vetor real, dupla precisão, somente de escrita, dimensionado com pelo menos 11 posições, que deverão conter, na saída:

SD(1) = Valor de K_p avaliado 3 horas antes de SD(2).

SD(2) = Valor de K_p avaliado 3 horas antes de SD(3).

SD(3) = Valor de K_p avaliado 3 horas antes de SD(4).

SD(4) = O último valor observado de K_p , antes de DAFS.

SD(5) = Soma dos valores de K_p referentes ao dia RJUD.

SD(6) = Tempo em horas UTC do instante de obs. de SD(4).

SD(7) = Valor de A_p referente ao dia RJUD.



SD(8) = Valor observado do fluxo solar $F_{10.7}$ em RJUD.

SD(9) = Valor do fluxo corrigido para 1 UA.

SD(10) = Valor do fluxo médio observado, calculado de acordo com o modelo J77.

SD(11) = Valor do fluxo médio observado, calculado por média aritmética sobre um período de 420 dias.

OUTF = variável real, precisão dupla, somente de escrita, que irá retornar com a condição de saída:

OUTF = 0. Condição normal.

OUTF = -1. O arquivo de dados AFLUX.DAT não se encontra presente em disco.

OUTF = 1. Data de cálculo menor que a data de início do arquivo.

OUTF = 2. Data de cálculo maior que a data de fim do arquivo.

Segundo Jacchia (1977), o efeito da atividade geomagnética na densidade atmosférica propaga-se das altas para as baixas latitudes em algumas horas. Consequentemente, o valor de K_p a ser usado no cálculo da densidade, sofre um atraso no tempo, tanto maior quanto menor for a latitude. O atraso é dado por:

$$\Delta t = 0.1 + 0.2 \cos \phi' \quad (\text{em fração de dia}),$$

onde ϕ' é a latitude geomagnética com dipolo centrado:

$$\sin \phi' = 0.9792 \sin \phi + 0.2028 \cos \phi \cos(L - 291^\circ)$$

sendo ϕ e L a latitude e longitude do sub-ponto onde se deseja avaliar a densidade. O atraso máximo possível é então de 7.2 horas. Para calcular qual o valor de K_p entre os quatro fornecidos pela rotina deve ser usado, recorre-se à:

$$N = \text{INT}((\text{DAFS}/3600. - \text{SD}(6) + 12. - \Delta t * 24.) / 3.)$$

onde N é índice a ser usado em SD ($N = 1, 2, 3$ ou 4). Deve ser observado que os 8 valores diários de K_p são avaliados a partir



das 0 horas UTC, de 3 em 3 horas. Pode ocorrer, portanto, que alguns dos valores de K_p que retornam da subrotina correspondam ao dia anterior (se DAFS for menor que 32400 s). É importante notar, também, que pode-se usar o valor médio diário de A_p quando não se necessita de muita precisão na avaliação da densidade. O valor de A_p pode ser facilmente convertido em K_p (e vice-versa), através de fórmulas ou tabelas, para a devida compatibilização aos dados de entrada dos diversos modelos. Seja como for, no caso de se usar as relações acima deve-se atualizar os valores (chamando novamente a rotina SOFLUD) para o modelo a cada 3 horas de tempo de simulação. Se, no entanto, for usado valores médios diários, uma única atualização a cada 24 horas de simulação será necessária.

4 - COMENTÁRIOS

Deve ser mencionado que o assunto tratado, embora se refira a dados observacionais, é bastante complexo pois envolve fenômenos não totalmente compreendidos até o momento. Talvez o mais nítido deles, a variação do fluxo solar com a atividade solar, num ciclo de 11 anos, é o que apresenta os maiores desafios. De fato, os valores diários do ciclo são tão erráticos, que é impossível fazer uma previsão, mesmo a curto prazo. No entanto, em situações de análise, como por exemplo o cálculo do tempo de vida ou da quantidade de combustível necessária para manter um satélite numa determinada altitude, é frequente a necessidade de valores de previsão para o fluxo solar e atividade geomagnética. Se o valor diário não pode ser previsto, pelo menos seu valor médio pode ser conhecido no futuro dentro de certa faixa de precisão. Neste caso, usa-se o valor previsto tanto para o fluxo diário quanto para o médio nos modelos de atmosfera. Uma complementação natural deste trabalho seria, portanto, o desenvolvimento de programas para a propagação dos valores de fluxo solar e atividade geomagnética para anos futuros, a partir dos valores observados. Em Lopes et alli, 1986, foi apresentado um algoritmo que mostrou resultados notáveis para o valor previsto do fluxo solar, por períodos de até um ano. A NASA publica bimensalmente, através do Marshall Space Flight Center, valores de previsão de fluxo solar médio $F_{10.7}$ e



amplitude diária média A_p , baseados em observações alisadas com um período de 13 meses.



APENDICE A

Os valores de fluxo solar são enviados mensalmente pelo Herzberg Institute of Astrophysics na forma indicada pela Tabela A-1. Os valores a serem digitados são os correspondentes aos da Serie C, ajustados a uma unidade astronômica (adjusted to 1AU). O arquivo após a digitação deve ter o formato dado pela Tabela A-2.

A atividade geomagnética, representada pelos valores de 3 horas de K_p , por A_p e por C_p , é mostrada na forma com que é recebida pelas Tabelas A-3 e A-5. As Tabelas A-4 e A-6 mostram como devem ficar os dados após a digitação.

Finalmente, o número de manchas solares, R_i , pode vir no formato da Tabela A-7, trimestral, ou na forma anual, a qual não difere em essência da anterior. Na Tabela A-8 encontra-se o arquivo resultante da digitação do número de manchas solares.



- 1 -

August 1983

HERZBERG INSTITUTE OF ASTROPHYSICS
NATIONAL RESEARCH COUNCIL
OTTAWA, ONTARIO
CANADA

SERIES C & D

DAILY VALUES OF SOLAR FLUX AT 2800 MHZ (OTTAWA-ARO) AT 17:00 U.T.

Series D is the best estimate of absolute value and is obtained by using the multiplier .90 recommended by Commission V of URSI

1983	Observed	Adj. to 1 AU	
Aug.	Series C	Series C	Series D
1	146.7	151.1	136.0
2	141.2#	145.4#	130.9#
3	135.3#	139.4#	125.5#
4	132.7	136.5	122.8
5	132.7	136.5	122.8
6	138.0	142.0	127.8
7	138.0	141.9	127.7
8	137.2	141.0	126.9
9	139.0	142.9	128.6
10	147.6	151.6	136.4
11	147.3	151.3	136.2
12	152.6#	156.7#	141.0#
13	143.6	147.3	132.6
14	138.0#	141.6#	127.4#
15	132.4#	135.8#	122.2#
16	128.9	132.1	118.9
17	123.7	126.8	114.1
18	119.2	122.2	110.0
19	114.9	117.7	105.9
20	115.9	118.7	106.8
21	111.6	114.2	102.8
22	108.3	110.8	99.7
23	108.4	110.8	99.7
24	106.4	108.7	97.8
25	102.0	104.2	93.8
26	103.6	105.8	95.2
27	101.6	103.7	93.3
28	100.8	102.8	92.5
29	103.6	105.7	95.1
30	102.1	104.0	93.6
31	102.3	104.2	93.8
Mean:	124.4	127.5	114.8

Corrected for burst.

Tab. A-1. Valores de fluxo solar da forma com que são recebidos.
(Fonte: Herzberg Institute of Astrophysics, boletim mensal).



IUGG: ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY
(International Service of Geomagnetic Indices)

International quiet and disturbed days:

Quietest Days 1- 5: 11 10 15 5 1
Quietest Days 6-10: 14 21 31A 20A 26A
Most Disturbed Days 1-5: 24 17 23 16 18

GEOMAGNETIC PLANETARY INDICES

Three-hourly: Kp; Daily: Ap and Cp

J u l y 1983

	1	2	3	4	5	6	7	8	Sum	Ap	Cp
1	2+2o1o1+	2-1+2o1+			13o				6	0.3	
2	1o2-1+1+	2+3-3+3-			16+				9	0.5	
3	3-2-2o2+	1+2o3-2+			17o				8	0.5	
4	2-2-1+1o	2+3-3o2o			16-				8	0.4	
5	2-1o1o2+	2-2+1o1o			12o				6	0.3	
6	2-2o2+5-	3+3-2+3-			22-	14			14	0.8	
7	1+2-2-3+	4-3-3-4o			21o	14			14	0.8	
8	2o2+3+2+	2-2+2+3-			19o	10			10	0.6	
9	3o4-1+3+	2o2+3-3-			21o	12			12	0.7	
10	2-2o2-1+	1-1-1o1-			10-	5			5	0.2	
11	1-1-1-2-	1o1o1-2o			8+	4			4	0.1	
12	2-1-1+2+	4-4-5-4-			22-	16			16	0.9	
13	5o4o4o3+	3o1+1o2o			24-	19			19	1.0	
14	1-2o2+2o	2o2o2-1o			14-	6			6	0.3	
15	1+2-1-1-	1o1o2-2o			10o	5			5	0.2	
16	3-3+2o4+	4+3o4+4-			28-	21			21	1.1	
17	4o4o4-4+	4-4-4o4+			32-	26			26	1.2	
18	5-4o3o3o	3+3+3-3o			27o	20			20	1.0	
19	3-2o2+2+	2-3o2+2o			18+	9			9	0.5	
20	2+2+3-1+	1o1+2-2o			15-	7			7	0.4	
21	1+2+2-2o	2-2o2-2-			14+	6			6	0.3	
22	2+1o1o1o	1-1-3-5-			14o	10			10	0.5	
23	3o3+3+5-	3o3o5-4o			29o	23			23	1.1	
24	6-5o4o4-	6o4o4o3+			36-	40			40	1.4	
25	3o4-3-2+	3-2+2o2-			20+	12			12	0.7	
26	2+2o2-2o	2o2-2-2o			15+	7			7	0.3	
27	1+2o2o3o	2o2o3-3+			18+	10			10	0.5	
28	1+2o2o2+	2o3+3+3o			19+	11			11	0.6	
29	3o4+3-4-	2+3-2+2+			23+	15			15	0.8	
30	4o3+3-4o	3-2+3o4o			26o	18			18	1.0	
31	3o2o1+1+	2+1+2-1+			14+	7			7	0.4	
					Mean	12			12	0.63	

Preliminary ssc: none

Editor: Institut für Geophysik
Postfach 2341
D-3400 Göttingen (F.R. Germany)

Tab. A-3. Valores da atividade geomagnética (K_p , A_p e C_p).
(Fonte: Institut für Geophysik, boletim mensal).



1983 JUL

1	2+20101+2-1+201+130	6	0.3
2	102-1+1+2+3-3+3-16+	9	0.5
3	3-2-202+1+203-2+170	8	0.5
4	2-2-1+102+3-302016-	8	0.4
5	2-10102+2-2+1010120	6	0.3
6	2-202+5-3+3-2+3-22-	14	0.8
7	1+2-2-3+4-3-3-40210	14	0.8
8	202+3+2+2-2+2+3-190	10	0.6
9	304-1+3+202+3-3-210	12	0.7
10	2-202-1+1-1-101-10-	5	0.2
11	1-1-1-2-10101-20 8+	4	0.1
12	2-1-1+2+4-4-5-4-22-	16	0.9
13	5040403+301+102024-	19	1.0
14	1-202+2020202-1014-	6	0.3
15	1+2-1-1-10102-20100	5	0.2
16	3-3+204+4+304+4-28-	21	1.1
17	40404-4+4-4-404+32-	26	1.2
18	5-4030303+3+3-30270	20	1.0
19	3-202+2+2-302+2018+	9	0.5
20	2+2+3-1+101+2-2015-	7	0.4
21	1+2+2-202-202-2-14+	6	0.3
22	2+1010101-1-3-5-140	10	0.5
23	303+3+5-30305-40290	23	1.1
24	6-50404-6040403+36-	40	1.4
25	304-3-2+3-2+202-20+	12	0.7
26	2+202-20202-2-2015+	7	0.3
27	1+20203020203-3+18+	10	0.5
28	1+20202+203+3+3019+	11	0.6
29	304+3-4-2+3-2+2+23+	15	0.8
30	403+3-403-2+3040260	18	1.0
31	30201+1+2+1+2-1+14+	7	0.4
M		12	0.63

1983 AUG

1	1-2-201-1+1-1+2+11-	5	0.2
2	4+405+3+5+4-4+4-340	33	1.3
3	4-3-1+2+3+304+4-24+	17	0.9
4	202+1+10101-1+2-11+	5	0.2
5	1-0+0+000+0+1-1+ 40	2	0.0
6	10200+1-20202+2-120	6	0.3

Tab. A-4. Valores digitados da atividade geomagnética (K_p , A_p e C_p), referentes à Tabela A-3.



R9	Ant. No.	1st day	C9
765 576 666	19	025	6 5 554 222 221 ... 575 522 566 644 222 543
556 765 222	171		222 543 224 533 ... 787 555 566 666 443 765
224 666 543	83	F17	443 765 443 ... 576 663 222 67 664 225 661
565 544 445	2045	M16	225 662 222 73 666 654 444 666 555 267 765
516 678 766	46	A12	267 765 222 244 766 436 654 266 422 ... 7 765
777 677 655	47	M9	7 765 5 7 2 2 676 712 222 222 222 ... 236
665 667 765	48	15	236 247 243 465 455 4 ... 222 222 ... 222 44
555 566 764	49	12	222 44 222 45 25 65 222 56 222 452 64
675 566 544	2050	129	45 64 ... 573 66 222 226 463 66 245
444 555 222	51	A 25	66 245 64 ... 54 422 22 566 275 22 266
244 256 775	52	S21	22 266 422 25 57 534 22 65 57 7 455
222 222 552	53	O18	7 455 5 ... 26 52 5 65 ... 676 675 656 665
222 222 235	54	N14	656 665 62 224 524 554 22 666 2 5 655 64
543 222 222	2055	O11	655 64 ... 224 222 443 266 655 664 ... 42
244 455 776	19	17	422 222 222 522 222 242 556 545 576 222
567 654 676	84	F3	576 222 255 267 5 2 4 4 24 224 622 666 2 6
544 567 666	M1		666 2 6 662 422 5 2 455 22 551 645 776 667
675 422 455	2059	M28	776 667 777 267 624 445 222 225 222 ... 68 645
777 426 765	2060	A24	68 645 54 226 22 562 222 2 6 256 766 644
565 522 225	61	M21	766 644 222 42 266 522 254 22 57 266 4 2
544 224 554	62	J17	266 4 252 225 224 222 222 224 227 666 754
222 222 222	63	J14	666 754 222 222 45 224 764 42 22 224 255
222 222 224	64	A10	224 255 42 42 25 516 644 222 277 22 264
222 222 222	65	S6	22 264 424 222 65 258 777 642 222 5 2 575
222 222 222	66	O3	5 2 575 566 644 45 777 776 654 222 6 255
222 222 226	67	O30	6 255 245 525 522 478 655 554 222 22 264
222 222 222	68	M26	22 264 656 555 22 546 666 642 42 4 2 646
222 222 222	2069	O23	4 2 646 656 644 222 57 655 422 222 22 266
422 222 222	19	119	22 266 222 764 442 2 5756 564 224 22 222
222 222 222	85	F15	22 222 222 57 574 542 765 6 22 42 222
222 222 222	M14		42 222 222 224 222 545 4 224 22 222
222 222 222	2073	A10	22 222 222 578 224 566 747 26 222 222 222
222 222 222	74	M7	222 222 224 222 222 222 222 222 222 222 222
224 222 222	75	J3	222 664 562 222 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22
225 222 222	76	J30	24 64 554 222 754 2 5 222 22 224 42 265
222 222 222	77	J27	42 265 222 222 222 222 222 222 222 222 222
222 222 222	78	A23	42 5 444 426 222 222 222 222 222 222 222 222
222 222 222	79	S19	665 224 554 222 222 222 222 222 222 222 222
225 222 222	2080	O15	44 4 4 422 222 222 222 222 222 222 222 222
222 222 222	81	M12	64 424 44 222 222 222 222 222 222 222 222 222
224 222 222	82	O9	42 262 222 273 222 222 222 222 222 222 222
222 222 222	19	J5	56 242 222 222 222 222 222 222 222 222 222
244 222 222	86	F1	222 222 782 255 45 224 246 665 565 6
	F28		54 423 776 ... 253 4 2 2
	M27		preliminary
	87	A23	

Symbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
\bar{R}	0	1-15	16-30	31-45	46-60	61-80	81-100	101-130	131-170	171...			
R9, C9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Cp	0	01-02	03	04-05	06	07	08	09	10-11	12-14	15-18	19	20-25

DAILY GEOMAGNETIC
CHARACTER FIGURES C9 AND
3-DAY MEAN SUNSPOT NUMBERS R9
(after Bartels)

Editors: Institut für Geophysik, Postfach 2241, D-3400 Göttingen, F.R. Germany

Tab. A-5. Valores da atividade geomagnética (C₉).
(Fonte: Institut für Geophysik, boletim mensal).



1983

J21 322543324533127977555566666
F17 443765441122576663212167664
M16 33566322373066665444666552
A12 367765323344766436654366423
M 9 127765527313676732311233210
J 5 131356347342465455411323311
J 2 222144331045115652212563123
J29 452164101573116623010236465
A25 661245641100154433321566375
S21 330266432035572534121065537
O18 721455510026525651003676675
N14 656665621034524554201466305
D11 655641112103343443266655664

1984

J 7 100431210121523311242556545
F 3 574222255367512414424224623
M 1 666206663423512455302553645
M28 776667777367624445212235311
A24 168645254336301562323216356
M21 766644222421366533354311057
J17 366401353235334333332324337
J14 666754322232145324764421044
A10 234255431420025526654333377
S 6 313364434221065358777643313
O 3 512575566644450777776654222
O30 116355345535522478655554323
N26 211364656555212546266642142
D23 411646656644211157655422221

1985

J19 113361213764443205756564334
F15 213023222531574542765602120
M14 143232111111224122545411246
A10 331121210578334566747261223
M 7 222113324322212111221100151
J 3 011664563210102004111135354
J30 240164554223754215322113334
J27 431365311000112167332233336
A23 425444436100002233321165631
S19 665324554111013377641143525
O16 445414432200030146643411452
N12 064434440120011526744232110
D 9 143263212373111212361756521

Tab. A-6. Valores digitados da atividade geomagnética (C_p),
correspondentes à Tabela A-5.



SUNSPOT INDEX DATA CENTRE - BRUSSELS
1983 - R_i DEFINITIVE SUNSPOT NUMBERS

1983	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	60	103	109	53	114	61	62	131	46	29	17	26
2	65	85	93	70	104	72	59	128	56	51	22	23
3	55	88	86	61	94	73	61	105	59	63	37	15
4	63	94	93	53	85	68	87	103	69	74	51	14
5	82	82	113	36	95	77	80	79	84	65	66	17
6	103	71	88	49	88	85	79	49	78	75	74	39
7	109	72	77	64	92	104	79	60	72	87	84	41
8	126	63	68	59	98	100	82	70	68	99	90	48
9	100	39	74	59	110	100	69	69	74	106	70	71
10	83	26	55	64	114	86	59	63	70	121	68	82
11	90	21	49	69	101	73	68	88	65	136	56	76
12	77	18	32	65	114	66	86	103	41	122	43	66
13	89	11	12	64	132	72	85	104	36	100	36	66
14	92	10	24	64	125	88	88	97	36	80	29	52
15	77	24	44	53	130	92	92	93	42	72	28	50
16	89	17	63	54	99	84	93	80	33	61	38	35
17	102	22	74	63	93	79	96	72	35	60	31	46
18	86	32	88	75	99	78	98	71	45	63	36	36
19	93	33	82	110	88	103	96	54	40	46	26	31
20	81	32	82	90	105	117	101	40	32	26	12	25
21	74	39	87	87	110	117	109	52	36	18	18	21
22	73	33	70	83	104	136	114	50	38	22	0	15
23	59	40	66	91	102	143	95	51	42	22	0	20
24	58	50	60	92	111	122	105	35	46	20	0	22
25	75	67	48	123	98	122	85	52	42	18	0	21
26	77	70	70	118	100	110	58	53	50	20	7	23
27	75	88	72	126	85	92	49	51	51	12	10	12
28	89	98	48	146	68	83	40	55	48	15	12	10
29	99		44	142	88	68	73	63	43	16	19	11
30	101		54	137	68	63	89	59	33	15	21	13
31	110		37		60		110	45		16		9
MEAN	84.3	51.0	66.5	80.7	99.2	91.1	82.2	71.8	50.3	55.8	33.3	33.4

1983 YEARLY MEAN : 66.6

A.KOECHELENBERGH, 1984 February

Reproduction permitted if the source is mentioned.

Tab. A-7. Valores do número de manchas solares R_i (Fonte: Sunspot Index Data Center, do Royal Observatory, boletim trimestral).



1983	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	60	103	109	53	114	61	62	131	46	29	17	26
2	65	85	93	70	104	72	59	128	56	51	22	23
3	55	88	86	61	94	73	61	105	59	63	37	15
4	63	94	93	53	85	68	87	103	69	74	51	14
5	82	82	113	36	95	77	80	79	84	65	66	17
6	103	71	88	49	88	85	79	49	78	75	74	39
7	109	72	77	64	92	104	79	60	72	87	84	41
8	126	63	68	59	98	100	82	70	68	99	90	48
9	100	39	74	59	110	100	69	69	74	106	70	71
10	83	26	55	64	114	86	59	63	70	121	68	82
11	90	21	49	69	101	73	68	88	65	136	56	76
12	77	18	32	65	114	66	86	103	41	122	43	66
13	89	11	12	64	132	72	85	104	36	100	36	66
14	92	10	24	64	125	88	88	97	36	80	29	52
15	77	24	44	53	130	92	92	93	42	72	28	50
16	89	17	63	54	99	84	93	80	33	61	38	35
17	102	22	74	63	93	79	96	72	35	60	31	46
18	86	32	88	75	99	78	98	71	45	63	36	36
19	93	33	82	110	88	103	96	54	40	46	26	31
20	81	32	82	90	105	117	101	40	32	26	12	35
21	74	39	87	87	110	117	109	52	36	18	18	21
22	73	33	70	83	104	136	114	50	38	22	0	15
23	59	40	66	91	102	143	95	51	42	22	0	20
24	58	50	60	92	111	122	105	35	46	20	0	22
25	75	67	48	123	98	122	85	52	42	18	0	21
26	77	70	70	118	100	110	58	53	50	20	7	23
27	75	88	72	126	85	92	49	51	51	12	10	12
28	89	98	48	146	68	83	40	55	48	15	12	10
29	99		44	142	88	68	73	63	43	16	19	11
30	101		54	137	68	63	89	59	33	15	21	13
31	110		37		60		110	45		16		9
M	84.3	51.0	66.5	80.7	99.2	91.1	82.2	71.8	50.3	55.8	33.3	33.4
1984	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	10	110	74	103	109	48	33	14	45	7	16	19
2	16	82	78	94	89	44	36	17	50	8	14	22
3	17	67	66	88	69	45	61	19	61	11	11	19
4	18	61	54	81	52	34	80	25	58	11	14	19

Tab. A-8. Valores digitados do número de manchas solares R_i referentes à Tabela A-7.