

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
OBSERVATÓRIO DO VALONGO



**OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
DA ESTRELA VARIÁVEL DELTA SCUTI**

RUNDSTHEN VASQUES DE NADER
CLÁUDIO BASTOS PEREIRA
PEDRO PAULO DE ARAGÃO PEDROSO

ORIENTADOR: JOSÉ ADOLFO SNAJDAUF DE CAMPOS

RIO DE JANEIRO, 1985

O físico Leo Szilard certa vez declarou a seu amigo Hans Bethe que estava pensando em manter um diário:

- Não pretendo publicá-lo; vou apenas manter um registro dos fatos para que Deus possa manter-se informado.

- Você não acha que Deus já conhece os fatos? - perguntou Bethe.

- Sim - respondeu Szilard - Ele já conhece os fatos, mas Ele não conhece esta versão dos fatos.

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

Agradecemos às seguintes pessoas que, direta ou indiretamente, em maior ou menor grau, colaboraram na feitura deste trabalho:

Ao Professor Adolfo S. Campos, que nos orientou com paciência e dedicação.

Ao Professor Gilson Gomes Vieira por sua colaboração desinteressada na restauração da fonte de alimentação do motor de acompanhamento do telescópio coudé e nas modificações introduzidas no amplificador do fotômetro fotoelétrico.

Ao Professor Artur Braun Chaves, do Instituto de Física da UFRJ, pela cessão do registrador gráfico.

A Selma Junqueira pela gentileza do empréstimo de seus programas para plotagem dos gráficos.

A Vilma Madalena de Assis Souza pelo trabalho datilográfico e das tabelas.

E, por fim, a todos os nossos professores e amigos que nos orientaram e acompanharam ao longo de toda a nossa estada no Observatório do Valongo.

DEDICATÓRIA

Aos nossos pais.

ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO

2- ESTRELAS VARIÁVEIS

2.1- Definição

2.2- A Importância das Estrelas Variáveis

2.3- Nomenclatura das Estrelas Variáveis

2.4- Classificação das Estrelas Variáveis

2.5- Estrelas Variáveis Tipo " δ Scuti "

3- DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO

3.1- Telescópio

3.2- Fotômetro

3.3- Dados Técnicos

4- PREPARAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES

4.1- A Fotometria Diferencial

4.2- Seleção da Estrela Variável

4.3- Identificação do Campo da Estrela Variável

4.4- Seleção da Estrela de Comparação

4.5- Qualidade do Céu

4.6- Sequência das Medidas

4.7- Escolha do Diafragma

4.8- Programação de uma Noite de Observação

4.9- A Presença da Lua

5- AS OBSERVAÇÕES FOTOMÉTRICAS

5.1- Comentários Sobre as Noites de Observação

6- REDUÇÃO DOS DADOS OBSERVACIONAIS

6.1- Introdução

6.2- Dados da Fita

6.3- Cálculo da Magnitude

6.4- Cálculo da Deflexão Interpolada

6.5- Cálculo do Coeficiente de Extinção

6.6- Cálculo das Magnitudes Diferenciais Fora da Atmosfera

6.7- Cálculo do Dia Juliano

6.8- Cálculo do Dia Juliano Para o Instante da Observação

6.9- Cálculo da Obliquidade da Ecliptica

6.10- Cálculo das Coordenadas Retangulares do Sol

6.11- Cálculo da Correção Heliocêntrica

6.12- Cálculo da Fase

6.13- Cálculo do Período

6.14- Dados de Saída

7- RESULTADO DAS OBSERVAÇÕES

8- CONCLUSÕES

9- APÊNDICES

10- BIBLIOGRAFIA

1 - INTRODUÇÃO

É de grande importância, no estudo de estrelas variáveis, o estudo do comportamento de sua curva de luz. A partir desta podemos obter o intervalo de tempo no qual a estrela muda o seu brilho, assim como de quanto, em magnitudes, varia nesse intervalo de tempo.

Valendo-nos do aspecto variável da luz proveniente destas estrelas, podemos lançar mão da fotometria fotoelétrica para obtermos um certo número de informações, observando os limites operacionais do equipamento utilizado.

Os dados observacionais coletados por um fotômetro fotoelétrico e registrado em fita por meio de um registrador gráfico são reduzidos e construímos, a partir destes, uma curva de luz que melhor se ajusta a estes pontos.

Mesmo com um instrumento pequeno como o telescópio coudé (15cm), podemos obter bons resultados no céu do Rio de Janeiro.

No presente caso, as curvas de luz foram obtidas a partir de observações realizadas nas noites de 23-24/05/85, 24-25/05/85, 28-29/05/85, 13-14/06/85 e 20-21/06/85.

As curvas de luz obtidas são comparadas com observações anteriormente realizadas, encontradas na literatura (1), (2), (3), (4), (5).

O trabalho aqui apresentado segue o seguinte roteiro: no segundo capítulo são dados alguns esclarecimentos a respeito das variáveis, incluindo a estrela observada; no terceiro capítulo faz-se a descrição dos instrumentos utilizados, com alguns detalhes sobre o funcionamento dos mesmos, bem como os dados técnicos de cada um; no quarto capítulo são descritos os procedimentos observacionais, incluindo a técnica observacional utilizada, programação das noites de observação, seleção das estrelas variável e de comparação e tabelas; no quinto capítulo estão os comentários sobre as noites de observação, que incluem as condições do tempo, problemas surgidos com o equipamento, etc.; nos três últimos capítulos encontramos a redução dos dados observacionais, seus resultados e as conclusões.

2 ESTRELAS VARIÁVEIS

2.1 - Definição

A denominação *Estrelas Variáveis* é utilizada para designar estrelas que apresentam flutuações em brilho, periódicas ou não, devido a fenômenos físicos ou geométricos. Tradicionalmente a região de observação considerada é a ótica (6).

2.2 - A Importância das Estrelas Variáveis

Um dos aspectos mais importantes das estrelas variáveis está no fato de que algumas delas (as binárias eclipsantes) fornecem muitas informações a respeito de suas dimensões, massa, temperatura superficial, densidade, composição química, etc. Além disso, existem certas relações que fornecem parâmetros astrofísicos importantes como, por exemplo, a relação período/luminosidade para as Cefeidas.

Em um sistema binário as componentes estão muito próximas, e um disco de acreação de matéria pode ser formado (7). A ocorrência desse evento, juntamente com a obtenção dos parâmetros acima citados, podem nos levar a uma melhor compreensão a respeito da evolução das estrelas.

Outros tipos de estrelas variáveis, tais como supernovas, novas, cefeidas, variáveis vermelhas regulares e semi-regulares, variáveis do tipo Mira e outras, possuem alta luminosidade (7). Podemos observá-las não só na nossa Galáxia, mas também em outras, o que nos permite fazer comparações e análises dos vários tipos de variáveis existentes, bem como o estudo de suas peculiaridades nos fornece dados muito importantes para estudos da estrutura da Galáxia.

Por possuírem as características acima citadas, têm sido possível utilizar as estrelas variáveis como padrões de luminosidade para resolver problemas de distância, dimensões e estrutura da nossa e de outras galáxias.

2.3 Nomenclatura das Estrelas Variáveis

Embora algumas estrelas variáveis tenham nomes especiais (Mira, Algol, por exemplo), existe uma nomenclatura que nos permite designar todas as estrelas variáveis de uma maneira sistemática. Assim, a primeira variável descoberta em uma constelação é designada pela letra R seguida do genitivo do nome da constelação, ou sua abreviatura (por exemplo, R Andromedae ou R And). Para as variáveis seguintes usam-se as demais letras do alfabeto (S ... Z) e depois as letras dobradas (RR, RS ... RZ, SS ... SZ até ZZ). Esgotadas estas 54 combinações, a série continua com AA, AB ... AZ, ... BB ... BZ até QZ, omitindo-se a letra J (7). Desta forma, pode-se ter um total de 334 combinações para cada constelação. Caso necessário, a nomenclatura pode ser estendida usando-se V335, V336 ... (por exemplo, V335 Cyg). Existem exceções na sistemática acima: estrelas que já possuíam nomes comuns (letra grega + genitivo do nome da constelação) podem conservá-los: δ Cephei, σ Ceti (Mira), etc.

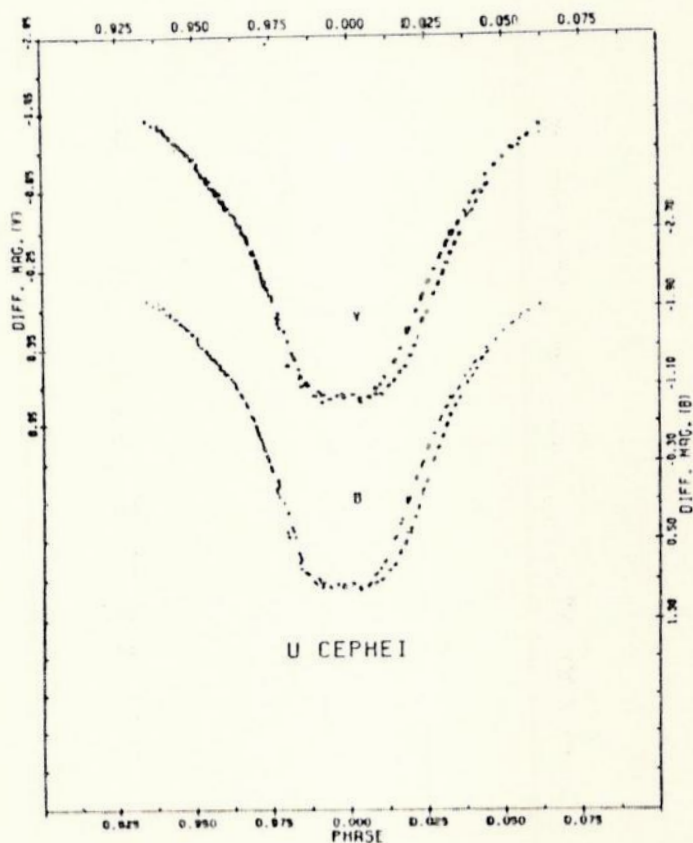
2.4 - Classificação das Estrelas Variáveis

Diversos sistemas de classificação das estrelas variáveis já foram propostos, baseando-se, essencialmente, nas propriedades morfológicas das curvas de luz. Estes sistemas são frequentemente modificados devido ao acúmulo de informações.

De uma maneira geral, pode-se dividir as estrelas variáveis em duas grandes classes: *Variáveis Extrínsecas* e *Variáveis Intrínsecas*.

As estrelas que variam de brilho devido a fenômenos geométricos são denominados *variáveis extrínsecas*. Tais variações podem ser creditadas a estrelas que façam parte de sistemas binários (binárias eclipsantes) ou múltiplos que, dependendo da sua configuração, fazem com que, periodicamente, a luz de uma das estrelas do sistema intercepte a luz proveniente da outra, provocando sua ocultação, parcial ou total. Na Figura (1) vemos a curva de luz de U Cephei (8).

FIGURA 1



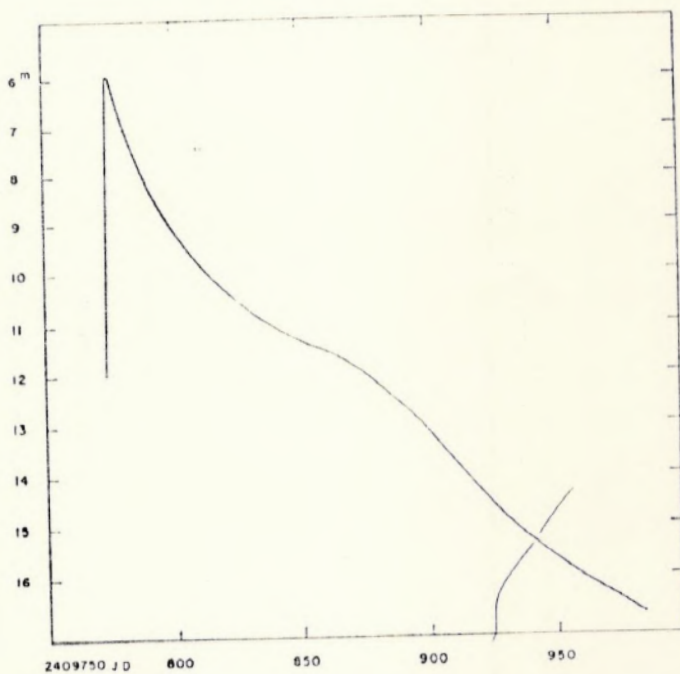
As estrelas cuja variabilidade é devida a fatores físicos são chamadas de *variáveis intrínsecas*. Estas, por sua vez, se subdividem em *eruptivas* e *pulsantes*, e é nesta última subclasse que se inclui δ Scuti (9).

Apesar de podermos separar as variáveis intrínsecas em duas subclasse, a fronteira entre elas não é bem definida. Muitas das estrelas ditas pulsantes não têm um período bem definido em suas pulsações, com suas variações indo de um período quase regular até um praticamente aleatório. Já em algumas variáveis eruptivas podemos encontrar períodos razoavelmente constantes entre suas

erupções (10). A subdivisão em pulsantes e eruptivas é utilizada apenas para diferenciar as propriedades físicas e dinâmicas envolvidas nos dois processos.

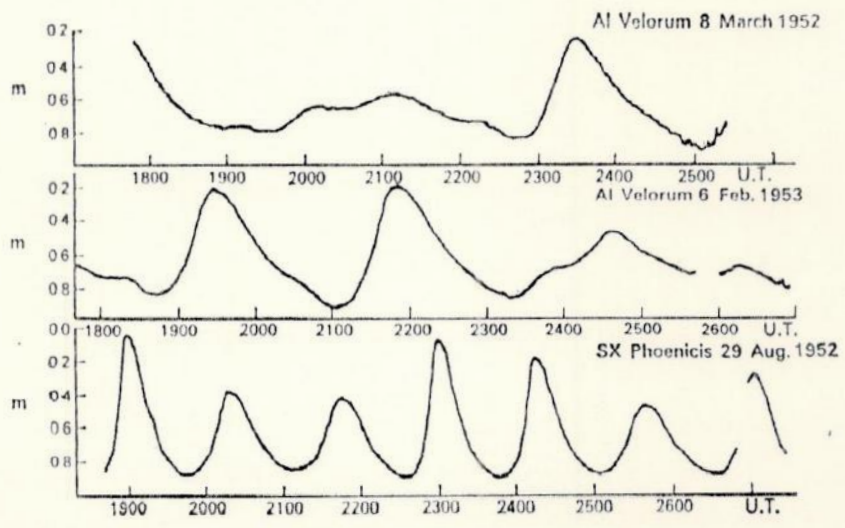
Nas variáveis eruptivas as variações em brilho estão associadas a processos explosivos. A curva de luz de alguns desses objetos é caracterizada por um pico seguido de um declínio, que pode ser rápido ou lento, dependendo do objeto. A Figura (2) mostra a curva de luz de S And (5).

FIGURA 2
=====



Quanto às variáveis pulsantes, podemos citar como causa da pulsação, fenômenos que ocorrem normalmente em suas camadas exteriores. A Figura (3) mostra curvas de luz de anãs cefeidas com períodos múltiplos (6).

FIGURA 3



2.5- Estrelas Variáveis do Tipo " δ Scuti "

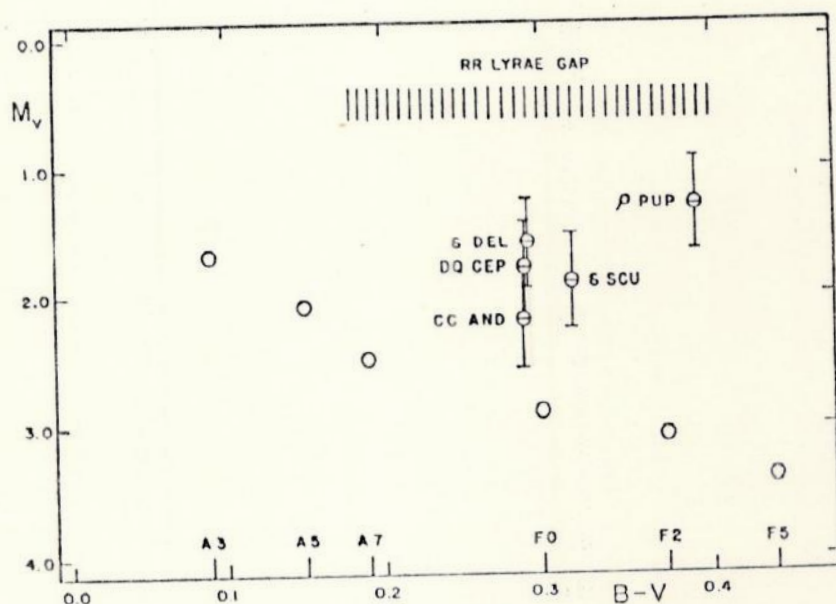
Dentre os vários tipos de variáveis pulsantes, existe uma classe de estrelas denominadas Anãs Cefeidas. A estrela δ Scuti pertence a essa classe.

As anãs cefeidas se subdividem em estrelas tipo " δ Scuti " e tipo " AI Velorum ".

A diferença fundamental entre estas duas subclasses está , provavelmente, na diferença de massa entre estas estrelas (11,12). As estrelas δ Scuti têm massa média em torno de $2M_{\odot}$ e as AI Velorum em torno de $0,5M_{\odot}$. (13).

A Figura (4) nos mostra a região do diagrama HR onde localizam-se as estrelas tipo δ Scuti. O comprimento das linhas verticais, centradas nas estrelas, são duas vezes os erros prováveis das magnitudes absolutas determinadas fotometricamente. Os círculos mostram as estrelas da seqüência principal. A localização da falha RR Lirae é baseada na consideração de que essas estrelas têm magnitude absoluta igual a $+0,5 M_V$ (9).

FIGURA 4
=====



Outra diferença fundamental está na curva de luz. As amplitudes para as estrelas δ Scuti não excedem mais que 0,3 magnitudes, enquanto que para as AI Velorum estão entre 0,3 e 0,8 magnitudes (6). A estrela δ Scuti tem uma variação de 0,18 magnitude

(4,98 - 5,26) (2) e um período de 0,19377 dia ($4^{\text{h}}39^{\text{m}}$)(2); é a estrela que dá nome a classe e tem o maior período da mesma, embora tanto a amplitude quanto o período pareçam oscilar (5).

As Tabelas (1) e (2) comparam essas duas classes de anãs cefeidas:

Tabela 1

Estrelas δ Scuti

Estrela	Δm	P(Dias)	Tipo Espectral	B-V	M _v	M/M _☉
δ Sct	4,9 - 5,2	0,193	F2 III	0,32	1,1	2,0
ρ Pup	2,68-2,78	0,141	F6 III	0,39	0,7	2,1
δ Del	4,5 - 4,56	0,135	A7 III	0,29	1,3	1,9

Tabela 2

Estrelas AI Velorum

Estrela	Δm	P(Dias)	Tipo Espectral	B-V	M _v	M/M _☉
AI Vel	6,4 - 7,13	0,112	F2 IV	0,3	4,2	0,4
SX Phe	6,7 - 7,5	0,055	F0 VI	0,3	3,8	0,5

A Tabela (3) mostra todas as classes de estrelas variáveis, juntamente com seus períodos, variação em magnitude e tipo espectral. (6).

Tabela 3

Classificação das Estrelas Variáveis

	CLASSE	DESIGNAÇÃO, PROTÓTIPOS	PERÍODO (DIAS)	AMPLITUDE	TIPO ES PECTRAL
PULSANTES PERIÓDICAS	C	CEFEIDAS I = Cefeidas clássicas (δ Cepheu)	1,5 - 80	$0^m, 1-0^m, 2$	F-K
	CW	CEFEIDAS = Estrelas W Virginis	1,0 - 50		
	RRa	RR LYRAE Estrelas RR Lyrae	0,5	0,5 - 1,5	A
	RRc	SX UMa Estrelas Mira	0,3		
	M	(ν Cet=Mira)	80 - 1000	2,5 - 8,0	M,N
	RVa	AC Her Estrelas RV Tauri	30 - 150	0,5 - 3	G,M
	RVb	RV Tau			
	C	Estrelas β Canis Majoris	0,1 - 0,3	0,1	9B2
	Sc	Estrelas δ Scuti Anãs Cefeidas	0,6	0,2	F
	CV	Estrelas α Canum Vanaticorum Estrelas variáveis magnéticas	1,0 - 25	0,1	Ap
SEMI REGULARES	SRa	Z Aqr			
	SRb	AF Cyg	30 - 1000	1,0 - 2,0	M
	SRc	μ Cet (Supergigantes)			
	SRd	S Vul	30 - 1000	1,0 - 2,0	F-K
	Ia	B0 Cep tipo Espec- tral "Primitivo"	50 - 300		A,F
IRREGULARES	Ib	C0 Cyg		Várias	
	Ic	μ Cet	80 - 200		K,M
	Supernovas	CM Tau = Nebulosa do Caranguejo			
ERUPTIVAS	Na	Nova rápida GK Per		20	
	Nb	Nova lenta RR Pic		7 - 16	

Tabela 3 (cont.)

Classificação das Estrelas Variáveis

	CLASSE	DESIGNAÇÃO, PROTÓTIPOS	PERÍODO (DIAS)	AMPLITUDE	TIPO ESPECTRAL
ERUPTIVAS	Nc	Nova muito lenta RT Ser			
	Nd	Novas recorrentes T CrB	10 - 80	4,0 - 8,0	dF, dG
	Ne	Estrelas tipo nova P Cyg	Classe	Bastante	Heterog.
	UG	Estrelas U Geninorum	20 - 600	2,0 - 6,0	dG
	Z	Estrelas Z Camelopardalis	10 - 40	2,0 - 5,0	dG
NEBULARES	RCB	Estrelas R Coronae Borealis	10 - 300	1,0 - 9,0	F-R
	RW	Estrelas RW Aurigae	1 - 2	3	B-M
	T	Estrelas T Tauri			
SIMBIÓTICAS	UV	Estrelas flare UV Ceti	10 min	1,0 - 6,0	dMe
		Combinação de espectros estelares Z And, AG Peg duplas espectroscópicas componente quente e fria	700	2,0 - 4,0	gM+Ae
ECLIPSANTES	EA	ALGOL - Estrelas β Perseu	$0,2 - 6^a$	0,0 - 4,0	A-G
	EB	Estrelas β Lyrae	1 - 10	0 - 2	B-F
	EW	Estrelas W Ursae Majoris	0,2 - 1,0	0,0 - 0,8	F-K

3 - DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO

3.1 - Telescópio

O telescópio utilizado nas observações foi o refrator Coudé com abertura de 150 mm e distância focal de 2250 mm do Observatório do Valongo. O instrumento está equipado com uma objetiva AS semi-cromática de 150 mm e razão de abertura 1:15. A inconveniência na utilização de sistemas refratores é que estes são deficientes em certos comprimentos de onda porque transmitem, parcialmente, radiação ultravioleta.

3.2 - Fotômetro

A finalidade do fotômetro fotoelétrico é medir, dentro de certas faixas espectrais, o iluminamento (fluxo recebido por unidade de área) produzido por fontes, astronômicas ou não.

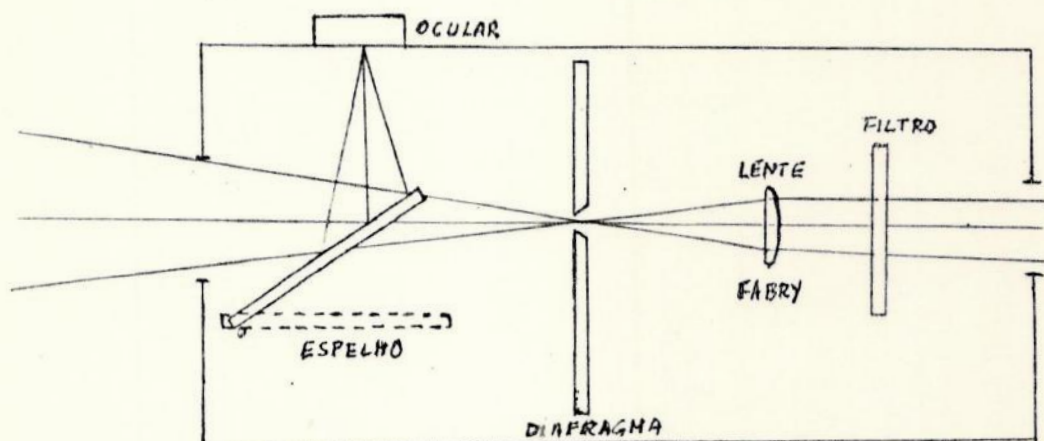
A parte fundamental do fotômetro é a fotomultiplicadora, que transforma em corrente elétrica a radiação luminosa incidente e amplifica esta corrente em cerca de 10^6 vezes.

A fotomultiplicadora está alojada em um envoltório rígido, que tem por finalidade protegê-la de campos magnéticos e elétricos, sendo este também opaco a qualquer radiação que não incida em sua janela; a este envoltório chamamos de *casa da fotomultiplicadora*.

No caso da fotometria astronômica, a "casa" precisa de um acoplador que a conecte ao telescópio. Este acoplador é constituído de uma ocular, uma roda de diafragmas para isolar o objeto a ser observado, uma roda de filtros para selecionar a faixa espectral desejada, uma lente de campo, chamada *lente de Fabry*, que faz com que os raios luminosos provenientes da fonte luminosa observada incidam paralelamente sobre o cátodo da fotomultiplicadora e, finalmente, um espelho acoplador que permite o posicionamento do objeto observado no centro da ocular.

A Figura (5) nos mostra um diagrama esquemático do acoplador.

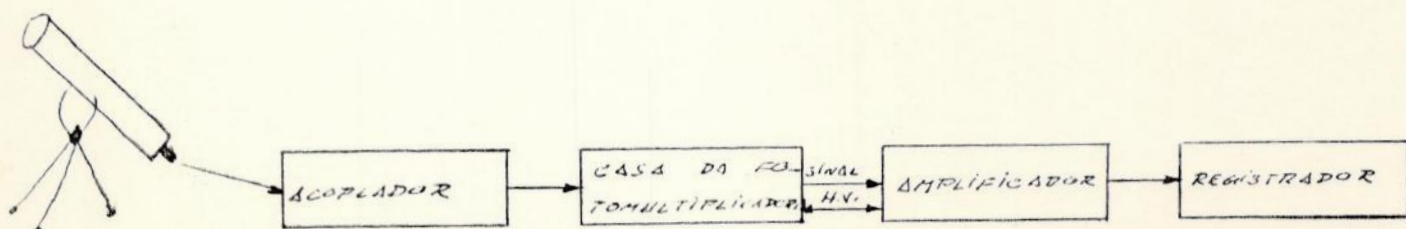
FIGURA 5



A amplificação alcançada pela fotomultiplicadora não é suficiente para que a corrente possa ser medida com sensibilidade. Assim sendo, a corrente que sai da "casa" deve ser enviada a um amplificador e só depois, então, conduzida deste para os aparelhos registradores. Para registrar os dados podemos utilizar um registrador gráfico, uma impressora digital (que tem a vantagem sobre o primeiro, de reduzir o tempo de leitura dos resultados e a margem de erros acidentais na leitura), ou um microcomputador, que coletaria os dados e os reduziria automaticamente, armazenando em disco tanto os dados coletados como a redução, com a vantagem de poderem ser consultados a qualquer momento que se deseje, quase instantaneamente. O equipamento por nós utilizado foi o registrador gráfico, já que o Observatório do Valongo não dispõe, no momento, dos outros dois tipos de registradores citados.

O Esquema (1) mostra as partes constituintes do fotômetro fotoelétrico por nós utilizados.

ESQUEMA 1



3.3 - Dados Técnicos

Para facilitar a compreensão dos métodos observacionais utilizados nas medidas feitas, descreveremos, a seguir, as características do fotômetro e do registrador gráfico utilizados em nossas observações.

I - Acoplador: Pacific Photometric Instruments (PPI), modelo 401.

a) Ocular - distância focal: 16,3 mm

b) Retículo da ocular - iluminado; 4 círculos concêntricos.

c) Disco de diafragmas - 8 aberturas:

I - d = 3,9878 mm

V - d = 1,0160 mm

II - d = 2,7940 mm

VI - d = 0,7112 mm

III - d = 1,8542 mm

VII - d = 0,5080 mm

IV - d = 1,3208 mm

VIII - d = 0,3429 mm

d) Disco de filtros - 4 posições: claro, U, B, e V.

e) Lente de Fabry - diâmetro: 8 mm

distância focal: 72 mm

Nota: Os círculos concêntricos do retículo iluminado representam os números ímpares do disco de diafragma .

II - Casa da Fotomultiplicadora: PPI modelo 50.

III- Fotomultiplicadora: RCA1P21 ou RCA1P28

a) Resposta espectral - S-4 (1P21) ou S-5 (1P28)

b) Número de dinodos - 9

c) Sensibilidade do cátodo - 4×10^{-5} A/lm

d) Eficiência quântica do cátodo - 13% em 3800 Å

e) Ganho - 3×10^{-6}

f) Sensibilidade do anodo - 120 A/lm

g) Corrente de escuro - 1×10^{-9} A

h) EADCI - 5×10^{-11} lm

i) ENI - $6,7 \times 10^{-13}$ lm

j) Tempo de surgimento do pulso no anodo - $1,6 \times 10^{-9}$ s

k) Tempo de trânsito - $1,6 \times 10^{-8}$ s

IV - Amplificador : PPI Modelo 110 μ

- a) Corrente de entrada - 110 μ A até 100 pA em 11 faixas.
- b) Resolução - 1 pA
- c) Previsão de medida - no medidor : 1% (2% nas duas últimas faixas mais sensíveis); na saída de 1 V:), 2% / (1% nas duas últimas faixas mais sensíveis).
- d) Cancelamento da corrente de escuro - 6 posições :
 - 1 μ A
 - 100 nA
 - 10 nA
 - 1 nA
 - 100 pA
 - OPEN
- e) Sensibilidade - expansão de três vezes em todas as escalas, menos nas duas últimas.
- f) Polaridade - bipolar
- g) Tempo de surgimento

TABELA A

FAIXA (A)	TEMPO DE SURGIMENTO (10-90%)
10 ⁻⁵	15 μ s
10 ⁻⁶	150 μ s
10 ⁻⁷	15 ms
10 ⁻⁸	15 ms
10 ⁻⁹	150 ms
10 ⁻¹⁰	700 ms

- h) Desvio da voltagem com a temperatura - 5 mV/ $^{\circ}$ C.
- i) Desvio da voltagem com o tempo - 2,5mV/dia na escala mais sensível
- j) Desvio da corrente com o tempo - duplica a cada 10 $^{\circ}$ C
- k) Ruído - 3mV na saída de 1 V.
- l) Saídas - 1 V a 1mA

m) Escalas do medidor - 3 escalas:

- 0 - 100, em 100 divisões
- 0 - 30, em 60 divisões
- 0 - 2, em densidade ótica

V - Fonte de Alta Tensão: acoplada ao amplificador PPI Modelo 110

- a) Faixa - variável de -50 a -2000 V, em 4 faixas
- b) Corrente - 6 mA (máxima)
- c) Ripple - 5 mV
- d) Regulação - 0,004% sem carga, com carga, entre 105 e 125 V
- e) Alimentação - 115/230 VAC
 - 50/60 Hz
 - 60 W

VI - Registrador Gráfico: Equipamentos Científicos Brasileiros (ECB), modelo RB 101

- a) Número de canais - 1
- b) Largura do registro - 250 mm
- c) Sistema de registro - servomotor de corrente alternada
- d) Tempo de resposta - menor que 1s/deflexão total
- e) Faixas de medição - multifaixa para CC (1,2,5,10,20,50,100, 200 e 500 mV; 1 e 2 V
- f) Precisão do divisor - $\pm 0,1\%$
- g) Linearidade - $\pm 0,1\%$
- h) Sensibilidade - $\pm 0,1\%$ da faixa selecionada
- i) "Overshoot" - menor que 0,1%
- j) Ajuste do "zero" - 100% da faixa selecionada
- k) Expansão da faixa - até 50%, não calibrada
- l) Impedância de entrada - potenciométrica até 500 mV; $1m\Omega$ constante para 1 e 2V
- m) Entrada - protegida e flutuante em relação à Terra
- n) Impedância da fonte - até 20 $k\Omega$ sem alteração das características nas faixas de maior sensibilidade
- o) Velocidade de arraste do papel - 24 velocidades: 1,2,3,4, 5,6,10,12,15,20,30 e 60 cm/min e cm/h
- p) Precisão do arraste do papel - frequência da rede
- q) Alimentação - 110V $\pm 10\%$, 60 Hz
- r) Consumo - 26 VA máximo

As referências deste Capítulo são tiradas de (14).

4 - PREPARAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES

4.1 - A Fotometria Diferencial

A técnica observacional utilizada no presente trabalho para a obtenção dos dados fotométricos da estrela observada foi a da *fotometria diferencial*. Tal técnica, além de nos possibilitar obter resultados mais precisos, é também mais tolerante quanto a qualidade do céu ao longo da noite de observação, qualidade essencial no caso do céu do Rio de Janeiro.

A fotometria diferencial baseia-se na determinação da variação de brilho de uma estrela através de uma diferença, em magnitude, entre uma estrela variável e uma estrela de comparação, estando ambas próximas no céu.

As maiores vantagens em empregar esta técnica são:

- 1 - pode-se trabalhar em uma noite que fica aberta somente durante um espaço de tempo relativamente curto;
- 2 - se a estrela variável e a estrela de comparação estiverem muito próximas no céu, a extinção atmosférica afetará as duas da mesma forma. Desse modo, apenas uma pequena correção será necessária para corrigir a extinção atmosférica diferencial.
- 3 - se a estrela variável e a estrela de comparação têm, aproximadamente, a mesma cor, a diferença entre a resposta espectral delas no sistema instrumental e a diferença no sistema padrão será, praticamente, a mesma. Sendo assim, será necessário apenas introduzir pequenas correções para converter as medidas à forma diferencial;
- 4 - se a estrela variável e a estrela de comparação têm aproximadamente, a mesma magnitude, podem ser medidas com o mesmo ganho do amplificador. Assim procedendo, podemos eliminar possíveis imprecisões na determinação da calibração entre resistores, o que ocasionam ganhos diferentes ou na variação que estes possam vir a sofrer devido a mudanças na temperatura;

5 - se o tempo decorrido entre as medidas das duas estrelas for pequeno (cerca de uns dois ou três minutos), o ponto zero do sistema fotométrico terá menos chance de variar significativamente. Mesmo havendo uma pequena variação, esta não será considerada, já que tomamos o brilho médio da estrela de comparação, pois as medidas da estrela variável são feitas entre as medidas da estrela de comparação.

As magnitudes individuais determinadas através da fotometria absoluta dificilmente são mais precisas que 0,01, 0,02 ou 0,03 magnitude, mesmo quando obtidas sob as melhores condições atmosféricas e por experimentados observadores. Já no nosso caso (a fotometria diferencial) as magnitudes obtidas são, normalmente, de uma precisão de $\pm 0,01$ magnitude e, mesmo para pequenos telescópios e sob condições observacionais adversas, pode-se atingir uma precisão de até $\pm 0,007$ magnitude (15).

4.2 - Seleção da Estrela Variável

A seleção da estrela variável a ser observada foi feita consultando-se o General Catalogue of Variable Stars (7). Após escolhidas as estrelas que se encaixavam nas características previamente estabelecidas (ascensão reta, declinação, período, magnitude, variação de magnitude, etc), fez-se uma listagem dessas estrelas e de suas características, a fim de se ter uma visão geral dos objetos a disposição, e quais os que apresentariam melhores condições para a época. A listagem desses objetos pode ser vista na tabela (4).

No critério de seleção utilizado, um dos itens de maior importância foi o limite instrumental do equipamento disponível no Observatório do Valongo; considerou-se, também, as condições atmosféricas da Cidade do Rio de Janeiro.

O critério de seleção obedeceu aos seguintes itens:

- 1º - magnitude mínima da variável igual ou inferior a 8,0 ($m \leq 8,0$)
- 2º - variação em magnitude igual ou superior a $0,1^m$ ($\Delta m \geq 0,1$)
- 3º - período igual ou inferior a 0,3 dia ($p \leq 7^h 12^m$)
- 4º - declinação no intervalo compreendido entre

Tabela 4

Lista de estrelas variáveis com período de 0,3 dia visíveis da latitude do Rio de Janeiro com o fotômetro fotoelétrico do Observatório do Valongo ($m < 8,2 : \Delta m > 0,1m$)

OBJETO	$\alpha(1900.0)$	$\delta(1900.0)$	TIPO	VARIAÇÃO DL MAGNITUDE	PERÍODO (DIA)	TIPO ESPEC- TRAL	c. 0 ^h
v Eri	04h31m19s	-03 ^o 33'24"	β CMa	3.4 - 3.5	0,17790414	B2 III	01/12
VZ Cnc	08h35m27s	+10 ^o 10'48"	RRs	7.2 - 7.9	0,17836376	A7III-F2III	30/1
RS Gru	21h39m48s	-48 ^o 27'	C1Var	7.6 - 8.2	0,1470	A5	16/08
V474Mon	05h56m35s	-09 ^o 23'	δ Sct	6.0 - 6.36	0,1352	F2	21/12
AI Vel	08h10m47s	-44 ^o 16'18"	RRs	6.4 - 7.1	0,11157396	A2p - F2p	28/1
ρ Pup	08h03m17s	-24 ^o 00'04"	δ Sct	2.68-2.78	0,14088143	F6p	22/1
β CMa	06h18m18s	-17 ^o 54'24"	β CMa	1.9 - 2.0	0,25002246	BIII-III	25/12
δ Cet	02h34m21s	-00 ^o 06'12"	β CMa	3.8 - 3.9	0,1611366	B2 IV	2/11
ϵ CrA	18h51m58s	-37 ^o 14'18"	W Uma	4.7 - 4.9	0,2957	F2V	08/07
SX Phe	23h43m54s	-41 ^o 51'30"	RRs	7.1 - 7.4	0,055	A2	18/9

$$90^{\circ} + \phi > \delta > -90^{\circ}$$

(1)

onde ϕ é a latitude do lugar.

Nos itens (10) e (20) os valores limites para m e Δm , respectivamente, são limitados pela sensibilidade da célula fotoelétrica (anodo) e pela abertura do telescópio utilizado.

No item (30) estabeleceu-se o limite do período de variabilidade da estrela a ser observada como sendo menor que 0,3 dia, por desejarmos obter pelo menos um período completo em cada noite de observação, dessa forma não ficaríamos na dependência de termos condições favoráveis na noite seguinte para completar uma curva de luz não terminada.

Outro fator que influenciou na escolha deste período foi a duração da noite astronômica para a nossa latitude na época da observação, que é das mais longas nas datas por nós utilizadas. Os procedimentos seguidos para chegarmos aos valores da duração, começo, meio e fim da noite astronômica serão apresentados mais adiante.

No item (40) é evidente que, para ser visto, o objeto precisa estar acima do horizonte. Para ser visível da latitude do Observatório do Valongo ($\phi = -22^{\circ}53'44",66$), uma estrela de declinação precisa obedecer os seguintes limites:

$$+ 67^{\circ}06'15" > \delta > -90^{\circ}$$

Todas as estrelas que se encontram na tabela (4) preenchem os critérios de seleção acima estabelecidos.

Nosso próximo passo é descobrir, entre as estrelas selecionadas, quais poderão ser observadas. Para tal precisamos saber, primeiramente, quando culminam cada uma dessas estrelas e quais delas estão culminando na época escolhida para a observação (maio/junho de 1985). No instante da culminação, a ascensão reta da estrela é igual ao tempo sideral local (TSL). Dessa forma, se quisermos saber em que época do ano uma estrela culmina no meridiano superior do lugar à meia noite legal (0^h TL), basta determinarmos em que época

$$TSL = \alpha_* , \bar{a} 0^h TL$$

(2)

A tabela (5) nos dá o tempo sideral (aproximado) $\bar{a} 0^h TL$ para qualquer local, \bar{a} qualquer época do ano, em intervalos de 10 dias.

Tabela 5

Tempo Sideral Aproximado \bar{a} Meia Noite

Jan. 1	6 ^h 40 ^m	Mai. 11	15 ^h 16 ^m	Set. 18	23 ^h 48 ^m
11	7 20	21	15 56	28	0 24
21	8 00	31	16 36	Out. 8	1 04
31	8 36	Jun. 10	17 16	18	1 44
Fev. 10	9 16	20	17 56	28	2 24
20	9 56	30	18 32	Nov. 7	3 04
Mar. 2	10 32	Jul. 10	19 12	17	3 44
12	11 12	20	19 52	27	4 20
22	12 00	30	20 32	Dez. 7	5 00
Abr. 1	12 40	Ago. 9	21 12	17	5 40
11	13 20	19	21 52	27	6 20
21	14 00	29	22 28	Jan. 6	7 00
Mai. 1	14 36	Set. 8	23 08		

Na tabela (4) também pode-se encontrar a data da culminação das estrelas selecionadas (coluna C 0^h).

Para obtermos o tempo legal do nascer (TL_n) e ocaso (TL_o) das estrelas calculamos, primeiramente, o ângulo horário (H) através de

$$\cos H = \frac{\sin a - \sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} \quad (3)$$

onde:

- a - altura da estrela
- ϕ - latitude do local
- δ - declinação da estrela

No nosso caso, consideramos $a = 30^\circ$, pois a partir dessa altura os efeitos atmosféricos começam a ter uma influência menor

que abaixo desse limite.

De posse de H, calculamos o tempo sideral local para o nascer (TSL_n) e ocaso (TSL_o) por meio de

$$TSL_n = -H + \alpha \quad (4)$$

$$TSL_o = +H + \alpha \quad (5)$$

onde α é a ascensão reta da estrela.

E assim, finalmente, temos:

$$TL_n = \frac{TSL_n - TSG_o + \lambda - F}{c} \quad (6)$$

$$TL_o = \frac{TSL_o - TSG_o + \lambda - F}{c} \quad (7)$$

onde:

TSG_o - tempo sideral de Greenwich às 0^h TU para o instante da observação

λ - longitude do local

F - fuso do local

c - constante (= 1,002737909)

Nas fórmulas (6) e (7), se $TSL - TSG_o + \lambda \geq 24^h$ deveremos subtrair 24^h antes de efetuarmos a divisão por c.

As coordenadas para o Observatório do Valongo são:

$$\phi = -22^{\circ}53'52''.05$$

$$\lambda = 2^h52^m44^s,69$$

$$F = -3^h$$

Ao observarmos a tabela de Tempo Sideral à 0^h TU, vemos que a estrela que melhor se coloca para observação na época do ano escolhida para as observações é δ Scuti, tendo sido, por isso, a estrela escolhida para a observação.

4.3 - Identificação do Campo da Estrela Variável

O próximo passo a ser seguido para a observação da estrela variável é o da identificação do campo onde esta se encontra.

Para a observação de qualquer astro (com excessão da Lua e do Sol) torna-se necessário confeccionar mapas das regiões a serem observadas, a fim de podermos identificar se o objeto escolhido para o estudo encontra-se no campo da ocular, pois os telescópios, por mais precisos que sejam, não permitem calar estrelas com a máxima precisão, havendo, portanto, uma margem de erro.

Para a confecção de mapas estelares necessitamos, primeira mente, saber as dimensões do campo.

Outro fator a ser considerado é a magnitude limite. Devemos saber se a estrela não é tão débil a ponto de não poder ser "vista" pelo telescópio utilizado.

Conhecidas as dimensões do campo e a magnitude limite observável, vamos passar à confecção do mapa para a identificação do campo. Para tal devemos:

- 1 - Escolher, entre os atlas estelares disponíveis, aquele que tenha magnitude limite inferior à da estrela a ser observada. Essa magnitude deve ser próxima da magnitude limite do telescópio;
- 2 - Copiar do atlas escolhido uma área que seja o dobro do campo estelar visto pela ocular instalada no telescópio. Esse mapa deve ter a indicação dos pontos cardeais N, S, E, W;
- 3 - Fazer no mapa um círculo, centrado na estrela, com as dimensões do campo estelar visto pela ocular;
- 4 - Quando existirem dois, ou mais, atlas estelares que preencham as condições acima, devemos escolher o atlas que tiver a maior

ampliação para a mesma área. Os atlas estelares disponíveis no Observatório do Valongo encontram-se listados na Tabela(6).

Tabela 6

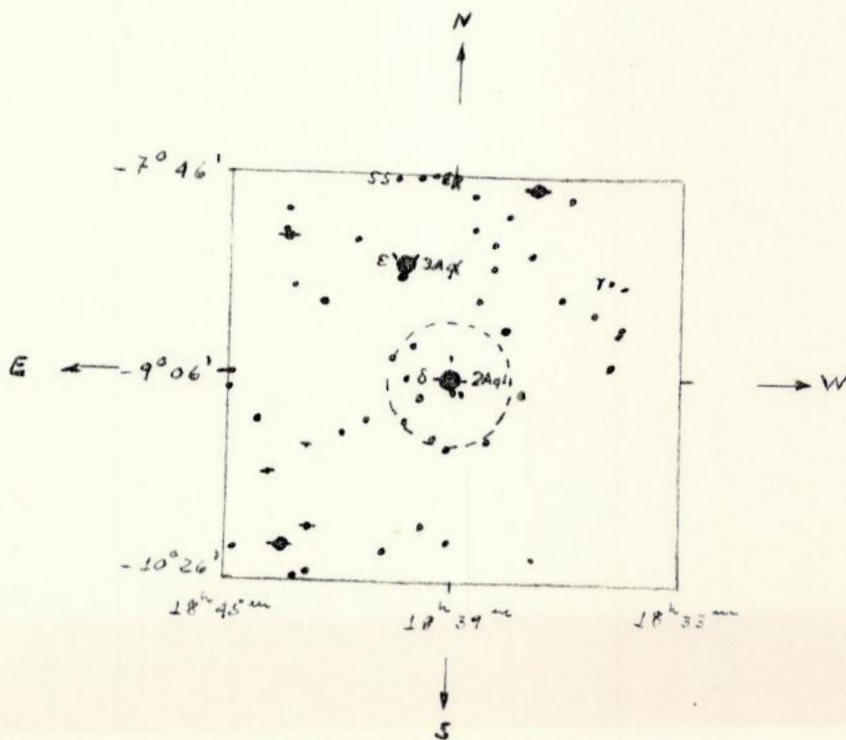
Nome do Atlas	M. Lim	Faixa	Escala	Época
1. Atlas Celeste Auxiliar	5,5	+90° a - 90°	12'/mm	1950.0
2. Norton Star Atlas	6,35	+90° a - 90°	18'/mm	1950.0
3. Atlas Coeli	7,75	+90° a - 90°	8'/mm	1950.0
4. Atlas do SAO Catalog	9,5	+90° a - 90°	7'/mm	1950.0
5. Atlas da AAVSO	9,5	+90° a - 90°	4'/mm	1950.0
6. Atlas Webb's	9,5	+90° a - 23°	6'/mm	1920.0
7. Atlas do Cord.Durchm	9,5	+22° a - 90°	3'/mm	1875.0
8. Atlas da Zona de Explor.	10,0	-22° a - 42°	3'/mm	1875.0
9. Atlas Eclipticalis	10,0	+30° a - 30°	3'/mm	1950.0
10. Atlas Borealis	13,0	+90° a + 30°	3'/mm	1950.0
11. Atlas Australis	13,0	-30° a - 90°	3'/mm	1950.0
12. Atlas Stellarum South	14,0	-15° a - 90°	2'/mm	1950.0
13. Atlas da Carte du Ciel	14,0+	-24° a - 26°	0,5/mm	1900.0

* - Magnitude Fotográfica em B

Consultando a Tabela (6) vemos que o atlas que melhor se encaixa nas nossas condições é o Atlas Eclipticalis.

A Figura (6) nos mostra o mapa da região observada, seguindo os critérios acima estabelecidos.

FIGURA 6
=====



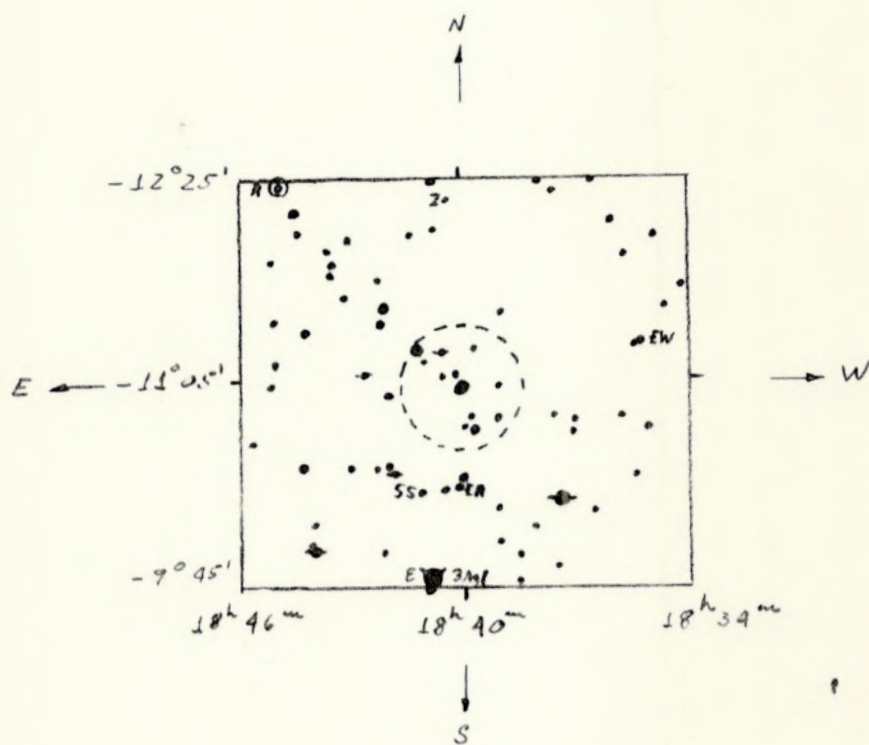
4.4 - Seleção de Estrelas de Comparação

A escolha de uma boa estrela de comparação é fundamental para a obtenção de bons resultados, e os principais requisitos para sua escolha são:

- 1 - A estrela escolhida não pode ser uma estrela variável;
- 2 - As estrelas variável e de comparação devem estar tanto mais próximas quanto possível entre si. Deve-se evitar que as estrelas estejam afastadas mais que 1° ou mais próximas que $30''$. Não devem estar mais afastadas do que 1° para que as flutuações atmosféricas afetem de maneira igual as leituras das duas estrelas, e não devem ficar mais próximas do que $30''$ porque dessa forma o diagrama escolhido deve ser pequeno, o que aumentaria os erros devidos à guiagem e à perda de luz estelar, já que o disco de difração é maior do que a área do diagrama;
- 3 - A estrela de comparação deve estar localizada de tal forma que, para passarmos dessa para a estrela variável necessitemos movimentar o telescópio apenas em um sentido. Isso tem por finalidade diminuir o intervalo de tempo entre as medidas das duas estrelas, melhorando a precisão das leituras;
- 4 - A estrela de comparação deve ter, aproximadamente, a mesma cor da variável. Isto tem a finalidade de diminuir a correção diferencial devida à cor. Uma diferença no índice de cor de 0,1 magnitude é a melhor que se pode esperar, 0,5 magnitude é tolerável e 1,0 magnitude deve ser evitado;
- 5 - A estrela deve ter, aproximadamente, a mesma magnitude da variável. Isto faz com que possamos observar a estrela de comparação com o mesmo ganho do amplificador utilizado na leitura da variável. Esta condição é extremamente importante para que não haja necessidade de mudar de escala ao mudarmos de uma estrela à outra.

Seguindo os mesmos critérios estabelecidos no item (4.3) confeccionou-se o mapa do campo da estrela de comparação (vide Figura (7)).

FIGURA 7



A estrela de comparação escolhida, observados os critérios acima estabelecidos, foi a SAO 142525. A Tabela (7) nos dá as características da estrela variável e da estrela de comparação.

Tabela 7

Estrela	α (2000.0)	δ (2000.0)	V	B-V	Tipo Espectral
δ Set	$18^h 42^m 16^s,2$	$-09^o 03' 09''$	4.72	0,35	F3 III - IV
142525	$18^h 42^m 36^s,0$	$-07^o 04' 24''$	6.15	1.00	G5

A separação angular entre as duas estrelas é de:

$$\Delta = 1^{\circ}59'$$

Como podemos notar, a estrela de comparação não preenche perfeitamente todos os critérios prē-estabelecidos pois, infelizmente, não havia nas proximidades da estrela variável uma estrela que satisfizesse a todos os critérios de seleção. Ainda assim, as características da estrela de comparação aproximam-se razoavelmente bem dos critérios de seleção. No caso da magnitude, por exemplo, não nos foi necessário modificar a escala do amplificador quando da tomada das medidas das duas estrelas ao longo das noites de observação.

4.5 - Qualidade do Cēu

Para verificarmos a qualidade do cēu, ou seja, sua estabilidade, devemos antes do inīcio de uma noite de observações, escolher uma estrela brilhante, prōxima do zēnite, centrā-la no campo da ocular, posicionar a roda de diafragmas no maior deles e ajustar o amplificador de forma a conseguirmos uma deflexão prōxima do māximo da escala do registrador grāfico.

A Tabela (8) nos mostra as estrelas observadas, a data das observações, a escala, o filtro, a velocidade do papel, o intervalo de tempo de cada observação e a qualidade da noite.

Tabela 8

DATA	ESTRELA	INTERVALO DE TEMPO DA OBSERVAÇÃO	DIAFRAGMA	ESCALA	FILTRO	VEL. DO PAPEL
23-24/05/85	α SCO (Antares)	20 min.	1	10^{-6}	V	3 cm/min
24-25/05/85	α SCO (Antares)	20 min.	1	10^{-6}	V	3 cm/min
28-29/05/85	α VIR (SPICA)	20 min.	1	10^{-6}	V	3 cm/min
13-14/06/85	α VIR (SPICA)	20 min.	1	3×10^{-6}	V	3 cm/min
20-21/06/85	α VIR (SPICA)	20 min.	1	10^{-6}	V	3 cm/min

4.6 - Seqüência das Medidas

O termo "deflexão" é empregado quando nos referimos a uma medida de brilho da estrela variável ou de comparação, ou do fundo do céu efetuadas com o equipamento fotométrico. Essa medida pode ser a deflexão do ponteiro do miliamperímetro ou da pena do registrador gráfico.

As medidas obtidas no nosso caso foram feitas por intermédio de dois filtros: um azul (B) e outro com comprimento de onda no visual (V), de Jonhson. As notações utilizadas para designar variável, comparação e fundo de céu nos filtros B e V foram, respectivamente, V_b , C_b , F_b , V_v , C_v e F_v .

Cada deflexão não deve ultrapassar 30 segundos, com um mínimo de 10 segundos, dependendo das condições atmosféricas e da rapidez com que podemos ir da estrela variável à de comparação.

Após analisarmos o período de tempo em que a estrela em questão variava seu brilho, optou-se pela seguinte seqüência:

$$C_v \ C_b \ F_b \ F_v \ V_v \ V_b \ F_b \ F_v \ C_v \ C_b$$

É importante notar-se que a escolha de uma seqüência não é uma questão de preferência pessoal de quem observa. Ela deve ser feita de modo a minimizar os erros, aumentando, assim, a precisão das medidas.

4.7 - Escolha do Diafragma

Em princípio, a escolha de um diafragma o maior possível minimiza o problema de acompanhamento do telescópio. Entretanto, isto implicaria no risco da inclusão de outras estrelas no mesmo campo de medição e, principalmente, um acréscimo no brilho do céu medido, o que implica em uma diminuição na relação sinal-ruído. Assim sendo, a escolha de um diafragma menor deve ser feita em duas circunstâncias:

- 1 - Quando o diafragma utilizado está incluindo no campo de observação alguma outra estrela visível além da estrela a ser medida;

2 - Quando o fundo do céu estiver relativamente mais brilhante que o brilho da estrela observada. Se isto acontecer devemos, regra geral, escolher diafragmas menores. Isto deve ser feito toda vez que a deflexão do fundo de céu se aproximar de 20% da estrela mais o fundo de céu.

Não devemos esquecer que é fundamental que a estrela esteja sempre centrada no diafragma quando fazemos a medida.

4.8 - Programação de uma Noite de Observação

Para programar uma noite de observação precisamos saber, primeiramente, a duração da noite, ou seja, o número de horas sem iluminação do Sol, durante as quais nos será possível observar. A duração da noite varia durante o ano e é função da latitude do local. A duração da noite astronômica é a que mais interessa para os astrônomos, do ponto de vista observacional. O início e fim da noite astronômica ocorrem quando o centro do Sol Verdadeiro atinge a distância zenital de 108° , ou seja, 18° abaixo do horizonte. Para calcularmos o começo e o fim da noite astronômica, utilizamos as seguintes fórmulas:

$$CN = 12^h - E + \lambda - F + \arccos \left(\frac{\cos 108^{\circ} - \sin \phi \sin \delta_{\odot}}{\cos \phi \cos \delta_{\odot}} \right) \quad (8)$$

$$FN = 12^h - E + \lambda - F - \arccos \left(\frac{\cos 108^{\circ} - \sin \phi \sin \delta_{\odot}}{\cos \phi \cos \delta_{\odot}} \right) \quad (9)$$

onde:

E - Equação do tempo para o dia de observação

λ - Longitude do local da observação

F - Fuso do local da observação

ϕ - Latitude do local da observação

δ_{\odot} - Declinação do Sol para o dia da observação

Ao fazermos uma observação astronômica, devemos evitar observar astros cuja altura seja inferior a 30° . Os efeitos atmosféricos, tais como poluição e extinção, aumentam consideravelmente abaixo desse limite e tornam as observações pouco precisas.

Para calcularmos a altura de um astro acima da linha do horizonte utilizamos:

$$\text{sena} = \text{sen}\delta \text{ sen}\phi + \text{cos}\delta \text{ cos}\phi \text{ scosH} \quad (10)$$

onde:

δ - declinação do astro

ϕ - latitude do local da observação

H - ângulo horário

Os próximos passos a serem executados são os mesmos já utilizados no ítem (4.2).

4.9 - A Presença da Lua

Certos tipos de observações (por exemplo, a fotométrica) são mais sensíveis à presença da Lua do que outras (por exemplo, as espectroscópicas). Ao se programar uma noite de observações é necessário que conheçamos previamente as horas do nascer e ocaso, a fase e a trajetória da Lua. Dependendo da fase da Lua e da proximidade do objeto dessa, as observações podem tornar-se impossíveis ou, então, introduzir erros nas medidas. A presença da Lua aumenta a radiação do fundo de céu, diminuindo o contraste dos objetos em relação ao meio em redor (16). A noite de 28-29/05/85 é um exemplo de como a presença da Lua pode influir nos resultados de uma observação. Isto será discutido posteriormente no Capítulo 7.

A Tabela (9) nos mostra os resultados numéricos obtidos nos procedimentos dos ítems (4.2), (4.8) e (4.9), onde:

DN - Duração da noite

CN - Começo da noite

FN - Fim da noite

TLn - Tempo legal do nascer

TLo - Tempo legal do ocaso

Δ - Separação angular entre a Lua e a estrela

Tabela 9

23-24/5/85	24-25/5/85	28-29/5/85	13-14/6/85	20-21/5/85		
10h 18m	10h 18m	10h 24m	10h 35m	10h 35m	DN	E S T R E L A V A R I Ã V E L
18h 35m	18h 35m	18h 34m	18h 34m	18h 33m	CN	
05h 03m	05h 03m	05h 04m	05h 10m	05h 10m	FN	
20h 12m	20h 08m	19h 52m	18h 49m	18h 22m	TLn	
08h 45m	08h 41m	08h 22m	07h 22m	06h 54m	TLo	
22h 26m	22h 22m	22h 06m	21h 04m	20h 32m	Início $\alpha = 30^\circ$	
06h 34m	06h 30m	06h 14m	05h 13m	04h 44m	Fim $\alpha = 30^\circ$	
02h 30m	02h 26m	02h 10m	01h 10m	00h 40m	Passagem Meridiana	
09h 38m	10h 30m	13h 18m	02h 10m	08h 26m	TLn	
20h 22m	21h 21m	01h 22m	13h 59m	19h 15m	TLo	
0,21	0,31	0,75	0,13	0,16	FASE	L U A
		115°			Δ	

5 AS OBSERVAÇÕES FOTOMÉTRICAS

5.1 - Comentários Sobre as Noites de Observação

Apresentamos a seguir, os comentários relativos à cada noite de observação, discriminados individualmente. Tais comentários ajudarão, no Capítulo 7, à análise e, no Capítulo 8 à conclusão dos resultados obtidos.

Noite de 23-24/05/85

Após a realização do teste das condições atmosféricas, verificou-se que a qualidade da noite era razoável e optou-se pelo início das observações. Apesar das observações terem transcorrido normalmente, por volta das $0^{\text{h}}55^{\text{m}}$ observou-se a aproximação de nuvens altas e vento forte, fazendo com que as medidas se tornassem muito inconstantes. A observação foi interrompida à $1^{\text{h}}16^{\text{m}}$, já que o céu ficou inteiramente nublado, impossibilitando qualquer observação. Como o céu não apresentasse perspectiva de melhora, a observação foi dada por encerrada às $2^{\text{h}}16^{\text{m}}$.

Noite de 24-25/05/85

As condições atmosféricas estavam boas. Embora a estrela variável pudesse ser vista desde às $22^{\text{h}}22^{\text{m}}$, o início das observações foi atrasado em cerca de uma hora, devido a problemas surgidos com a roda de filtros. A luz das estrelas (variável e comparação), ao passar pelo filtro B, causavam uma deflexão bem abaixo do normal esperado. Tal problema não conseguiu ser sanado, mas mesmo assim decidiu-se dar início às observações. No mais a noite transcorreu sem problemas até o fim das observações. No dia seguinte retiramos o fotômetro e verificamos a roda de filtros, constatando que o filtro V havia se deslocado de sua posição e se encaixado na janela que seleciona o filtro desejado, o que fazia com que quando estivéssemos lendo o filtro B, estivéssemos lendo, na realidade, uma superposição de B + V, o que fazia com que as medidas em B fossem bem abaixo do normal.

Noite de 28-29/05, 85

Nessa noite tentamos modificar a amplitude das deflexões, com a finalidade de melhorarmos a relação sinal-ruído da estrela de comparação utilizando-nos da corrente de cancelamento. Todavia os resultados obtidos não foram muito bons, com o registro da estrela variável flutuando muito e, com o passar do tempo, a pena começou a ir além da parte graduada do papel de registro. Diante destas dificuldades decidiu-se retornar ao procedimento utilizado nas duas noites anteriores. Isto foi feito às 23^h10^m e as deflexões voltaram a níveis razoáveis. Nesta noite as condições de observação não eram boas. Havia presença da Lua com 75% de seu disco iluminado, o que aumentava consideravelmente o brilho do fundo do céu. Além disso, às 02^h30^m foi detectada uma fina camada de névoa úmida cobrindo o local. Às 03^h00^m a névoa começou a ficar mais intensa desde o horizonte até aproximadamente 30° e foi aumentando gradativamente, até que às 03^h40^m a névoa já era bem densa, cobrindo boa parte do céu. Este quadro manteve-se inalterado até o final da noite de observações.

Noite de 13-14/06/85

Condições atmosféricas boas para observações fotométricas. Ligeira névoa úmida no início das observações com brisa suave, mas sem nuvens. À 01^h08^m houve falta de energia durante alguns segundos, o que nos obrigou a interromper a seqüência. Esta foi reiniciada logo a seguir, sem maiores problemas. Após este pequeno contratempo, a noite transcorreu normalmente até o seu fim.

Noite de 20-21/06/85

Condições atmosféricas de razoáveis para boas. Ao longo dessa noite verificamos que as deflexões em V para a estrela variável às vezes ficavam bem abaixo das observações das noites anteriores. Isto nos levou a interromper as observações por 7 minutos, às 22^h20^m. Problemas com o perfeito encaixamento do filtro V pode ter sido a causa de deflexões menores. Quando fazíamos uma medida em V e esta era visivelmente menor que a anterior, refazíamos a medida a fim de encontrarmos uma medida mais coerente com relação as demais. Nesta noite o diafragma utilizado foi o de número 7, uma vez que o fundo do céu estava mais brilhante do que nas noites anteriores. O fato de termos utilizado um diafragma menor também pode ter ocasionado erros na leitura, devido ao fato de a perfei-

ta centragem em diafragmas menores ser mais difícil. Além disso, a noite transcorreu normal, sem nuvens, porém muito úmida.

A tabela 10 nos dá uma visão geral dos parâmetros utilizados para cada noite de observação.

TABELA 10

NOITE	23-24/05/85	24-25/05/85	28-29/05/85	13-14/05/85	20-21/05/85	TOTAL
DIAFRAGMA	6	6	7	6	7	
ESCALA DO AMPLIFICADOR	3×10^{-8} A	3×10^{-8} A	3×10^{-8} A	3×10^{-8} A	3×10^{-8} A	
VELOCIDADE DO PAPEL	3cm/min.	3cm/min.	3cm/min.	3cm/min.	3cm/min.	
CORRENTE DE ESCURO 3×10^{-8}	1,6A	1,8A	1A	1,2A	1,2A	
INICIO DA OBSERVAÇÃO	00 ^h 05 ^m	23 ^h 30 ^m	22 ^h 30 ^m	21 ^h 50 ^m	20 ^h 50 ^m	
HORARIO DA INVERSÃO DO TELESCOPIO	-	02 ^h 05 ^m	01 ^m 51 ^m	00 ^h 52 ^m	00 ^h 13 ^m	
REINICIO DA OBSERVAÇÃO	-	02 ^h 35 ^m	02 ^h 05 ^m	05 ^h 05 ^m	00 ^h 30 ^m	
FIM DA OBSERVAÇÃO	00 ^h 55 ^m	04 ^h 35 ^m	05 ^h 01 ^m	03 ^m 50 ^m	04 ^h 45 ^m	
TEMPO DE OBSERVAÇÃO	00 ^h 50 ^m	04 ^h 35 ^m	06 ^h 17 ^m	05 ^h 47 ^m	07 ^h 38 ^m	25 ^h 07 ^m

6 REDUÇÃO DOS DADOS OBSERVACIONAIS

6.1 - Introdução

Vamos agora examinar os procedimentos necessários para reduzir os dados observacionais, isto é, a partir do registro gráfico com as deflexões das estrelas variável e de comparação, obter as magnitudes em cada filtro em função da fase.

6.2 - Dados da Fita

A partir do registro gráfico medimos o valor da deflexão para cada objeto observado, através dos filtros escolhidos. Cada deflexão é, na verdade, devida à contribuição da estrela mais a do fundo do céu admitida pelo diafragma. O valor da deflexão é obtido fazendo-se uma média visual dos pontos de cada deflexão. Este procedimento é tomado para a estrela variável, a estrela de comparação e o fundo de céu nos filtros B e V.

O passo seguinte consiste em obter-se o valor da deflexão devida unicamente a estrela variável e a estrela de comparação. De terminamos este valor através de uma simples subtração:

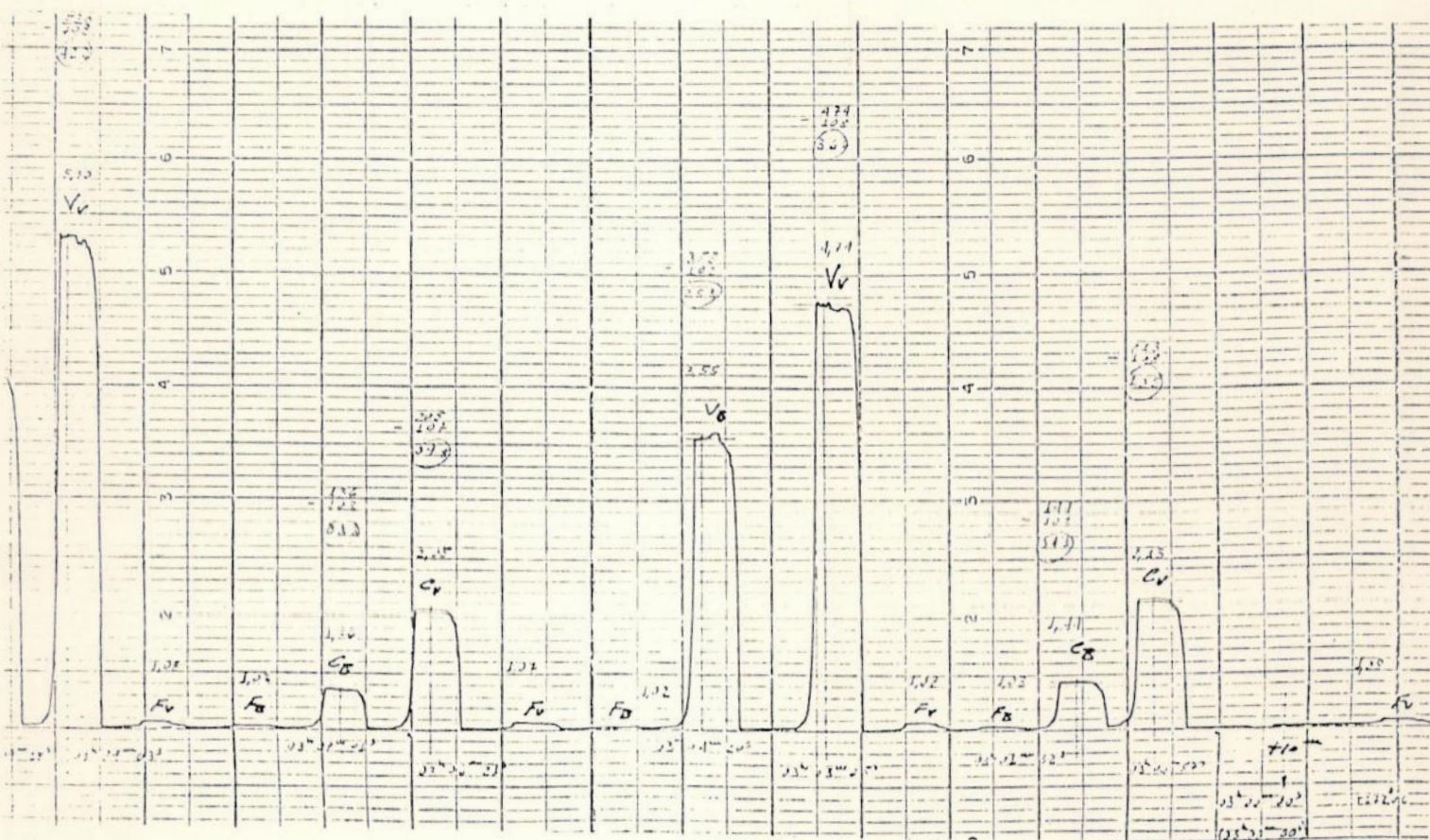
$$d(\text{estrela}) = d(\text{estrela+fundo de céu}) - d(\text{fundo de céu}) \quad (11)$$

O terceiro dado a ser retirado da fita obtida do registrador gráfico é o instante de cada deflexão. Para isso consideramos o meio de cada patamar de cada deflexão e traçamos uma reta perpendicular até o eixo do papel do registrador gráfico. Como sabemos a hora do início das observações, basta agora calcular a distância da reta até o ponto do início das observações. Sabendo-se a velocidade do papel no registrador gráfico (3cm/min = 0,5mm/seg) e multiplicando-se esse valor pela distância obtemos o instante daquela observação. Dessa forma, podemos então obter o valor e o instante da deflexão. A Figura (8) nos mostra o aspecto dos registros obtidos bem como exemplifica os procedimentos acima descritos.

=====

FIGURA 8

=====



6.3 - Cálculo da Magnitude

O cálculo da magnitude instrumental é dado a partir da fórmula:

$$m = c - 2,5 \log E \quad (12)$$

onde E é o iluminamento produzido pela estrela e c é a constante que depende do instrumento utilizado. Essa constante fixa a origem (o ponto zero) do sistema utilizado e determina um valor numérico da magnitude da estrela. O iluminamento é dado por:

$$E(B,V) = d(B,V) \cdot S(B,V) \quad (13)$$

onde d é a deflexão do ponteiro lida na escala de 0 a 100 no amplificador e S é a escala lida no seletor de corrente de entrada (input current).

Então, de (12)

$$m(B) = c - 2,5 \log d(B) \cdot S(B)$$

$$m(B) = c - 2,5 \log d(B) - 2,5 \log S(B)$$

e

$$m(V) = c - 2,5 \log d(V) - 2,5 \log S(V) \quad (14)$$

Para normalizarmos vamos admitir que uma estrela de magnitude zero vai ocasionar uma deflexão de 100 na escala de $10\mu A$. Então, usando isto em (14) temos que a constante seria:

$$m(\lambda) = c - 2,5 \log 100 - 2,5 \log 10$$

$$m(\lambda) = c - 2,5 \cdot 2 - 2,5$$

$$0 = c - 7,5$$

assim:

$$c = 7,5$$

Então, a magnitude instrumental será dada por:

$$m(\lambda) = 7,5 - 2,5 \log d(\lambda) - 2,5 \log S(\lambda) \quad (15)$$

6.4 - Cálculo da Deflexão Interpolada

Este processo consiste em calcularmos a deflexão da estrela de comparação no instante em que a estrela variável está sendo observada.

Para fazermos isto, intercalamos entre duas medidas da estrela de comparação, uma medida da estrela variável.

A partir da deflexão, calculamos a magnitude da estrela de comparação que seria observada se pudéssemos medi-las ao mesmo tempo em que medimos a estrela variável.

6.5 - Cálculo do Coeficiente de Extinção

Um passo importante na redução das observações é a correção da extinção atmosférica. Para isso observamos uma estrela, chamada estrela de extinção, em várias distâncias zenitais. Em nossas observações utilizamos como estrela de extinção a própria estrela de comparação.

A intensidade (I) da radiação sofre uma perda ao atravessar a atmosfera terrestre. A fração absorvida dessa intensidade, ao atravessar uma espessura dx , será τdx , onde τ é o coeficiente de absorção. Então, a perda será $I \tau dx$. Expressa em termos de magnitude fica:

$$m_0 = m - Kx \quad (16)$$

onde K é o coeficiente de extinção.

É conveniente especificar a espessura total atravessada (x), em unidades de massa de ar no zênite do observador, de modo que o coeficiente de extinção (K) é agora uma medida de perda de luz, expresso em magnitudes para uma estrela no zênite.

A massa de ar pode ser calculada através da aproximação:

$$x = \sec z [1 - 0,0012 (\sec^2 z - 1)] \quad (17)$$

onde z é a distância zenital do astro no instante da observação, que é dada por:

$$\sec z = (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H)^{-1} \quad (18)$$

onde:

ϕ - latitude do lugar

δ - declinação da estrela

H - ângulo horário no instante da observação

Mesmo na fotometria diferencial temos que levar em consideração a extinção atmosférica diferencial, o que implica em determinar o coeficiente de extinção da noite. Se utilizarmos uma única estrela de extinção, construiremos um gráfico onde no eixo das abscissas estarão as magnitudes instrumentais e no eixo das ordenadas a massa de ar (x). Feito isto, ajustaremos uma reta aos dados e obteremos, assim, o coeficiente de extinção (K) e a magnitude fora da atmosfera (m_0). Para tais cálculos utilizamos o método dos mínimos quadrados.

Sejam as fórmulas:

$$m_0 = m - Kx$$

onde:

$$K = \frac{A1}{A2} \quad e \quad m_0 = \frac{A3}{A4}$$

onde:

$$A1 = \sum W \sum Wxm - \sum Wx \sum Wm$$

$$A2 = \sum W \sum Wx^2 - \sum Wx \sum Wx$$

$$A3 = \sum Wm \sum Wx^2 - \sum Wx \sum Wxm$$

O coeficiente de correlação pode ser obtido através da fórmula:

$$r = \left(\frac{A2}{A4} \right)^{.5} K \quad (19)$$

onde:

$$A4 = \Sigma W \Sigma W m^2 - \Sigma W m \Sigma W m$$

Podemos definir os erros padrões associados a cada uma das quantidades como:

$$\alpha_K^2 = \frac{\Sigma W}{A2} \alpha^2$$

$$\alpha_m^2 = \frac{\Sigma W x^2}{A2} \alpha^2$$

onde:

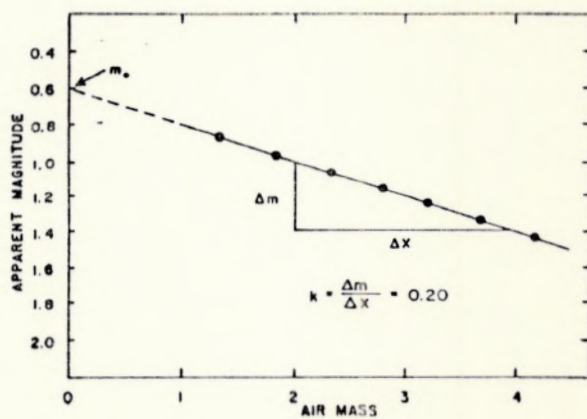
$$\alpha^2 = \frac{\Sigma W d^2}{n-2} \quad \text{e} \quad d^2 = [m_0 - (m - Kx)]^2$$

Nas expressões acima, n é o número de observações e os somatórios são de 1 até n . \underline{W} é o peso de cada observação e é obtido através da fórmula:

$$W = \frac{1}{x^4}$$

A Figura (9) mostra o aspecto de um gráfico x vs. m obtido segundo os critérios estabelecidos neste item.

FIGURA 9
=====



6.6 - Cálculo das Magnitudes Diferenciais Fora da Atmosfera

Calculamos as magnitudes diferenciais, isto é, a diferença entre a magnitude da estrela de comparação e a magnitude da estrela variável por:

$$(C - V) = (C_i - V_i) - K_{\Delta x} \quad (20)$$

Onde, para o filtro V, $(C_i - V_i)_V$ é a diferença nas magnitudes instrumentais no filtro V; K_V é o coeficiente de extinção no filtro V e Δx é a diferença entre a massa de ar da comparação e da variável no instante da observação.

Analogamente, para as medidas no filtro B, teremos:

$$(C - V) = (C_i - V_i)_B - K_B \Delta x$$

6.7 - Cálculo do Dia Juliano

Para calcular o dia juliano para uma data qualquer, às 12^hTU, a partir de Janeiro, 0 de 1900, temos que saber a data. O dia juliano será calculada através da fórmula:

$$DJ = 1721014 + DIA + A3 - A2 + 367.ANO \quad (21)$$

onde:

$$A1 = \text{INT} \left[\frac{\text{MES} + 9}{12} \right]$$

$$A2 = \text{INT} \left[\frac{7 \cdot (\text{ANO} + A1)}{4} \right]$$

$$A3 = \text{INT} \left[\frac{275 \cdot \text{MÊS}}{9} \right]$$

onde INT é somente a parte inteira da função.

6.8 - Cálculo do Dia Juliano para o Instante da Observação

$$DJ0 = DJ + \frac{T - 12}{24} \quad (22)$$

Se $T < 12$, então $T = T + 24$

6.9 - Cálculo da Obliquidade da Eclíptica

Para calcular a obliquidade da eclíptica média para qualquer data a partir de Janeiro, 0 de 1900, basta entrar com o dia juliano para a data na fórmula:

$$\epsilon = 23^{\circ}27'08",26 - 46",845T - 0",0059T^2 + 0",00181T^3 \quad (23)$$

onde

$$T = \frac{DJ - 2415020,5}{36525}$$

onde DJ é o dia juliano para a data.

6.10 - Cálculo das Coordenadas Retangulares do Sol

Podemos calcular os valores de X e Y para uma data a partir de Janeiro, 0 de 1900, através da aproximação:

$$\begin{aligned} X &= R \cos ALC \\ Y &= R \sin ALC \cdot \sin \epsilon \end{aligned} \quad (24)$$

onde:

$$ALC = A5 + \frac{ALC1 + ALC2 + ALC3 + ALC4}{648000}$$

e:

$$\begin{aligned}
ALC1 &= 6910.\text{senGS} + 72.\text{sen}(2.GS) - 17.TT.\text{senGS} - 7.\text{cos}(GS-G5) \\
ALC2 &= 6.\text{sen}(AM-AS) + 5.\text{sen}(4GS-8.G4+3.G5) - 5.\text{cos}(2.GS-2.G2) \\
ALC3 &= -4.\text{sen}(G5-G2) + 4.\text{cos}(4.G5-8.G4+3.G5) + 3.\text{sen}(2.GS-2.G2) \\
ALC4 &= -3.\text{senGS} - 3.\text{sen}(2.GS - 2.G5) \\
R &= R1 + R2.\text{cosGS} + R3.\text{cos}(2.GS) \\
R1 &= 1,00014 \\
R2 &= -0,01675 \\
R3 &= -0,00014 \\
AS &= \text{FRAC}(AS1, AS2, TP, \pi) \\
GS &= \text{FRAC}(GS1, GS2, TP, \pi) \\
AM &= \text{FRAC}(AM1, AM2, TP, \pi) \\
G2 &= \text{FRAC}(G21, G22, TP, \pi) \\
G4 &= \text{FRAC}(G41, G42, TP, \pi) \\
G5 &= \text{FRAC}(G51, G52, TP, \pi) \\
F5 &= \text{FRAC}(F51, F52, TP, \pi)
\end{aligned}$$

onde FRAC é a função calculada através da fórmula, tendo como argumentos C1, C2, TT e π .

$$\text{FRAC}(C1, C2, TT, \pi) = (\text{FRC} - \text{INT}(\text{FRAC}))^2$$

$$\text{FRC} = C1 + C2.TT$$

e as constantes são:

AS1 = 0,779072	G41 = 0,053856
AS2 = 0,00273790931	G42 = 0,00145561327
GS1 = 0,993126	G51 = 0,056531
GS2 = 0,00273777850	G52 = 0,00023080893
AM1 = 0,606434	F51 = 0,814794
AM2 = 0,03660110129	F52 = 0,00023080893
G21 = 0,140023	
G22 = 0,00445036173	

e:

$$TT = \left[\frac{DJ - 2451544,5}{36525} \right] + 1$$

6.11 - Cálculo da Correção Heliocêntrica

Qualquer instante de tempo registrado pelo observador, seja tempo local, tempo sideral ou data juliana é, implicitamente, um tempo geocêntrico. Em fotometria de estrelas variáveis adiciona-se uma correção heliocêntrica a cada tempo geocêntrico, para obtermos o correspondente tempo heliocêntrico, isto é, o tempo registrado por um observador no Sol. Na verdade, estamos querendo saber quando a mesma luz da estrela variável alcançou o Sol.

A equação para a correção heliocêntrica é:

$$\text{CORHEL} = 0,00577552[(\cos\delta\cos\alpha)X + (\text{tg}\epsilon\text{sen}\delta + \cos\delta\text{sen}\alpha)Y] \quad (25)$$

onde X e Y são as coordenadas retangulares do Sol para a data da observação, ϵ a obliquidade da eclíptica média e α e δ as coordenadas equatoriais celestes da estrela variável.

6.12 - Cálculo da Fase

Se uma estrela varia seu brilho periodicamente, podemos supor que cada ciclo tenha um comportamento igual. A curva de luz dentro do ciclo será descrita em função da fase, que será diretamente proporcional ao tempo e vai de 0 (zero) a 1 (um) ou de 0° a 360° . Para estrelas binárias eclipsantes a variação de 0° a 360° está relacionada com o movimento orbital. Nesse caso, a linha que une os centros de cada estrela varre um ângulo que cobre 360° durante cada revolução orbital.

Para uma estrela variável cíclica, a época em que se começa a contar o início do ciclo é o máximo primário, ou seja, quando a estrela atinge seu máximo brilho (15).

Calculamos a fase por:

$$F = \text{INT} \left[\frac{\text{DJ}(\text{HEL}) - \text{DJI}}{p} \right] \quad (26)$$

onde

$$DJ(HEL) = DJO + CORHEL$$

onde DJO é o dia juliano para o instante da observação. DJI é o dia juliano para o máximo primário do início das observações e P é o período da variável dado em dias e fração de dia.

6.13 - Cálculo do Período

Qualquer dado observacional de um fenômeno físico periódico tal como a curva de luz de uma estrela variável, pode ser classificado como determinístico, porque pode ser descrito por uma relação matemática. Por esta razão, um fenômeno periódico deve ser precisamente observado, de modo que um modelo teórico possa ser formulado e atualizado, baseado em futuras observações.

O primeiro passo ao se estudar um fenômeno periódico é identificar o período p_0 dos dados observacionais. Dois algoritmos diferentes são descritos: o primeiro é baseado no melhor arranjo de fase que produz a menor linha poligonal para os dados observacionais, enquanto que o segundo é baseado numa aproximação trigonométrica utilizando-se uma série de Fourier.

Algoritmo A (17):

Das observações temos

N - número de dados
 $y(k)$ - parâmetro físico
 $t(k)$ - tempo universal

onde:

$$k = 1, 2, \dots, N$$

Em nossas observações o parâmetro físico é a diferença em magnitudes entre a estrela de comparação e a estrela variável, que tem uma variação periódica (período = p_0) que será investigada. O algoritmo é baseado em um incremento a partir do valor inicial do período, dentro do intervalo entre p_1 e p_2 , onde está, provavelmente, o período p_0 . Começamos a investigar o período da seguinte forma:

$$p = p_1 + i\Delta p, \quad i = 1, 2, \dots \quad \text{até } p < p_2$$

Algoritmo B (17)

Se $y(i)$ e $t(i)$ ($i = 1, 2, \dots, N$) são os dados observacionais de um fenômeno periódico p_0 , este algoritmo permite uma estimativa do período, utilizando-se a série de Fourier. Este método geralmente fornece uma precisão melhor do que o algoritmo A, porém envolve um tempo de processamento maior. O problema é avaliar, a partir de um período p , os coeficientes a_0, a_j, b_j ($j = 1, 2, \dots, n$) de modo a que a série trigonométrica

$$F_n(t, p) = a_0 + \sum_{j=1}^n [a_j \sin \frac{2\pi j t}{p} + b_j \cos \frac{2\pi j t}{p}]$$

se aproxime dos dados observacionais $y(i)$ e $t(i)$, com um desvio padrão dado por

$$\sigma(p) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [y(i) - F_n(t(i), p)]^2}{N}}$$

Se os dados estão livres dos erros observacionais e se o número de harmônicas n é tão grande que o fenômeno / pode ser perfeitamente descrito, $\tau(p) = 0$. Somente quando o período p é igual ao período verdadeiro ($p = p_0$). Na realidade, as observações são apenas medidas de um parâmetro físico investigado de modo que estão afetadas pelos erros. Nesse caso somente um número pequeno de harmônicas deve ser considerado, porque não é necessário incluir harmônicas cuja contribuição é menor do que o erro observacional. Em muitos casos $n = 3$ é suficiente, porém a escolha poderá estar relacionada com o observador.

As listagens dos programas utilizados para o cálculo dos algoritmos A e B estão nos apêndices (A) e (B)

6.14 - Dados de Saída

Após todas as reduções terem sido processadas, construiremos um gráfico fase vs. diferença em magnitude entre a estrela de comparação e a estrela variável, onde observaremos a variação em magnitude da estrela variável.

A partir dos pontos obtidos ao longo das observações, obteremos o que chamamos de *curva de luz* para a estrela observada.

A curva de luz nada mais é do que um gráfico, onde a distribuição dos pontos obtidos mostra que a variação em magnitude ocorre de maneira periódica ou não.

7 RESULTADO DAS OBSERVAÇÕES

A redução dos dados foi feita utilizando-se o computador B/6700 do NCE da UFRJ. A listagem do programa utilizado para tais reduções pode ser vista no apêndice. (C).

A Tabela (11) mostra os coeficientes de extinção (K_V e K_B) obtidos a leste e a oeste nos filtros B e V, para cada noite, a magnitude fora da atmosfera para a estrela de comparação em B e V e o coeficiente de correlação (r).

TABELA 11

	K_B		K_V		$m(V)$		$m(B)$		r_V		r_B	
	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E	W
23-24/05/85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24-25/05/85	-	-		0,542		7,254	-	-	0,952	-	-	-
28-29/05/85	0,262	1,204	0,227	-0,414	7,810	8,919	8,647	8,030	0,521	0,396	0,696	0,850
13-14/06/85	0,152	0,475	0,084	0,543	7,870	7,110	9,009	8,229	0,467	0,898	-0,525	0,878
20-21/06/85		0,561		0,517		7,373		8,228		0,794		0,958

Para a noite de 23-24/05/85 os coeficientes de extinção não foram calculados devido ao pequeno número de dados. Consultando a Tabela (10) vemos que as observações dessa noite foram as de menor / duração.

Na noite de 24-25/05/85 só obtivemos medidas para o filtro V, devido a problemas instrumentais anteriormente citados, no Capítulo 5.

Quanto às demais noites, observamos que alguns coeficientes de extinção são NEGATIVOS. Isto significa que a extinção atmosférica DIMINUI do meridiano para o horizonte, o que é impossível do ponto de vista físico, uma vez que a massa de ar aumenta com a distância zenital. Além disso, para várias noites, ocorreram comportamentos / completamente distintos para o coeficiente de extinção quando observamos a leste e a oeste.

Graça e Vera Lúcia (18) obtiveram, similarmente, alguns coeficientes de extinção negativos, porém sugerem que esse com-

portamento anômalo era devido à erros de manipulação do instrumental. É bem possível que em nossas observações também tenham sido cometidos erros de procedimentos observacionais, porém creditar os resultados desfavoráveis somente a este fato não nos parece razoável.

Tomemos, por exemplo, a noite de 13-14/05/85. Os coeficientes de extinção K_V e K_B foram negativos para as observações realizadas a este, enquanto que para as observações realizadas a oeste os valores foram positivos. Isto parece indicar uma instabilidade excessiva das condições atmosféricas do céu do Rio de Janeiro.

Futuras observações poderão demonstrar uma tendência localizada devida, provavelmente, à predominância de ventos de quadrante vindos do mar para a terra no horário noturno, o que acarretaria melhores condições de observação a oeste do que a este.

Em nosso trabalho não foi possível chegar a conclusões precisas sobre as causas das anomalias registradas nos coeficientes devido ao pequeno número de noites de observação. Talvez observações orientadas exclusivamente para a determinação dos coeficientes de extinção em B e V para a cidade do Rio de Janeiro, que faça registros constantes da temperatura, umidade do ar e direção dos ventos ao longo da noite possam determinar com precisão a influência destes fatores na determinação de um coeficiente de extinção.

Como os coeficientes de extinção obtidos têm valores bem desiguais, tanto em B como em V, resolvemos adotar para K_V o valor médio de 0,6 e 0,9 para K_B . Utilizando-se esses coeficientes obtivemos para a estrela de comparação as seguintes magnitudes:

$$m_V = 6,2$$

$$m_B = 7,2$$

Tal procedimento terá influência somente na altura da curva de luz, isto é, poderá estar deslocada do meio do eixo, mais para cima ou para baixo.

A curva de luz foi construída utilizando-se o terminal gráfico Tektronics do computador do LNCC disponível no Observatório Nacional.

As Figuras (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17) e (18) mostram as curvas de luz obtidas para os filtros B e V para cada noite de observação. Estas e todas as figuras a seguir poderão ser vistas no final deste capítulo.

A noite de 23-24/05/85 contém apenas 8 pontos, não permitindo, dessa forma, constatar o caráter variável de δ Scuti. A noite de 24-25/05/85 apresenta apenas a variação da δ Scuti no filtro V.

A noite de 28-29/05/85 tem uma distribuição de pontos bastante irregular. Comparando-se esta curva com as outras, vemos que esse conjunto de pontos foi o pior. Como foi comentado no Capítulo 5, sobre as noites de observação, esses dados foram obtidos em uma noite onde observamos a presença de ventos, névoa úmida e da Lua (quase cheia).

Nas noites de 13-14/06/85 e 20-21/06/85 foram obtidas as melhores curvas de luz, nas quais a variabilidade da δ Scuti fica evidenciada.

Nas figuras de (10) a (22) a fase começa no zero mas não termina em 1, como é feito usualmente, isto porque observamos mais de um período completo por noite.

De qualquer forma, os pontos que excedem ao valor 1 significam apenas que deveriam ser colocados no início do ciclo, isto é, próximos do zero.

Outras curvas de luz foram construídas, dessa vez utilizando todos os pontos obtidos nas noites de observação. As Figuras (19) e (20) mostram estas curvas nos filtros B e V, respectivamente. Nestes dois gráficos a fase está plotada continuamente, ao invés de ir de zero a 1.

Tendo obtido as curvas de luz para cada noite e juntando os pontos em um só gráfico, em cada filtro, observamos claramente que a disposição de alguns desses pontos estão completamente fora

da curva. Os pontos que estão visivelmente fora da curva são aqueles obtidos na noite de 28-29/05/85, devido aos motivos já discutidos anteriormente. Os outros pontos estão fora devido a vários outros motivos, tais como erros na centralização perfeita da estrela no diafragma, flutuações na transparência do céu no instante da observação, erros na centralização do filtro utilizado, etc. Eliminando esses pontos, foi feita finalmente uma curva de luz para cada filtro (B e V) com a fase plotada continuamente e com a fase entre zero e 1. Isto pode ser visto nas Figuras (21), (22), (23) e (24). Os programas utilizados para a confecção dos gráficos podem ser encontrados no apêndice (D).

A partir de cada curva de luz poderemos obter a variação Δm entre a estrela de comparação e a variável em cada filtro. Isto só não será feito para as noites de 23-24/05/85 (poucos pontos) e 28-29/05/85 (pontos mal distribuídos).

A Tabela (12) reúne as variações em magnitudes obtidas de cada noite.

Tabela 12

	FILTRO	ΔM
24 - 25/05/85	B	-
	V	0,16
13 - 14/06/85	B	0,21
	V	0,17
20 - 21/06/85	B	0,23
	V	0,23

Como já foi dito anteriormente, os pontos de cada noite estão reunidos sem nenhuma análise de sua dispersão. Isto certamente influi na estimativa da variação em magnitude. Os gráficos que melhor nos informam a respeito da variabilidade da estrela em B e V são os das Figuras (14) e (15).

O método utilizado para o cálculo do período já foi descrito (item 6.13). A Tabela (13) reúne o período calculado, utilizando-se os algoritmos A e B (também descrito no item 6.13) para cada noite, nos filtros B e V.

TABELA 13

		ALGORITMO A	ALGORITMO B		
			n = 1	n = 2	n = 3
23-24/05/85	B	-	-	-	-
	V	-	-	-	-
24-25/05/85	B	-	-	-	-
	V	4,69351	4,5592	4,88115	4,47454
28-29/05/85	B	4,57592	5,12809	4,60252	4,55419
	V	4,73117	5,20145	4,75577	4,63454
13-14/06/85	B	4,65995	4,23668	4,78781	5,08646
	V	4,76554	4,51192	4,96236	4,90699
20-21/06/85	B	4,67244	4,31040	4,78689	4,59869
	V	4,61122	4,73584	4,37823	4,62980

Os programas utilizados estão nos apêndices (AeB) e os dados da Tabela (13) foram calculados utilizando-se o computador Schumec M 101/85, disponível no Observatório do Valongo.

FIGURA 10
=====

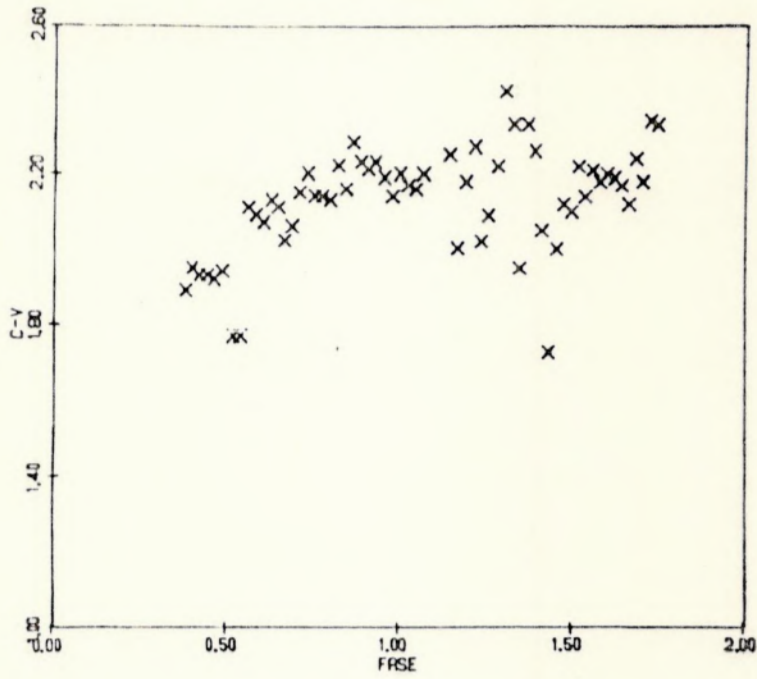
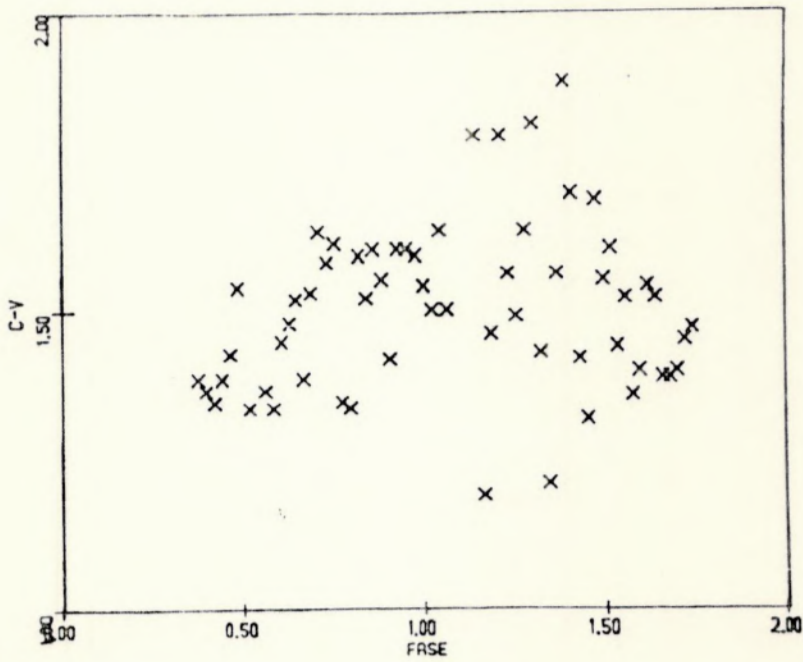


FIGURA 11
=====



Noite de 23 - 24/05/85

FIGURA 12
=====

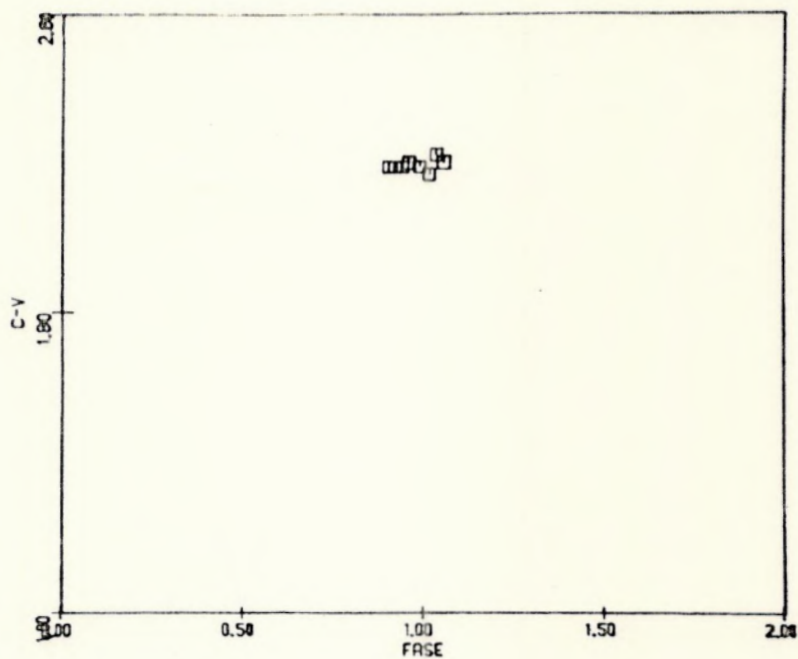
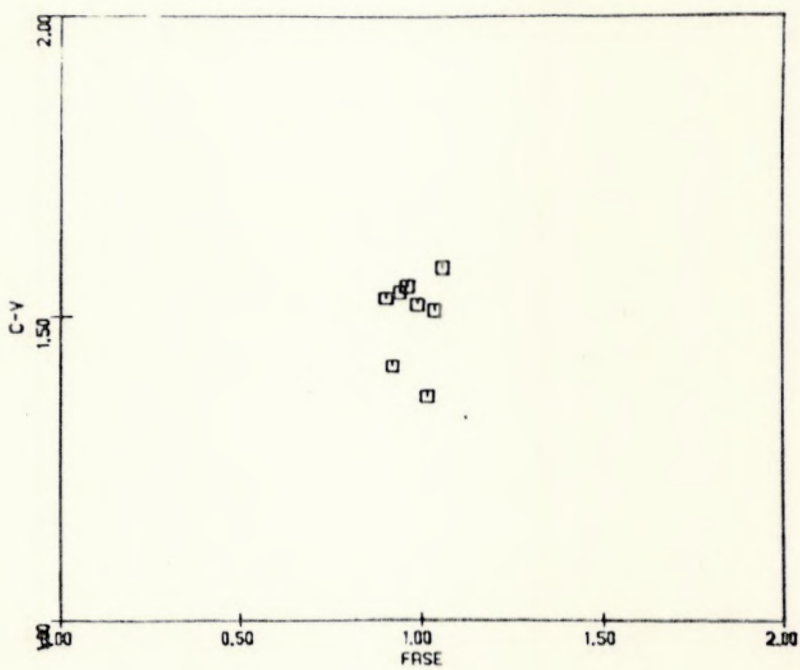


FIGURA 13
=====



Noite de 13 - 14/06/85

FIGURA 14
=====

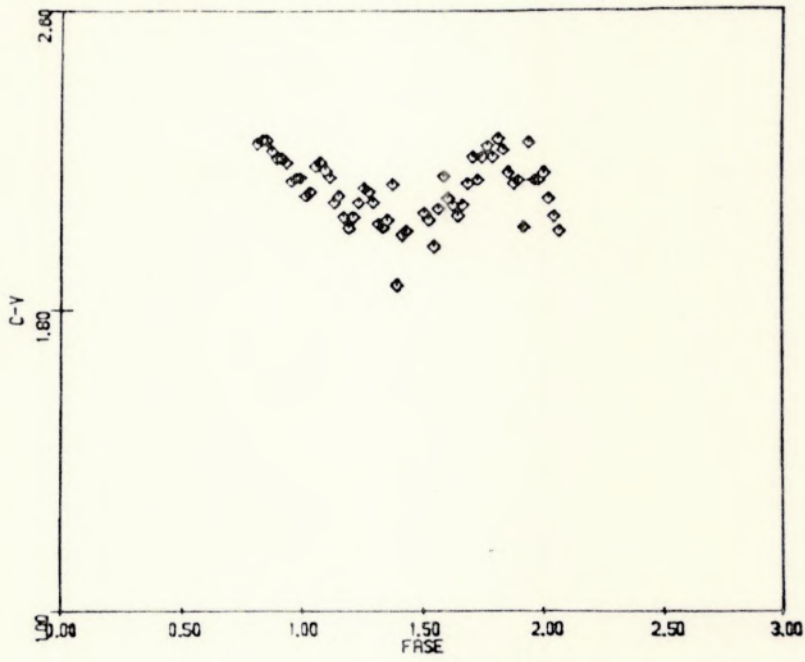
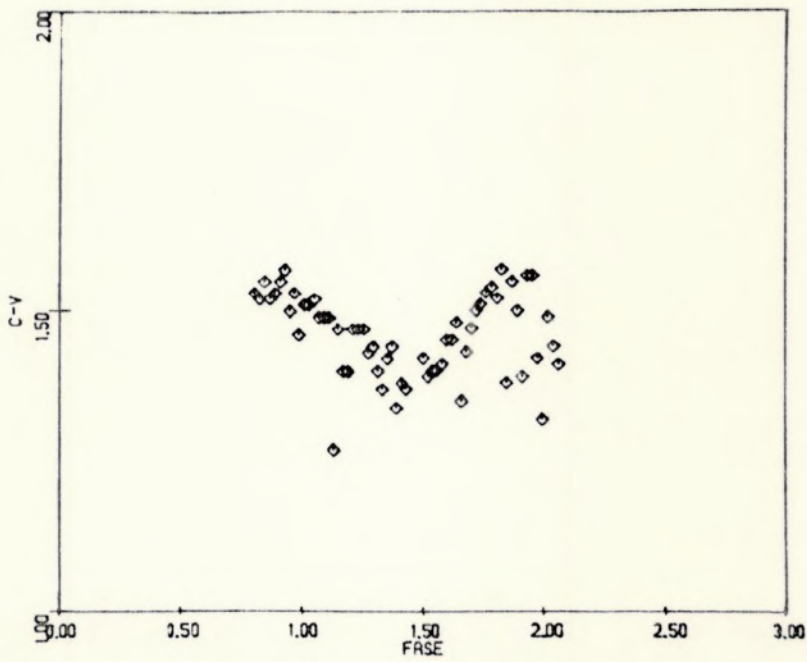
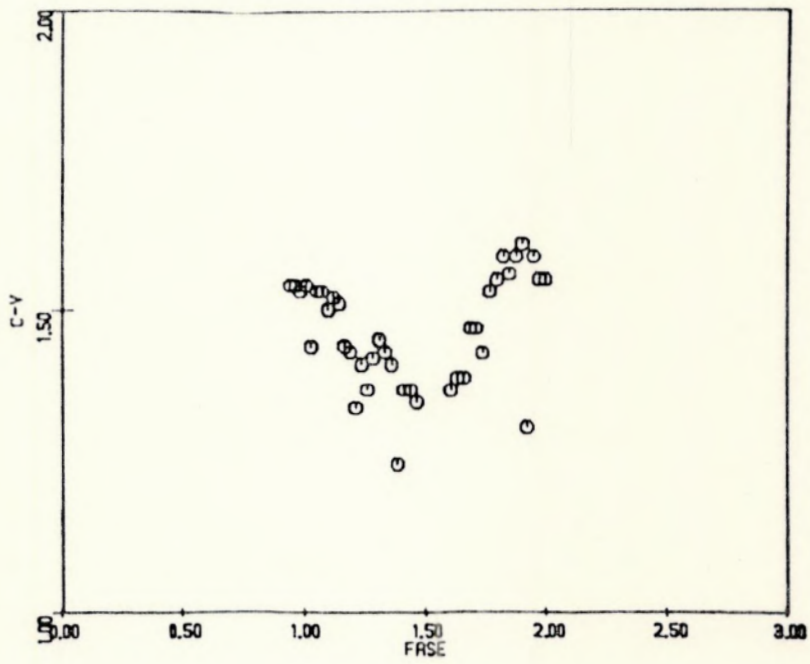


FIGURA 15
=====



Noite de 24 - 25/05/85

FIGURA 16
=====



Noite de 20 - 21/06/85

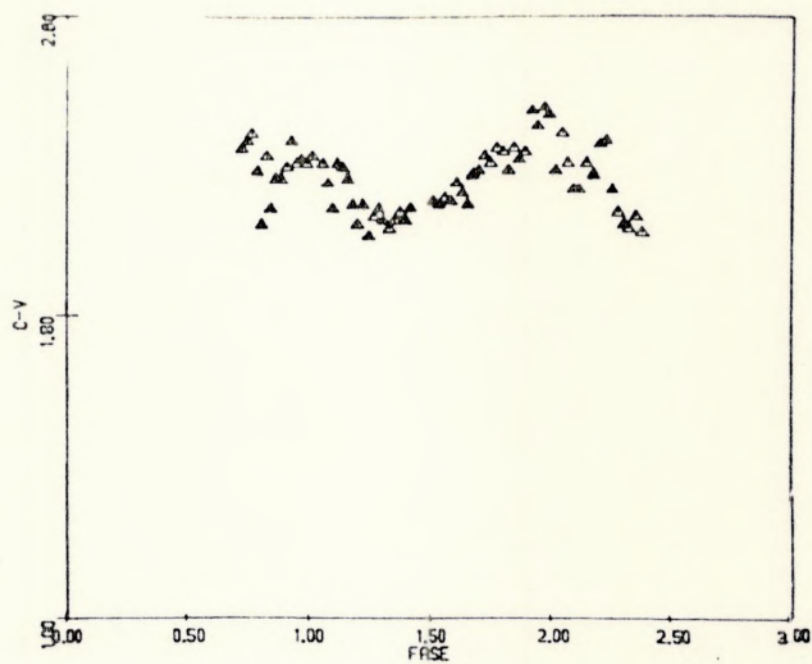
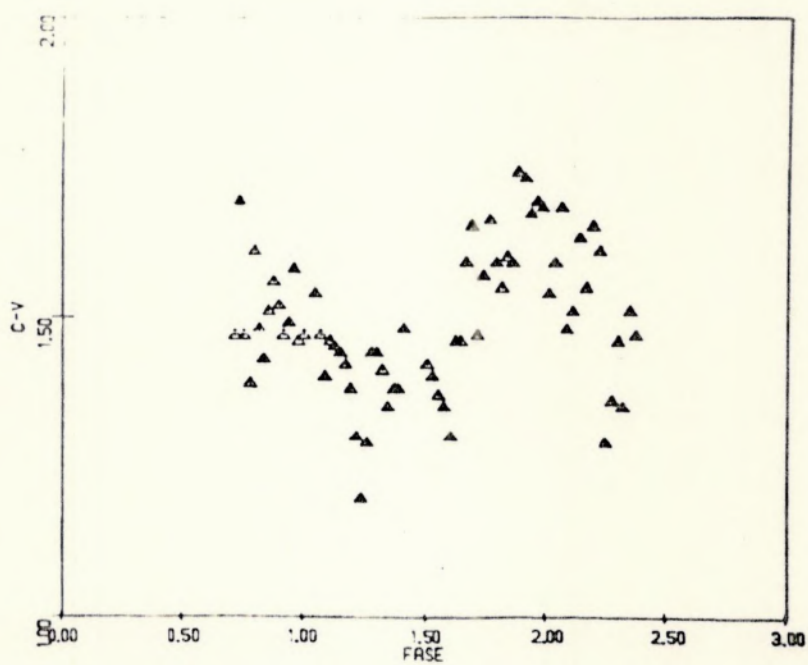
FIGURA 17
=====FIGURA 18
=====

FIGURA 19
=====

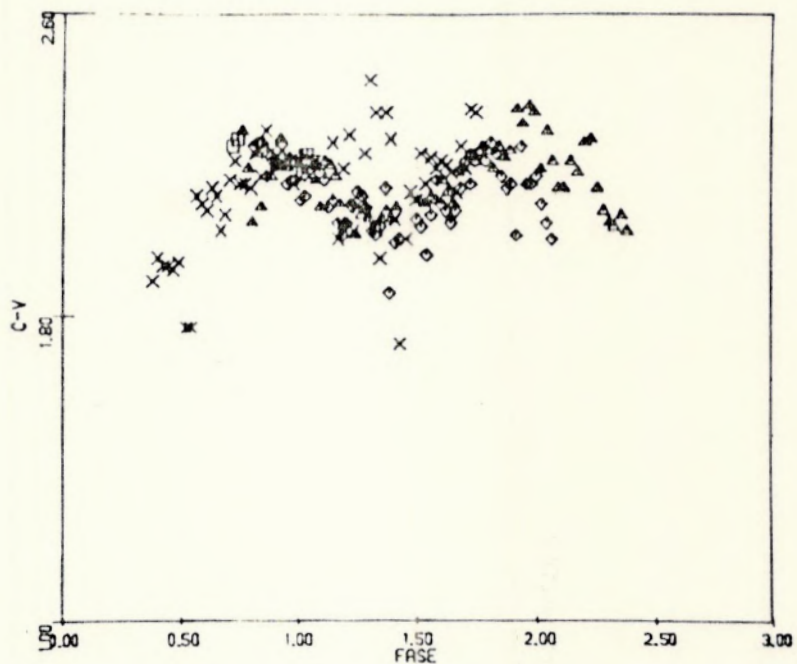


FIGURA 20
=====

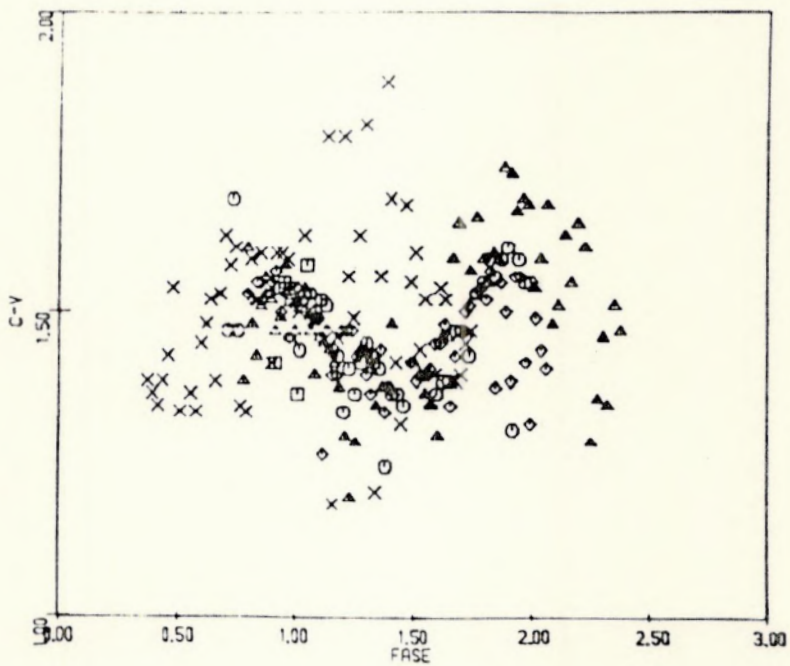


FIGURA 21
=====

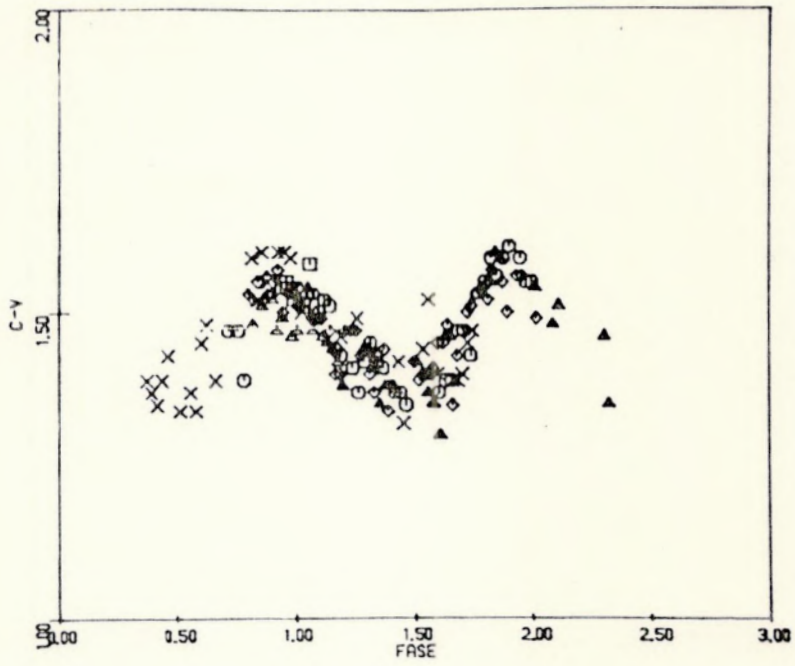


FIGURA 22
=====

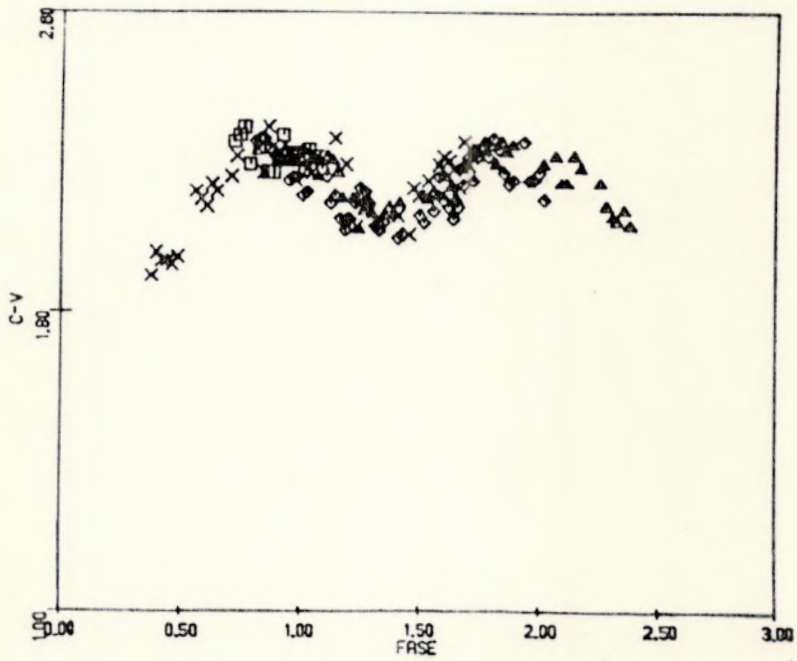
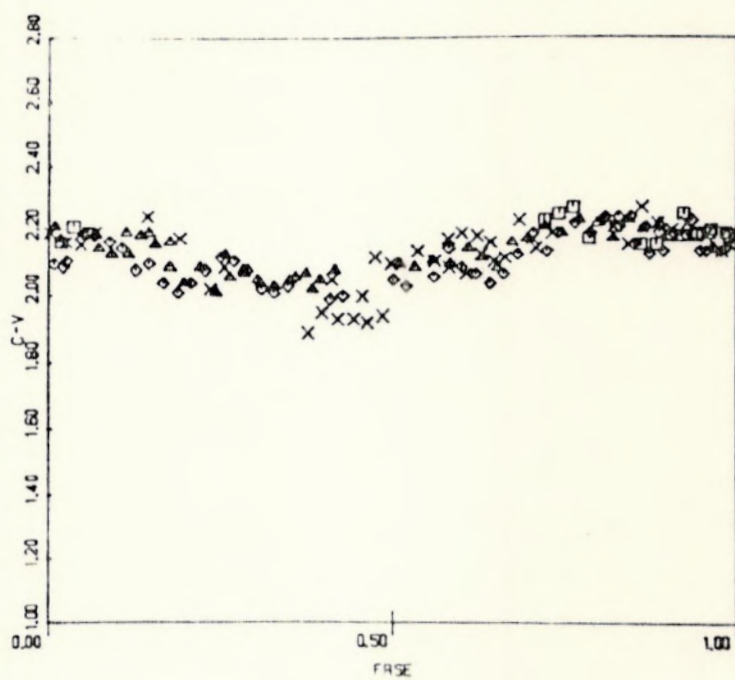
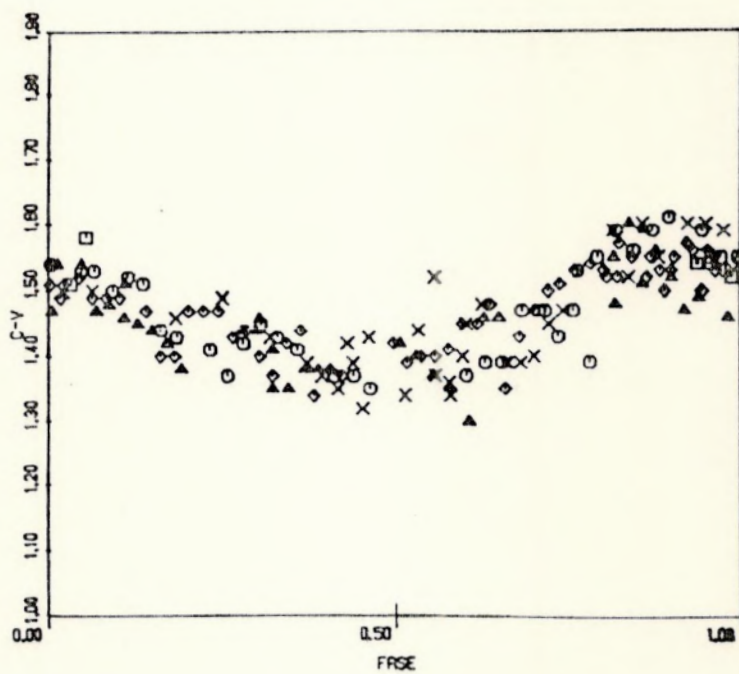


FIGURA 23
=====FIGURA 24
=====

8 CONCLUSÕES

A estrela δ Scuti teve a sua variabilidade investigada, fotometricamente, pela primeira vez, por E.A.Fath (1) nas noites de 7, 8 e 9 de julho de 1935, através de um fotômetro fotoelétrico acoplado ao telescópio refrator de 30cm do Observatório de Lick. Essas observações constataram que a estrela tinha uma variação de 0,2 magnitude num período de 0,193 dia ($= 4^h 37^m$). Ainda nessa análise, Fath chama a atenção para o fato de haver uma variação na amplitude (1).

Em 1953, Paddock e Struve (19) obtiveram o período de δ Scuti através da curva de velocidade radial, encontrando um valor mais preciso que concordava com o obtido por Fath (0,19377 dia). Anteriormente, em 1935, Colacevich (19) já havia encontrado o período fundamental de δ Scuti baseado nas curvas de velocidade radial medidas no Observatório de Lick, entre os anos de 1899 e 1935. Num artigo bem anterior a este, Campbell e Wright (20) encontraram que a estrela α Scuti ($\alpha = 18^h 37^m$, $\delta = -9^{\circ} 09'$) tinha uma variação na sua velocidade radial com uma provável amplitude de 5 km/seg.

Em 1960 W.S.Fitch (4), trabalhando com as observações obtidas por Fath em 1935, 1936 e 1938, obteve um período fundamental (p_0) de 0,193770 dia, e um termo de ressonância (p_{n1}) de 0,1896872 dia.

Como Fath (1) já havia suspeitado, a estrela δ Scuti tem uma variação tanto na amplitude (Δm) como em fase. Fitch (5) resalta que tal comportamento é uma característica das estrelas tipo δ Scuti. Para essas estrelas, duas importantes questões são consideradas:

- 1º - As estrelas do tipo δ Scuti são realmente periódicas ou quase-periódicas?
- 2º - Modulações de "maré" (tidal) seriam responsáveis pelas lentas variações cíclicas observadas nessas estrelas?

Quanto a primeira questão, as estrelas têm um período primário bem definido, possuindo diversos outros períodos secundários.

Na segunda questão, no que diz respeito a própria δ Scuti é possível que seja componente de um sistema binário assim como a estrela 1 Mon. Uma estrela próxima a estrela pulsante exerceria uma perturbação na zona de ionização do hidrogênio e/ou hélio, que seria responsável pela pulsação da estrela.

Tal efeito, juntamente com a possibilidade da estrela ter uma assimetria esférica em relação a companheira, numa órbita provavelmente circular, explicaria os 3 modos não-radiais observados em δ Scuti.

A Tabela (14) nos mostra algumas das possíveis características orbitais de δ Scuti.

TABELA 14

Características Orbitais		Pulsação		
Período (dias)	e	P_o (dias)	Modulações "Tidal"	Modos Não-Radiais
10.2 (?)	0,01(?)	0,19377	Não	Sim

Se existe uma correlação entre a excitação dos modos não-radiais e a excentricidade ou entre as modulações de maré e a excentricidade, diferente de zero, só poderá ser confirmado futuramente com mais observações.

A Tabela (15) mostra as frequências fundamentais (f_0) e as frequências dos três modos não-radiais (f_{n1} , f_{n2} , f_{n3}), medidas por Fath em 1935, 1937 e 1940 (1) na luz branca, e por Fitch em 1972 e 1973 (5) no filtro B. A tabela mostra também as amplitudes (A_i) e as fases (ϕ_i).

TABELA 15

	FATH			FITCH		
	f_i (c/d)	A_i	ϕ_i	f_i (c/d)	A_i	ϕ_i
f_o	5,16078	0,0783	0,534	5,16070	0,0717	0,428
f_{n1}	5,35401	0,0176	0,760	5,35446	0,0150	0,732
f_{n2}	5,27946	0,0039	0,215	5,27885	0,0036	0,791
f_{n3}				4,73582	0,0046	0,624

A partir de suas observações, Fitch fornece a solução para a variação em magnitude da δ Scuti :

$$\Delta m = -2,5 \log [1 + \sum A_i \sin 2 \pi (f_i t + \phi_i)] \dots (27)$$

onde

$$t = DJH - 2427900,0$$

As frequências são dadas em ciclos por dia (c/d) de modo que quando $f_o = 5,16078$ c/d, significa que o período é de $24/5,16078$ horas, ou seja, 4,6504 horas (= 0,19377 d).

O terceiro modo não-radial (f_{n3}) não foi obtido por Fath devido à não-consistência de seus dados.

Fitch compara a frequência fundamental de pulsação (f_o) para δ Scuti através de suas medidas ($f_o = 5,16070$ c/d) com as obtidas por Fath ($f_o = 5,16078$ c/d) e sugere a ocorrência de uma mudança em f_o de $-0,000016$, em 36 anos. Contudo, chama a atenção para o fato de que uma variação tão pequena pode ser atribuída a erros observacionais.

Em 1977 (1542 dias apōs os dados obtidos por Fitch), Moon e Keay (3) analisando a curva de luz , obtiveram f_0 de 5,160767 c/d e um deslocamento do m̄ximo previsto por Fitch de 0,02 dia, o que indicaria uma mudanęa secular em f_0 de +0,000013 (0,02/1542) em 4,25 anos. Porē m tal mudanęa ainda pode ser atribuıda ā erros observacionais.

Quanto ās nossas observaęōes, uma anālise preliminar das curvas de luz obtidas nas noites de 24-25/05/85 e 13-14/06/85, no filtro V, mostra que as amplitudes Δm estāo bem prōximas do valor dado por Kukarkin et al (2) que ē de 0,18 magnitude. Na noite de 20-21/06/85, nesse mesmo filtro, a magnitude obtida foi de 0,23. Tal valor (um pouco mais elevado) pode ser creditado ā erros observacionais e/ou instabilidades na transparēncia do cēu.

Quanto ao filtro B, as amplitudes obtidas sāo mais estāveis de modo que os resultados das noites de 13-14/06/85 e 20-21/06/85 sāo bem prōximas umas das outras (ver Tabela (13)).

O cālcūlo do perıodo descrito no ĩtem(6.13) e os resultados apresentados na Tabela 13 mostram que os valores obtidos utilizando-se o programa A estāo mais prōximos do perıodo da estrela encontrado na literatura (4,65 horas), do que os valores obtidos pelo programa B.

Fazendo uma anālise igual ā feita por Moon e Keay, para as nossas observaęōes, observamos que houve um deslocamento do m̄ximo previsto por Fitch (5) nas noites de 24-25/05/85, 13-14/06/85 e 20-21/06/85.

Nossas observaęōes foram feitas 4325,5 dias apōs os dados obtidos por Fitch. A Tabela (16) mostra o deslocamento dos m̄ximos nessas noites:

Tabela 16

	Deslocamento do Máximo Previsto		Mudança Secular	
	Filtro B	Filtro V	Filtro B	Filtro V
24-25/05/85	-	0,06 dias	-	+0,000014
13-14/06/85	0,06 dias	0,0545 dias	+0,000014	+0,000013
20-21/06/85	0,0595 dias	0,0575 dias	+0,000014	+0,000013

Tais resultados parecem confirmar a suspeita de que a estrela possui uma mudança secular na frequência fundamental. Se admitirmos essa hipótese como verdadeira, nossos resultados confirmam os resultados de Moon e Keay havendo ligeira modificação no valor obtido.

Por outro lado, uma diferença tão pequena ($\sim 0,000001$) em relação ao valor obtido por Moon e Keay pode, simplesmente, ser atribuída a erros observacionais.

Como os dados obtidos a partir de nossas observações são basicamente iguais aos encontrados nas referências citadas, podemos então afirmar que o nosso estudo, apesar das limitações encontradas, fornecem dados que se enquadrariam bem, dentro do modelo físico proposto para δ Scuti. Tais resultados indicam ser possível estabelecer um programa de fotometria fotoelétrica de estrelas variáveis no Rio de Janeiro. Deve ser ressaltado que um programa desse tipo se aplicaria somente a um restrito grupo de estrelas variáveis, uma vez que tanto a localização do observatório quanto o

instrumental disponível, influência no processo de seleção das estrelas. Acreditamos que as estrelas variáveis listadas na Tabela (4) possam ter seus períodos investigados no Observatório do Valongo.

Finalmente, achamos que a fim de aumentar a precisão das observações, devemos observar a estrela somente em um filtro B ou V, ao longo de uma noite. Tal procedimento permitiria obter um maior número de informações, reduzindo o intervalo de tempo entre uma medida e outra.

Esse procedimento deverá ser levado em consideração no caso de uma variável de período menor do que a que foi por nós utilizada.

APÉNDICE

A

PROGRAMA = METODO A

```

10 REM DETERMINACAO DO PERIODO DE ESTRELAS VARIAVEIS - METODO A
20 DEF FNMSDD(X,Y,Z)=X+Y/60+Z/3600
30 DEFINT I,J,K
40 DIM T(300),Y(300),P(300),R(300),P3(300),R3(2)
50 PRINT CHR$(12):PRINT " AVALIACAO DO PERIODO FUNDAMENTAL":PRINT
60 INPUT " DADOS LIDOS DO DISCO(D) OU DO TECLADO(T)";C%
70 IF C%="T" THEN 190
80 IF C%="D" THEN 50
90 PRINT:INPUT " NOME DO ARQUIVO ";F$
100 ON ERROR GOTO 100
110 OPEN "R",#1,1,0 : FILL# #1,4 AS R$(1),4 AS R$(2):IF C%="D" THEN 150
120 GET #1,1 : IN=CVS(R$(1))
130 FOR I=2 TO IN+1 : GET #1,1 : T(I-1)=CVS(R$(1)) : Y(I-1)=CVS(R$(2))
140 NEXT I:CLOSE #1:GOTO 260
150 RSET R$(1)=MK5$(IN) : RSET R$(2)=" " : PUT #1,1
160 FOR I=2 TO IN+1 :RSET R$(1)=MK5$(T(I-1)) : RSET R$(2)=MK5$(Y(I-1))
170 PUT #1,1 : NEXT I : CLOSE #1 : GOTO 50
180 ON ERROR GOTO 0 : GOTO 60
190 I=1:PRINT CHR$(12)
200 PRINT " ENTRE COM O TEMPO(HH,MM,SS) E VALOR.... TERMINA COM 0,0,0,0":PRINT
210 PRINT I;:INPUT " ";T1,T2,T3,Y(1) : T(1)=FNMSDD(T1,T2,T3)
220 IF T(1)=0 AND Y(1)=0 THEN 240
230 I=I+1 : GOTO 210
240 IN=I+1:GOSUB 760
250 PRINT:INPUT " QUER GUARDAR EM DISCO(S/N)";C%:GOTO 90
260 PRINT:INPUT " FAIXA DE PERIODOS:P1,P2 ";P1,P2
270 PRINT:INPUT " PASSO DA VARREDURA ";S
280 IF S=0 THEN 470
290 IF S>(P2-P1)/50 THEN 310
300 PRINT:PRINT " PASSO MUITO PEQUENO" : GOTO 270
310 IF S>(P2-P1) THEN 270
320 IN1=1:PRINT:PRINT " INTERACAO N1:"
330 PRINT IN1;:P3(IN1)=P1+(IN1-1)*S
340 IF P3(IN1)>P2 THEN 630
350 FOR J=1 TO IN
360 P(J)=(T(J)-T(1))/P3(IN1)
370 P(J)=P(J)-FIX(P(J))
380 NEXT J
390 GOSUB 870
400 R(IN1)=0
410 FOR J=1 TO IN-1
420 R(IN1)=R(IN1)+SGR((P(J)-P(J+1))^2+(Y(J)-Y(J+1))^2)
430 NEXT J
440 GOSUB 760
450 IF IN1=50 THEN 630
460 IN1=IN1+1 : GOTO 330
470 REM VARREDURA NAO LINEAR DO PERIODO
480 IN1=1 :PRINT:INPUT " PARAMETRO B ";B:PRINT:PRINT " INTERACAO N1:"
490 PRINT IN1;:P3(IN1)=P1+(P2-P1)*(1+B-1/IN1)
500 IF P3(IN1)>P2 THEN 630
510 FOR J=1 TO IN
520 P(J)=(T(J)-T(1))/P3(IN1)
530 P(J)=P(J)-FIX(P(J))
540 NEXT J
550 GOSUB 870
560 R(IN1)=0
570 FOR J=1 TO IN-1
580 R(IN1)=R(IN1)+SGR((P(J)-P(J+1))^2+(Y(J)+Y(J+1))^2)
590 NEXT J
600 GOSUB 760
610 IF IN1=50 THEN 630
620 IN1=IN1+1 : GOTO 490
630 PRINT:GOSUB 990
640 PRINT CHR$(12):INPUT " QUER LISTAGEM DOS DADOS(S/N)";C%
650 IF C%="S" THEN 680
660 FOR J=1 TO IN : PRINT USING " ##.#### ##.##",T(J),Y(J)
670 NEXT J
680 PRINT:PRINT " NUMERO DE DADOS= ";IN;" NUMERO DE PERIODOS INVESTIGADOS =";
IN1
690 PRINT:PRINT " P1= ";P1;" P2= ";P2;" PASSO= ";S;" PERIODO= ";
700 PRINT USING" ##.#####",P0
710 IF S<0 THEN 730
720 PRINT:PRINT " PARAMETRO B = ";:PRINT USING"##.####",B
730 PRINT:INPUT " QUER CONTINUAR (S/N)";C%
740 IF C%="S" THEN 260
750 END
760 REM OS ARRAYS T E Y SAO ORDENADOS NO SENTIDO CRESCENTE DO TEMPO
770 FOR K=1 TO IN-1
780 H=T(K) : J1=K
790 FOR J=K TO IN
800 IF T(J)=H THEN 820
810 H=T(J) : J1=J
820 NEXT J
830 T(J1)=T(K) : T(K)=H
840 H=Y(J1) : Y(J1)=Y(K) : Y(K)=H
850 NEXT K
860 RETURN
870 REM OS ARRAYS P,T,Y SAO ORDENADOS NO SENTIDOS CRESCENTE DA FASE
880 FOR K=1 TO IN-1
890 H=P(K) : J1=K
900 FOR J=K TO IN
910 IF P(J)=H THEN 930
920 H=P(J) : J1=J
930 NEXT J
940 P(J1)=P(K) : P(K)=H
950 H=T(J1) : T(J1)=T(K) : T(K)=H
960 H=Y(J1) : Y(J1)=Y(K) : Y(K)=H
970 NEXT K
980 RETURN
990 REM CALCULO DO PERIODO CORRESPONDENTE AO VALOR MINIMO DO ARRAY R
1000 H=R(1) : J1=1 : R1=R(1)
1010 FOR K=1 TO IN-1
1020 IF R(K)>H THEN 1040
1030 H=R(K) : J1=K
1040 IF R(K)<R1 THEN 1060
1050 R1=R(K)
1060 NEXT K
1070 P0=P3(J1)
1080 RETURN
1090 END

```

APÉNDICE

B

PROGRAMA METODO B

```

10 REM DETERMINACAO DO PERIODO DE ESTRELAS VARIAVEIS - METODO B
15 DEF FNGMSGD(X,Y,Z)=X+Y/60+Z/3600
20 DATA 3.141593,6.283185 : READ PI,PI2
30 DEFINT I,J,K,L,N
40 DIM T(300),Y(300),S(300),A(61),M(61,62),P3(300),R5(2)
60 PRINT CHR$(12):PRINT "ANALISE DE FOURIER DO PERIODO FUNDAMENTAL"
70 PRINT:INPUT "DADOS LIDOS DO DISCO(D) OU DO TECLADO(T)":C9%
80 IF C9%="T" THEN 200
90 IF C9%="D" THEN 70
100 PRINT:INPUT "NOME DO ARQUIVO ":F3
120 OPEN "R",#1,F3,B:FIELD #1,4 AS R5(1),4 AS R5(2):IF C9%="S" THEN 160
130 GET #1,I: N=CVS(R5(1))
140 FOR I=2 TO N+1 : GET #1,I : T(I-1)=CVS(R5(1)):Y(I-1)=CVS(R5(2))
150 NEXT I :CLOSE #1: GOTO 245
160 RSET R5(1)=MKBS(N): RSET R5(2)="" : PUT #1,I
170 FOR I=2 TO N+1 : RSET R5(1)=MKBS(T(I-1)): RSET R5(2)=MKBS(Y(I-1))
180 PUT #1,I : NEXT I : CLOSE #1: GOTO 60
200 PRINT "ENTRE COM O TEMPO(HH,MM,SS) E VALOR.... TERMINA COM 0,0,0,0":PRINT
210 PRINT I,:INPUT " :T1,T2,T3,Y(I): T(I)=FNGMSGD(T1,T2,T3)
220 IF T(I)=0 AND Y(I)=0 THEN 240
230 I=I+1: GOTO 210
240 CLOSE #1:N=I-1
245 GOSUB 1000
250 PRINT:INPUT "FAIXA DE PERIODOS:P1,P2 ":P1,P2
260 PRINT:INPUT "PASSO DA VARREDURA ":S
270 IF S<=0 OR (P2-P1)/S>300 THEN 260
280 IF S<=((P1+P2)/2)^2/TTO THEN 300
290 PRINT:PRINT "ATENCAO:O PASSO NAO SATISFAZ A CONDICAO -- B=(P^2/TTO"
300 PRINT:INPUT "NUMERO DE HARMONICAS ":N1
310 IF N1<=30 THEN 330
320 PRINT:PRINT "NUMERO MAXIMO DE HARMONICOS = 30":GOTO 300
330 PRINT:PRINT "INTERACAO N=:L=1
340 PRINT L,:P3(L)=P1+S*(L-1)
350 IF P3(L)>P2 THEN 410
360 F=PI2/P3(L):GOSUB 2000:PRINT"/",
370 GOSUB 3000:PRINT"A",
380 GOSUB 4000
390 IF L>=300 THEN 420
400 L=L+1:GOTO 340
410 L=L-1
420 GOSUB 5000
430 REM ESTIMATIVA DO PERIODO FUNDAMENTAL
440 PRINT:PRINT:PRINT "NUMERO DE DADOS=";N1; "NUMERO DE HARMONICOS = ";N1
450 PRINT:PRINT "P1=";P1;" P2=";P2;" PASSO=";S;" PERIODO=";
460 PRINT USING "##.#####",P0
470 PRINT:INPUT "QUER CONTINUAR(S/N)":C9%
480 IF C9%="S" THEN 250
490 END
1000 REM OS ARRAYS T E Y SAO ORDENADOS EM SENTIDO CRESCENTE DO TEMPO
1010 FOR K=1 TO N-1
1020 T1=T(K) : J1=K
1030 FOR J=K TO N
1040 IF T(J)>T1 THEN 1060
1050 T1=T(J) : J1=J
1060 NEXT J
1070 T(J1)=T(K) : T(K)=T1
1080 T1=Y(J1):Y(J1)=Y(K):Y(K)=T1
1090 NEXT K
1100 T0=0
1110 FOR K=1 TO N-1
1120 IF T(K+1)-T(K)<=TTO THEN 1140
1130 T0=T(K+1)-T(K)
1140 NEXT K
1150 RETURN

```

```

1150 RETURN
2000 REM AVALIACAO DA MATRIZ M
2005 FOR J=1 TO N1+1
2010 FOR K=0 TO N1
2020 M(J,K+1)=0 : M(J,N1+1+K)=0
2030 FOR I=1 TO N
2035 IF K=0 THEN M(J,K+1)=M(J,K+1)+SIN(F#J#T(I)):GOTO 2070
2040 M(J,K+1)=M(J,K+1)+SIN(F#J#T(I))*SIN(F#K#T(I))
2060 M(J,N1+1+K)=M(J,N1+1+K)+SIN(F#J#T(I))*COS(F#K#T(I))
2070 NEXT I
2080 NEXT K
2090 M(J,2*N1+2)=0
2100 FOR I=1 TO N
2110 M(J,2*N1+2)=M(J,2*N1+2)+Y(I)*SIN(F#J#T(I))
2120 NEXT I
2130 IF J=N1+1 THEN 2260
2140 FOR K=0 TO N1
2150 M(N1+1+J,K+1)=0 : M(N1+1+J,N1+1+K)=0
2160 FOR I=1 TO N
2165 IF K=0 THEN M(N1+1+J,K+1)=M(N1+1+J,K+1)+COS(F#J#T(I)):GOTO 2200
2170 M(N1+1+J,K+1)=M(N1+1+J,K+1)+COS(F#J#T(I))*SIN(F#K#T(I))
2190 M(N1+1+J,N1+1+K)=M(N1+1+J,N1+1+K)+COS(F#J#T(I))*COS(F#K#T(I))
2200 NEXT I
2210 NEXT K
2220 M(N1+1+J,2*N1+2)=0
2230 FOR I=1 TO N
2240 M(N1+1+J,2*N1+2)=M(N1+1+J,2*N1+2)+Y(I)*COS(F#J#T(I))
2250 NEXT I
2260 NEXT J
2270 RETURN
3000 REM SOLUCAO DO SISTEMA DE 2*N1+1 EQUACOES LINEARES
3010 N2=2*N1+1:N3=2*N1+2 : GOSUB 3200
3020 FOR K=1 TO N2-1
3030 FOR I=K+1 TO N2
3040 FOR J=K+1 TO N2+1
3050 M(I,J)=M(I,J)-(M(I,K)*M(K,J))/M(K,K)
3060 NEXT J
3070 NEXT I
3080 NEXT K
3090 A(N2)=M(N2,N3)/M(N2,N2)
3100 FOR I=N2-1 TO 1 STEP -1
3110 S0=0
3120 FOR K=I+1 TO N2
3130 S0=S0+M(I,K)*A(K)
3140 NEXT K
3150 A(I)=(M(I,N3)-S0)/M(I,I)
3160 NEXT I
3170 RETURN
3200 REM INVERSAO DA PRIMEIRA E SEGUNDA LINHA DA MATRIZ M
3210 FOR J=1 TO N3
3220 T1=M(1,J) : M(1,J)=M(2,J) : M(2,J)=T1
3230 NEXT J
3240 RETURN
4000 REM AVALIACAO DO DESVIO PADRAO S3(L) CORRESPONDENTE AO PERIODO P3(L)
4010 S3(L)=0
4020 FOR J=1 TO N
4021 S0=A(1) : FOR K=1 TO N1
4022 S0=S0+A(K+1)*SIN(F#K#T(J))+A(N1+K+1)*COS(F#K#T(J))
4023 NEXT K
4030 S3(L)=S3(L)+(Y(J)-S0)^2
4040 NEXT J
4050 S3(L)=SQR(S3(L)/N)
4060 RETURN
5000 REM VALOR MAXIMO(R1) E MINIMO(H) DO ARRAY S3(L) DO DESVIO PADRAO
5010 H=1E+31 : R1=0
5020 FOR J=1 TO L
5030 IF S3(J)>H THEN 5050
5040 H=S3(J) : J1=J
5050 IF S3(J)<R1 THEN 5070
5060 R1=S3(J)
5070 NEXT J
5080 P0=P3(J1)
5090 RETURN
5100 END

```


A P Ê N D I C E

C

8:01 PM

NTE ON ALLPACK (08/22/85)

```

&RESET FREE
SUBROUTINE ORDEM(T,N)
DIMENSION T(N)
NR=N-1
DO 5 I=1,NR
IF(T(I+1).LT.T(I))T(I+1)=T(I)+24.
5 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE EXTIN(X,Y,NI,NOBS,A,B)
C *** A SUBROTINA EXTIN CALCULA O COEFICIENTE DE EXTINCAO E A MAGNITUDE
C *** FORA DA ATMOSFERA DA TERRA, COM OS RESPECTIVOS ERROS PADROES
C *** X = MASSA DE AR
C *** Y = MAGNITUDE INSTRUMENTAL
C *** NI = NUMERO DA PRIMEIRA OBSERVACAO DA SERIE
C *** NOBS = NUMERO DA ULTIMA OBSERVACAO DA SERIE
C *** A = COEFICIENTE DE EXTINCAO
C *** B = MAGNITUDE FORA DA ATMOSFERA DA TERRA
DIMENSION X(NOBS),Y(NOBS),COIN(80),EPM(80),W(80)
DO 20 J=1,2
SOMW=0
SOMWX=0.
SOMWY=0.
SOMWX2=0.
SOMWY2=0.
SOMWXY=0.
K=0
DO 10 I=NI,NOBS
IF(J.EQ.1)GOTO 5
RES=ABS(Y(I)-(A*X(I)+B))
IF(RES.GT.(1*EPR))GOTO 9
5 W(I)=1./X(I)**4
SOMW=SOMW+W(I)
SOMWY=SOMWY+W(I)*Y(I)
SOMWY2=SOMWY2+W(I)*Y(I)*Y(I)
SOMWX=SOMWX+W(I)*X(I)
SOMWX2=SOMWX2+W(I)*X(I)*X(I)
SOMWXY=SOMWXY+W(I)*X(I)*Y(I)
GOTO 10
9 K=K+1
WRITE(6,15)J,I,Y(I)
15 FORMAT(/,5X,'OBSERVACAO REJEITADA NO',I2,1X,'AJUSTAMENTO:',2X,'Y(
1',I2,')=',F6.3)
10 CONTINUE
NREAL=NOBS-K+1-NI
IF(NREAL.LT.3)GOTO 40
A1=SOMW*SOMWXY-SOMWX*SOMWY
A2=SOMW*SOMWX2-SOMWX*SOMWX
A3=SOMWY*SOMWX2-SOMWX*SOMWXY
A4=SOMW*SOMWY2-SOMWY*SOMWY
A=A1/A2
B=A3/A2
CR=A*SQRT(A2/A4)
SOMWD2=A*(A*SOMWX2+2.*B*SOMWX-2.*SOMWXY)+SOMWY2+B*(B*SOMW
1-2.*SOMWY)
EP2=SOMWD2/(NREAL-2)
EPA=SQRT(EP2*SOMW/A2)
EPB=SQRT(EP2*SOMWX2/A2)
EPR=SQRT(EP2)
20 CONTINUE
J=J-1
WRITE(6,25)J,NREAL,B,EPB,A,EPA,CR,SOMWD2,EPR
25 FORMAT(/,5X,I1,1X,'AJUSTAMENTO',8X,'NUMERO DE OBSERVACOES UTILIZ
1ADAS',I3,/,5X,'MAGNITUDE FORA DA ATMOSFERA=',F6.3,13X,'ERRO PADR
2AO=',F6.3,/,5X,'COEFICIENTE DE EXTINCAO=',F6.3,17X,'ERRO PADRAO='
3,F6.3,/,5X,'COEFICIENTE DE CORRELACAO=',F6.3,/,5X,'SOMATORIO CCS
4 RESIDUOS AO QUADRADO=',F8.4,4X,'ERRO PADRAO=',F6.4,/)
PA=EPA*EPA
PB=EPB*EPB
DO 30 I=NI,NOBS
EPM(I)=SQRT(X(I)*PA+PB)
30 COIN(I)=(Y(I)-B)/X(I)
WRITE(6,35)(I,Y(I),EPM(I),X(I),COIN(I),I=NI,NOBS)
35 FORMAT(/,16X,'N',4X,'MAGN.',7X,'ERRO',7X,'MASSA',6X,'C.EXT.',/,21
1X,'INST.',6X,'PADRAO',6X,'DE AR',7X,'INST',/,15X,I2,3X,F6.3,6X,F
25,3,7X,F5.3,6X,F5.3))
RETURN
40 WRITE(6,45)
45 FORMAT(/,5X,'O COEFICIENTE NAO PODE SER CALCULADO POR TER MENOS
100 CUE 3 OBSERVACOES',/)
A=0.
RETURN

```


LNQ
SUBROUTINE GDGMS (GDG,G, XM, SDS)

C *** A SUBROTINA TRANSFORMA GRAU E DECIMAL DE GRAU EM GRAU, MINUTO
C *** E SEGUNDO DE ARCO
C *** GDG = GRAU E DECIMO DE GRAU
C *** G = GRAU
C *** XM = MINUTOS
C *** SDS = SEGUNDOS
IG=GDG
G=IG
XMDM=(GDG-G)*60.
IXM=XMDM
XM=IABS(IXM)
SDS=ABS(XMDM-IXM)*60.
RETURN
END

SUBROUTINE INTERP(DC, TVAR, TCOMP, DFM, NOBS)

C *** A SUBROTINA INTERPOLA A DEFLEXAO DA ESTRELA DE COMPARACAO PARA
C *** O INSTANTE DA OBSERVACAO DA ESTRELA VARIÁVEL
C *** DC = DEFLEXAO DA ESTRELA DE COMPARACAO
C *** TVAR = INSTANTE DA OBSERVACAO DA ESTRELA VARIÁVEL EM HORA E
C *** DECIMO DE HORA
C *** TCOMP = INSTANTE DA OBSERVACAO DA ESTRELA DE COMPARACAO EM HORA E
C *** DECIMO DE HORA
C *** DFM = DEFLEXAO INTERPOLADA DA ESTRELA DE COMPARACAO
C *** NOBS = NUMERO DE OBSERVACOES FEITAS
DIMENSION DC(NOBS), TVAR(NOBS), TCOMP(NOBS), DFM(NOBS)
NR=NOBS-2
J=1
I=1
IF(NOBS.EQ.2)GOTO 15
DO 10 I=1, NR
IF(TCOMP(I+2).GT.TVAR(J+1))KP=1
I1=TVAR(J)-TCOMP(I)
I2=TCOMP(I+1)-TCOMP(I)
I3=DC(I+1)-DC(I)
DFM(J)=DC(I)+(I1*I3/I2)
I=I+1
IF(KP.EQ.1)I=I-1
J=J+1
KP=0
10 CONTINUE
15 I1=TVAR(J)-TCOMP(I)
I2=TCOMP(I+1)-TCOMP(I)
I3=DC(I+1)-DC(I)
DFM(J)=DC(I)+(I1*I3/I2)
RETURN
END

SUBROUTINE MASSAR(TSL, ALFA, FI, DEC, DX, NOBS)

C *** A SUBROTINA CALCULA A MASSA DE AR NO INSTANTE DA OBSERVACAO
C *** TSL = TEMPO SIDERAL LOCAL NO INSTANTE DA OBSERVACAO DADO EM HORA
C *** E DECIMO DE HORA
C *** ALFA = ASCENCAO RETA DA ESTRELA DADA EM GRAU E DECIMO DE GRAU
C *** FI = LATITUDE DO LUGAR DA OBSERVACAO DADO EM GRAU E DECIMO DE GRAU
C *** DEC = DECLINACAO DA ESTRELA DADA EM GRAU E DECIMO DE GRAU
C *** DX = MASSA DE AR PARA O INSTANTE DA OBSERVACAO
DIMENSION TSL(NOBS), DX(NOBS)
DOUBLE PRECISION PI
E=-.0012
PI=3.14159265358979323846
D=GDRAD(PI, DEC)
F=GDRAD(PI, FI)
DO 10 I=1, NOBS
H=15.*TSL(I)-ALFA
H=GDRAD(PI, H)
SECZ=1./((SIN(F)*SIN(D)+COS(F)*COS(D)*COS(H))
10 DX(I)=SECZ*(1.+E*(SECZ**2-1.))
RETURN
END

SUBROUTINE PADRAD(B0, V0, B, V)

C *** A SUBROTINA PADRAD CALCULA AS MAGNITUDES PADROES DE JOHNSON A PAR
C *** TIR DAS MAGNITUDES INSTRUMENTAIS FORA DA ATMOSFERA DA TERRA
C *** B0 = MAGNITUDE B FORA DA ATMOSFERA DA TERRA
C *** V0 = MAGNITUDE V FORA DA ATMOSFERA DA TERRA
C *** B = MAGNITUDE B PADRAO DE JOHNSON
C *** V = MAGNITUDE V PADRAO DE JOHNSON
C=.420
D=.235
G=.391
H=.070
EMV=C+D*(B0-V0)
V=V0
B=B0
RETURN
END

SUBROUTINE SINAI XCALEAC, TSL, NOBS, NE, NW)

C *** A SUBROTINA SEPARA AS OBSERVACOES A LESTE E A OESTE DO MERIDIANO
C *** ALFAC = ASCENCAO RETA DA ESTRELA DE EXTINCAO EM HORA E DECIMO


```

C *** TSL = TEMPO SIDERAL LOCAL DA OBSERVAÇÃO EM HORA E DECIMO
C *** NOBS = NUMERO TOTAL DE OBSERVAÇÕES
C *** NE = NUMERO DE OBSERVAÇÕES A LESTE
C *** NW = NUMERO DE OBSERVAÇÕES A OESTE
DIMENSION TSL(NOBS)
DO 55 I=1,NOBS
  T=15.*TSL(I)
  IF(ALFAC-T)50,50,55
55 CONTINUE
50 NE=I-1
  NW=NOBS-NE
  RETURN
END
SUBROUTINE TEMPO(TSGO,ALONG,TSL,TU,NOBS,IT)
C *** A SUBROTINA TRANSFORMA TEMPO SIDERAL LOCAL(TSL) EM TEMPO UNIVERSAL
C *** E VICE-VERSA
C *** TSGO = TEMPO SIDERAL A 0H TU EM GREENWICH NO DIA DA OBSERVAÇÃO
C *** DADO EM HORA E DECIMO DE HORA
C *** ALONG = LONGITUDE DO LOCAL DE OBSERVAÇÃO DADO EM HORA E DECIMO
C *** DE HORA
C *** TSL = TEMPO SIDERAL LOCAL DADO EM HORA E DECIMO DE HORA
C *** TU = TEMPO UNIVERSAL DADO EM HORA E DECIMO DE HORA
C *** NOBS = NUMERO DE OBSERVAÇÕES FEITAS
C *** IT = INDICE QUE INDICA SE QUEREMOS TRANSFORMAR TSL-TU OU TU-TSL.
C *** SE IT = 0 >>> TRANSFORMAMOS TSL EM TU
C *** SE IT = 1 >>> TRANSFORMAMOS TU EM TSL
DIMENSION TSL(NOBS),TU(NOBS)
CT=1.0)2737909265
CT1=.05570982222
IF(IT.EQ.1)GOTO 20
DO 5 I=1,NOBS
  TU(I)=(TSL(I)-TSGO+ALONG)
  IF(TU(I).LT.0.)TU(I)=TU(I)+24.
  IF(TU(I).GT.24.)TU(I)=TU(I)-24.
  IF(TU(I).LT.12.)TU(I)=TU(I)-CT1
  TU(I)=TU(I)/CT
5 CONTINUE
10 RETURN
20 DO 25 I=1,NOBS
  IF(TU(I).GT.24.)TU(I)=TU(I)-24.
  IF(TU(I).LT.12.)TSG=TSGO+CT1
  TSL(I)=CT1*TU(I)+TSG-ALONG
  IF(TSL(I).LT.0.)TSL(I)=TSL(I)+24.
  IF(TSL(I).LT.24.)GOTO 25
  TSL(I)=TSL(I)-24.
25 CONTINUE
30 RETURN
END
FUNCTION AMAG(D,ESC)
C *** A FUNÇÃO CALCULA A MAGNITUDE INSTRUMENTAL
C *** D = DEFLEXÃO DO PONTEIRO
C *** ESC = ESCALA NORMALIZADA EM UNIDADES DE MICROAMPERE
IF(ESC.EQ.3.)ESC=2.994
IF(ESC.EQ.1.)ESC=.9929
IF(ESC.EQ..3)ESC=.2895
IF(ESC.EQ..1)ESC=.0963
IF(ESC.EQ..03)ESC=.02879
IF(ESC.EQ..01)ESC=.009577
IF(ESC.EQ..003)ESC=.002877
IF(ESC.EQ..001)ESC=.000958
IF(ESC.EQ..0003)ESC=.000289
IF(ESC.EQ..0001)ESC=.00009712
A=ALOG10(D)
B=ALOG10(ESC)
AMAG=6.5-2.5*(A+B)
RETURN
END
FUNCTION AMGN(AMAG,CEXT,DX)
C *** A FUNÇÃO CALCULA A MAGNITUDE FORA DA ATMOSFERA DA TERRA
C *** AMAG = MAGNITUDE INSTRUMENTAL NO INSTANTE DA OBSERVAÇÃO
C *** CEXT = COEFICIENTE DE EXTINÇÃO
C *** DX = DIFERENÇA ENTRE A MASSA DE AR DA ESTRELA DE COMPARAÇÃO EA DA
C *** ESTRELA VARIÁVEL NO INSTANTE DA OBSERVAÇÃO
AMGN=AMAG-CEXT*DX
RETURN
END
FUNCTION CORHEL(ALFA,DEC,X,Y,E)
C *** A FUNÇÃO CALCULA A CORREÇÃO HELIOCENTRICA DO INSTANTE DA OBSERVAÇÃO
C *** ALFA = ASCENÇÃO RETA DA ESTRELA DADA EM RADIANO
C *** DEC = DECLINAÇÃO DA ESTRELA DADA EM RADIANO
C *** X,Y = COORDENADAS RETANGULARES DO SOL PARA A DATA DE OBSERVAÇÃO
C *** E = INCLINAÇÃO DA ECLÍPTICA DADA EM RADIANO
C *** CORHEL = CORREÇÃO HELIOCENTRICA DADA EM FRACÇÃO DE DIA
C1=-.00577552
P1=(COS(DEC)*COS(ALFA))*X
P2=(SIN(E)*SIN(DEC)/COS(E)*COS(DEC)+SIN(ALFA))*Y
CORHEL=C1*(P1*P2)
RETURN

```



```

END
FUNCTION CTEMP(D,TD,TJ)
C *** A FUNCAO CALCULA O ESTADO DO CRONOMETRO PARA O INSTANTE DA OBSERVA
C *** D = MARCHA POR DIA DADA EM HORA E DECIMO DE HORA
C *** TD = DIA JULIANO PARA O ESTADO IGUAL A ZERO
C *** TJ = DIA JULIANO DA OBSERVACAO
C *** CTEMP = ESTADO DO RELOGIO DADO EM HORA E DECIMO DE HORA
      CTEMP=(TJ-TD)*D
      RETURN
END
FUNCTION DATA(DD,AM,ANO)
C *** A FUNCAO CALCULA O DIA JULIANO PARA QUALQUER DATA DE OBSERVACAO
C *** AS 12H T.U., A PARTIR DO ANO DE 1900
C *** DD = DIA DA OBSERVACAO
C *** AM = MES
C *** ANO = ANO
      A1=INT((AM+9.)/12.)
      A2=INT(7.+(ANO+A1)/4.)
      A3=INT(275.+(AM+9.)/9.)
      DATA=1721014.+DD+A3-A2+367.+(ANO)
      RETURN
END
FUNCTION DJO(DJ,T)
C *** A FUNCAO CALCULA O DIA JULIANO PARA A HORA DA OBSERVACAO
C *** DJ = DIA JULIANO PARA A DATA DA OBSERVACAO AS 12H TU.
C *** T = HORA DA OBSERVACAO EM TU, DADA EM HORA E DECIMO DE HORA
      IF(T.LT.12.)K=1
      IF(T.LT.12.)T=T+24.
      DJO=DJ+((T-12.)/24.)
      IF(K.EQ.1)T=T-24.
      RETURN
END
FUNCTION FASE(DJI,PER1,PER2,DJO)
C *** A FUNCAO CALCULA A FASE CORRESPONDENTE AO INSTANTE DA OBSERVACAO
C *** DJI = DIA JULIANO DO INICIO DAS EFEMERIDES
C *** PER1 = PERIODO DA VARIÁVEL DADO EM DIAS E FRACAO DE DIA
C *** PER2 = COEFICIENTE DE 2ª ORDEM DO PERIODO DA VARIÁVEL DADO EM
C *** DIAS E FRACAO DE DIA
C *** DJO = DIA JULIANO DO INSTANTE DA OBSERVACAO
      FASE = INT((DJO-DJI)/PER1)
      PER=PER1+PER2*FASE
      FASE=(DJO-DJI)/PER
      FASE=FASE-INT(FASE)
      RETURN
END
FUNCTION FRAC(C1,C2,T,PI)
      DOUBLE PRECISION PI
      FRAC=C1+C2*T
      FRAC=(FRAC-INT(FRAC))*2.*PI
      RETURN
END
FUNCTION GDHD(X)
C *** A FUNCAO TRANSFORMA GRAU E DECIMAL DE GRAU EM HORA E DECIMAL
C *** DE HORA
C *** X = GRAU E DECIMO DE GRAU
      GDHD=X/15.
      RETURN
END
FUNCTION GDRAD(PI,X)
C *** A FUNCAO TRANSFORMA GRAU E DECIMAL DE GRAU EM RADIANO
C *** X = GRAU E DECIMO DE GRAU
      DOUBLE PRECISION PI
      GDRAD=X*PI/180.
      RETURN
END
FUNCTION GMSGD(X,Y,Z)
C *** A FUNCAO TRANSFORMA GRAU, MINUTO E SEGUNDO EM GRAU E DECIMAL
C *** DE GRAU
C *** X = GRAU
C *** Y = MINUTO
C *** Z = SEGUNDO
      Y=SIGN(Y,X)
      Z=SIGN(Z,X)
      GMSGD=X+Y/60.+Z/3600.
      RETURN
END
FUNCTION HDGD(X)
C *** A FUNCAO TRANSFORMA HORA E DECIMAL DE HORA EM GRAU E DECIMAL
C *** DE GRAU
C *** X = HORA E DECIMO DE HORA
      HDGD=X*15.
      RETURN
END
FUNCTION HMSGD(X,Y,Z)
C *** A FUNCAO TRANSFORMA HORA, MINUTO E SEGUNDO DE TEMPO EM GRAU
C *** E DECIMAL DE GRAU
C *** X = HORA
C *** Y = MINUTO

```



```

C *** Z = SEGUNDO
      HMSGD=(X+Y/60.+Z/3600.)*15.
      RETURN
      END
      FUNCTION RADGD (PI,X)
C *** A FUNCAO TRANSFORMA RADIANO EM GRAU E DECIMAL DE GRAU
C *** X = RADIANDOS
      DOUBLE PRECISION PI
      RADGD=X*180./PI
      RETURN
      END
      FUNCTION RADHD (PI,X)
C *** A FUNCAO TRANSFORMA RADIANO EM HORA E DECIMAL DE HORA
C *** X = RADIAND
      DOUBLE PRECISION PI
      RADHD = (X*180./PI)/15.
      RETURN
      END
C *** PROGRAMA PRINCIPAL
C *** C PROGRAMA ECLIPSE CALCULA AS MAGNITUDES E AS FASES DOS ECLIPSES
C      ENTRADA DE DADOS
C *** 1 CARTAO: COORDENADAS DO OBSERVATORIO
C *** LATITUDE(F11,F12,F13),LONGITUDE(ALONG1,ALONG2,ALONG3),FUSO(F) DO
C *** LOCAL DA OBSERVACAO
C *** F11(F3.0)=GRAU,F12(F2.0)=MINUTO DE ARCO,F13(F5.3)=SEGUNDO DE ARCO
C *** ALONG1(F3.0)=HORA,ALONG2(F2.0)=MINUTO,ALONG3(F5.3)=SEGUNDO
C *** F(F3.0)=HORA
C *** 2 CARTAO: ESTADO DO RELOGIO
C *** 3 CARTAO:COORDENADAS DA ESTRELA VARIAVEL E DE
C *** COMPARACAO E EFEMERIDES DA VARIAVEL
C *** ASCENCAO RETA(ALFAC1,ALFAC2,ALFAC3) E DECLINACAO(DECC1,DECC2,DECC3
C *** ) DA COMPARACAO,ASCENCAO RETA(ALFAV1,ALFAV2,ALFAV3) E DECLINACAO
C *** (DECV1,DECV2,DECV3) DA VARIAVEL,DIA JULIANO INICIAL(DJI),PERIODO
C *** (PER1,PER2) DA VARIAVEL
C *** ALFAC1(F3.0)=HORA,ALFAC2(F2.0)=MINUTO,ALFAC3(F5.3)=SEGUNDO
C *** DECC1(F3.0)=GRAU,DECC2(F2.0)=MINUTO,DECC3(F5.3)=SEGUNDO
C *** ALFAV1(F3.0)=GRAU,ALFAV2(F2.0)=MINUTO,ALFAV3(F5.3)=SEGUNDO
C *** DECV1(F3.0)=GRAU,DECV2(F2.0)=MINUTO,DECV3(F5.3)=SEGUNDO
C *** DJI(F15.8),PER1(F12.8),PER2(F13.5)=DIA JULIANO E FRACAO
      DIMENSION TCB1(80),TCB2(80),TCB3(80),DCB(80),DMB(80)
      DIMENSION TCV1(80),TCV2(80),TCV3(80),DCV(80),TCV(80),DMV(80)
      DIMENSION TVB1(80),TVB2(80),TVB3(80),DVB(80),TVB(80)
      DIMENSION TVV1(80),TVV2(80),TVV3(80),DVV(80),TVV(80)
      DIMENSION TVBT1(80),TVBT2(80),TVBT3(80),TVBT(80),TCBT(80)
      DIMENSION TVVT1(80),TVVT2(80),TVVT3(80),TVVT(80),TCVT(80)
      DIMENSION DJB(80),DJV(80),COIN(80),AMGVB(80),AMGVV(80)
      DIMENSION XCB(80),XCV(80),XVB(80),XVV(80),FASEB(80),FASEV(80)
      DIMENSION AMCB(80),AMCV(80),AMVB(80),AMVV(80),AMDMB(80),AMD MV(80)
      DIMENSION DCB(80),DCV(80),EPM(80),DJCB(80),DJCV(80),W(80)
      DIMENSION BIB(6),LEIT(6)
      DOUBLE PRECISION PI
      PI=3.14159265358979323846
      INDR=0
C *** LEITURA DOS CARTOES DE ENTRADA
      READ(5,1)F11,F12,F13,ALONG1,ALONG2,ALONG3,F
      1 FORMAT(2(F3.0,F2.0,F5.3),F3.0)
      READ(5,2)D,T0
      2 FORMAT(F10.7,F15.7)
      READ(5,3)ALFAC1,ALFAC2,ALFAC3,DECC1,DECC2,DECC3,COM1,COM2,
      1ALFAV1,ALFAV2,ALFAV3,DECV1,DECV2,DECV3,VAR1,VAR2
      3 FORMAT(2(F3.0,F2.0,F5.3),A6,A4)
      READ(5,4)DJI,PER1,PER2,(BIB(I),I=1,6)
      4 FORMAT(F13.5,2X,F12.8,3X,E12.5,6A6)
      31 READ(5,5)DIA1,DIA2,AMES,AND,IT,IND,IC,A5
      5 FORMAT(3F2.0,F4.0,3I1,F2.2)
      READ(5,6)NCB,ECB,NCV,ECV,NVB,EVB,NVV,EVV,(LEIT(I),I=1,6)
      6 FORMAT(I4,F6.4,I4,F6.4,I4,F6.4,I4,F6.4,6A6)
      READ(5,7)(TCB1(I),TCB2(I),TCB3(I),DCB(I),I=1,NCB)
      7 FORMAT(7(2F2.0,2F3.1))
      READ(5,8)(TCV1(I),TCV2(I),TCV3(I),DCV(I),I=1,NCV)
      8 FORMAT(7(2F2.0,2F3.1))
      READ(5,9)(TVB1(I),TVB2(I),TVB3(I),DVB(I),I=1,NVB)
      9 FORMAT(7(2F2.0,2F3.1))
      READ(5,10)(TVV1(I),TVV2(I),TVV3(I),DVV(I),I=1,NVV)
      10 FORMAT(7(2F2.0,2F3.1))
      IF(IC.NE.1)GOTO 15
      READ(5,11)AMB,COEB,AMV,COEV
      11 FORMAT(4F5.3)
C *** CALCULO DO DIA JULIANO
      15 DJ=DATA(DIA1,AMES,AND)
      DDIA=DJ-2415020.5
C *** CALCULO DA OBLIQUIDADE DA ECLITICA
      EE1=23.4522944444
      EE2=-.0130125
      EE3=-.00000163888
      EE4=-.03000050277
      TT=DDIA/36525.
      E=EE1+EE2*TT+EE3*TT**2+EE4*TT**3

```



```

C *** CALCULO DO TEMPO SIDERAL EM GREENWICH AS 0H 10
H1=6.6460655556
H2=2400.0512617
H3=.0000258056
TSGO=H1+H2*TT+H3*TT**2
17 IF(TSGO,TT,24.)GOTO 18
TSGO=TSGO-24.
GOTO 17
18 CALL GDGMS(TSGO,TSGO1,TSGO2,TSGO3)
C *** CALCULO DAS COORDENADAS RETANGULARES X,Y
E=GDGRAD(PI,E)
ET=-0.00059
TP=DJ-2451544.5+ET
IT=TP/36525.+1.
AS1=.777072
AS2=.00273790931
GS1=.993126
GS2=.00273777850
AM1=.606434
AM2=.03660110129
G21=.140023
G22=.00445036173
G41=.053856
G42=.00145561327
G51=.056531
G52=.00023080893
F51=.314794
F52=G52
R1=1.00014
R2=-.01675
R3=-.00014
AS=FRAC(AS1,AS2,TP,PI)
GS=FRAC(GS1,GS2,TP,PI)
AM=FRAC(AM1,AM2,TP,PI)
G2=FRAC(G21,G22,TP,PI)
G4=FRAC(G41,G42,TP,PI)
G5=FRAC(G51,G52,TP,PI)
F5=FRAC(F51,F52,TP,PI)
R=R1+R2*COS(GS)+R3*COS(2.*GS)
ALC1=6910.*SIN(GS)+72.*SIN(2.*GS)-17.*TT*SIN(GS)-7.*COS(GS-G5)
ALC2=6.*SIN(AM-AS)+5.*SIN(4.*GS-8.*G4+3.*G5)-5.*COS(2.*GS-2.*G2)
ALC3=-4.*SIN(GS-G2)+4.*COS(4.*GS-8.*G4+3.*G5)+3.*SIN(2.*GS-2.*G2)
ALC4=-3.*SIN(G5)-3.*SIN(2.*GS-2.*G5)
ALC=AS+(ALC1+ALC2+ALC3+ALC4)*PI/648000
X=R*COS(ALC)
Y=R*SIN(ALC)*COS(F)
E=RADGD(PI,E)
CALL GDGMS(E,E1,E2,E3)
C *** IMPRESSAO DOS DADOS INICIAIS
WRITE(6,400)VAR1,VAR2,COM1,COM2
400 FORMAT(5X,'VARIAVEL',1X,A6,A4,20X,'COMPARACAO',1X,A6,A4,/,5X,'==
1=====',20X,'=====')
WRITE(6,410)ALFAV1,ALFAV2,ALFAV3,ALFAC1,ALFAC2,ALFAC3
410 FORMAT(5X,'ALFA=',15,1X,I2,1X,F5.2,18X,'ALFA=',15,1X,I2,
11X,F5.2)
WRITE(6,420)DECV1,DECV2,DECV3,DECC1,DECC2,DECC3
420 FORMAT(5X,'DELTA=',14,1X,I2,1X,F5.2,18X,'DELTA=',14,1X,I2,1X,F5.2
1)
WRITE(6,430)DJI,PER1,PER2,(BIB(I),I=1,6)
430 FORMAT(5X,'EFEMERIDES=',F14.5,2X,'+',F13.8,1X,'E',E13.6,1X,'E**2'
1,/,5X,'EFEMERIDES FORNECIDAS POR',1X,6A6,/)
WRITE(6,440)D,D
440 FORMAT(5X,'ESTADO DO RELOGIO',/,5X,'MARCHA DIARIA DO RELOGIO=',F
110.7,1X,'H',/,5X,'DIA JULIANO PARA O ESTADO ZERO=',F17.7,/)
WRITE(6,450)ALONG1,ALONG2,ALONG3,F11,F12,F13,F
450 FORMAT(5X,'COORDENADAS DO OBSERVATORIO',/,5X,'LONGITUDE=',14,1X,
1I2,1X,F5.2,5X,'LATITUDE=',14,1X,I2,1X,F5.2,5X,'FUSO=',F4.0)
WRITE(6,460)DIA1,DIA2,AMES,ANO,DJ,TSGO1,TSGO2,TSGO3
460 FORMAT(/,5X,'DATA DA OBSERVACAO=',13,/,I2,/,I2,/,I4,5X,'DI
1A JULIANO=',F9.0,/,5X,'TEMPO SIDERAL EM GREENWICH AS 0H 10.',I4
2,1X,I2,1X,F6.3,/)
WRITE(6,470)X,Y,E1,E2,E3
470 FORMAT(5X,'COORDENADAS RETANGULARES DO SOL=',1X,'X=',F12.9,4X,'Y=
1',F12.9,/,5X,'INCLINACAO DA ECLIPTICA=',15,1X,I2,1X,F6.3,/)
WRITE(6,480)
480 FORMAT(10X,'SERIE DE OBSERVACOES FEITAS DA ESTRELA DE COMPARACAO',
1/,9X,'HORA DA',7X,'DEFLEXAO',10X,'HORA DA',7X,'DEFLEXAO',/,8X,
2'OBSERVACAO',5X,'FILTRO B',9X,'OBSERVACAO',5X,'FILTRO V',/)
WRITE(6,490)(TCB1(I),TCB2(I),TCB3(I),DCB(I),TCV1(I),TCV2(I),TCV3(I)
1),DCV(I),I=1,NCB)
490 FORMAT(8X,I2,1X,I2,1X,F4.1,7X,F4.1,11X,I2,1X,I2,1X,F4.1,7X,F4.1)
WRITE(6,500)
500 FORMAT(/,13X,'SERIE DE OBSERVACOES FEITAS DA ESTRELA VARIAVEL',/,
1,9X,'HORA DA',7X,'DEFLEXAO',10X,'HORA DA',7X,'DEFLEXAO',/,8X,'CB
2SERVACAO',5X,'FILTRO B',9X,'OBSERVACAO',5X,'FILTRO V',/)
WRITE(6,490)(IVB1(I),IVB2(I),IVB3(I),DVB(I),IVV1(I),IVV2(I),IVV3(I)
1),DVV(I),I=1,NVB)
WRITE(6,515)(LEIT(I),I=1,6)

```


313 FORMAL//A DA A LEITURA DOS DADOS FOI FEITA POR PLAFORAJ

C *** CONVERSÃO DE UNIDADES

FI=GMSGD(FI1,FI2,FI3)
 ALONG=GMSGD(ALONG1,ALONG2,ALONG3)
 ALFAC=HMSGD(ALFAC1,ALFAC2,ALFAC3)
 ALFAV=HMSGD(ALFAV1,ALFAV2,ALFAV3)
 DECC=GMSGD(DECC1,DECC2,DECC3)
 DECV=GMSGD(DECV1,DECV2,DECV3)

DO 19 I=1,NCB

19 TCB(I)=GMSGD(TCB1(I),TCB2(I),TCB3(I))

DO 20 I=1,NCV

20 TCV(I)=GMSGD(TCV1(I),TCV2(I),TCV3(I))

DO 30 I=1,NVB

30 TVB(I)=GMSGD(TVB1(I),TVB2(I),TVB3(I))

DO 40 I=1,NVV

40 TVV(I)=GMSGD(TVV1(I),TVV2(I),TVV3(I))

C *** CALCULO DA DEFLEXÃO INTERPOLADA

CALL ORDEM(TCB,NCB)

CALL ORDEM(TCV,NCV)

CALL ORDEM(TVB,NVB)

CALL ORDEM(TVV,NVV)

CALL INTERP(CCB,TVB,TCB,DMB,NCB)

CALL INTERP(CCV,TVV,TCV,DMV,NCV)

KDJ=0

C *** CONVERSÃO DO TSL EM TU OU VICE-VERSA

IF(IT.EQ.0)GOTO 159

DO 152 I=1,NCB

152 TCBT(I)=TCB(I)+3

DO 154 I=1,NCV

154 TCVT(I)=TCV(I)+3

DO 156 I=1,NVB

156 TVBT(I)=TVB(I)+3

DO 158 I=1,NVV

158 TVVT(I)=TVV(I)+3

159 CALL TEMPO(TSGD,ALONG,TCB,TCBT,NCB,IT)

CALL TEMPO(TSGD,ALONG,TCV,TCVT,NCV,IT)

CALL TEMPO(TSGD,ALONG,TVB,TVBT,NVB,IT)

CALL TEMPO(TSGD,ALONG,TVV,TVVT,NVV,IT)

C *** CALCULO DO DIA JULIANO PARA A OBSERVAÇÃO

DO 160 I=1,NVB

160 DJB(I)=DJO(DJ,TVBT(I))

DO 170 I=1,NVV

170 DJV(I)=DJO(DJ,TVVT(I))

DO 180 I=1,NCB

180 DJCB(I)=DJO(DJ,TCBT(I))

DO 190 I=1,NCV

190 DJCV(I)=DJO(DJ,TCVT(I))

IF(KDJ.EQ.1)GOTO 205

C *** CORREÇÃO DO ESTADO DO CRONOMETRO

DO 120 I=1,NCB

120 TCB(I)=TCB(I)+CTEMP(D,TO,DJCB(I))

DO 130 I=1,NCV

130 TCV(I)=TCV(I)+CTEMP(D,TO,DJCV(I))

DO 140 I=1,NVB

140 TVB(I)=TVB(I)+CTEMP(D,TO,DJB(I))

DO 150 I=1,NVV

150 TVV(I)=TVV(I)+CTEMP(D,TO,DJV(I))

KDJ=1

GOTO 159

C *** CALCULO DA MAGNITUDE INSTRUMENTAL

205 DO 210 I=1,NCB

210 AMCB(I)=AMAG(DCB(I),ECB)

DO 220 I=1,NCV

220 AMCV(I)=AMAG(DCV(I),ECV)

DO 230 I=1,NVB

230 AMDB(I)=AMAG(DMB(I),ECB)

DO 240 I=1,NVV

240 AMDV(I)=AMAG(DMV(I),ECV)

240 AMVV(I)=AMAG(DVV(I),EVV)

C *** CALCULO DA CORREÇÃO HELIOCENTRICA

ALFAV=GDRADE(PI,ALFAV)

DECV=GDRADE(PI,DECV)

E=GDRADE(PI,E)

CH=CORHEL(ALFAV,DECV,X,Y,E)

DO 250 I=1,NVB

250 AMVB(I)=AMCB(I)-AMVB(I)

DO 260 I=1,NVV

260 AMVV(I)=AMDV(I)-AMVV(I)

260 DJV(I)=DJV(I)+CH

C *** CALCULO DA MASSA DE AR

ALFAV=RADGD(PI,ALFAV)

DECV=RADGD(PI,DECV)

CALL MASSAR(TVB,ALFAC,FI,DECC,XCB,NVB)

CALL MASSAR(TVV,ALFAC,FI,DECC,XCV,NVV)

CALL MASSAR(TVB,ALFAV,FI,DECV,XVB,NVB)

CALL MASSAR(TVV,ALFAV,FI,DECV,XVV,NVV)


```

270 LU 270 I=1,NVB
DXB(I)=XCB(I)-XVB(I)
DO 272 I=1,NVB
272 DXV(I)=XCV(I)-XVV(I)
IF(IC.EQ.1.)GOTO 627
CALL MASSAR(TCB,ALFAC,FI,DECC,XCB,NCB)
CALL MASSAR(ICV,ALFAC,FI,DECC,XCV,NCV)
C *** CALCULO DO COEFICIENTE DE EXTINCAO
280 CALL SINALX(ALFAC,TCB,NCB,NECB,NVCB)
WRITE(6,530)
IF(NECB.EQ.0)GOTO 285
WRITE(6,700)
DEX=ABS(XCB(1)-XCB(NECB))
IF(DEX.GT.A5)GOTO 610
WRITE(6,111)A5
285 COEB=0.
GOTO 615
610 CALL EXTIN(XCB,AMCB,1,NECB,COEB,AMB)
615 IF(NVCB.EQ.0.)GOTO 625
WRITE(6,701)
DEX=ABS(XCB(NECB+1)-XCB(NCB))
IF(DEX.GT.A5)GOTO 620
WRITE(6,111)A5
COWB=0.
GOTO 625
620 NI=NECB+1
CALL EXTIN(XCB,AMCB,NI,NCB,COWB,AMB)
625 IF(COEB.EQ.0.)COEB=COWB
IF(COWB.EQ.0.)GOTO 627
IF(ABS(COEB-COWB).GT.0.5)GOTO 333
CALL EXTIN(XCB,AMCB,1,NCB,COEB,AMB)
C *** CALCULO DAS MAGNITUDES FORA DA TERRA
627 DO 330 I=1,NVB
330 AMGV(B(I)=AMGN(AMVB(I),COEB,DXB(I))
GOTO 338
333 WRITE(6,33)
33 FORMAT(/,20X,'ATENCAO: FORAM USADOS 2 COEFICIENTES DE EXTINCAO')
DO 334 I=1,NECB
334 AMGV(B(I)=AMGN(AMVB(I),COEB,DXB(I))
DO 336 I=NECB+1,NVB
336 AMGV(B(I)=AMGN(AMVB(I),COWB,DXB(I))
338 CALL SINALX(ALFAC,ICV,NCV,NECV,NVCV)
IF(COEV.EQ.0.)GOTO 647
WRITE(6,550)
IF(NECV.EQ.0)GOTO 339
WRITE(6,702)
DEX=ABS(XCV(1)-XCV(NECV))
IF(DEX.GT.A5)GOTO 630
WRITE(6,111)A5
339 COEV=0.
GOTO 635
630 CALL EXTIN(XCV,AMCV,1,NECV,COEV,AMV)
635 IF(NVCV.EQ.0.)GOTO 645
WRITE(6,703)
DEX=ABS(XCV(NECV+1)-XCV(NCV))
IF(DEX.GT.A5)GOTO 640
WRITE(6,111)A5
COWV=0.
GOTO 645
640 NI=NECV+1
CALL EXTIN(XCV,AMCV,NI,NCV,COWV,AMV)
645 IF(COEV.EQ.0.)COEV=COWV
IF(COWV.EQ.0.)GOTO 647
IF(ABS(COEV-COWV).GT.0.5)GOTO 343
CALL EXTIN(XCV,AMCV,1,NCV,COEV,AMV)
647 DO 340 I=1,NVB
340 AMGVV(I)=AMGN(AMVV(I),COEV,DXV(I))
GOTO 348
343 WRITE(6,33)
DO 344 I=1,NECV
344 AMGVV(I)=AMGN(AMVV(I),COEV,DXV(I))
DO 346 I=NECV+1,NVB
346 AMGVV(I)=AMGN(AMVV(I),COWV,DXV(I))
C *** CALCULO DAS FASES DO ECLIPSE
348 DO 350 I=1,NVB
CALL GDGMS(TVBT(I),TVBT1(I),TVBT2(I),TVBT3(I))
350 FASEB(I)=FASE(DJI,PER1,PER2,DJB(I))
DO 350 I=1,NVB
CALL GDGMS(TVVT(I),TVVT1(I),TVVT2(I),TVVT3(I))
360 FASEV(I)=FASE(DJI,PER1,PER2,DJV(I))
C *** CALCULO DAS MAGNITUDES PADROES DE JOHNSON
CALL PADRAO(AMB,AMV,PB,PV)
C *** IMPRESSAO DOS RESULTADOS
WRITE(6,520)COEB,COEV,PB,PV,CH
520 FORMAT(/,17X,'COEFICIENTE DE EXTINCAO PARA A NOITE',/,15X,'FILT
1RO B='F6.3,10X,'FILTRO V='F6.3,/,15X,'MAGNITUDE PADRAO DA E
2STRELA DE COMPARACAO',/,15X,'FILTRO B='F6.2,10X,'FILTRO V='F6.2
3,/,15X,'CORRECAO HELIOCENTRICA='F10.5,/)

```



```

WRITE(6,530)
530 FORMAT('1',///,30X,'F',1X,'T',1X,'I',1X,'T',1X,'R',1X,'D',3X,'R',/
1,30X,'=====','/')
WRITE(6,540)
540 FORMAT(10X,'HORA DA',8X,'DIA JULIANO',18X,'MAGNITUDE',/,8X,'OBSER
VACAO',12X,'DA',11X,'FASE',10X,'C-V',/,11X,'(TU)',10X,'OBSERVACAO'
2,/)
WRITE(6,550)(TVBT1(I),TVBT2(I),TVBT3(I),DJB(I),FASEB(I),AMGVB(I),I
1=1,NVB)
550 FORMAT(5(8X,I2,1X,I2,1X,F4.1,6X,F13.5,5X,F6.5,8X,F5.2,/) ,/)
WRITE(6,560)
560 FORMAT('1',///,30X,'F',1X,'I',1X,'L',1X,'T',1X,'R',1X,'D',3X,'V',/
1,30X,'=====','/')
WRITE(6,540)
WRITE(6,550)(TVVT1(I),TVVT2(I),TVVT3(I),DJV(I),FASEV(I),AMGVV(I),I
1=1,NVV)
INDR=INDR+1
IF(INDR.LT.IND)GOTO 31
LOCK(6)
CALL EXIT
111 FORMAT(//,20X,'O COEFICIENTE NAO PODE SER CALCULADO PORQUE A DIFER
ENCA EM MASSA DE AR E MENOR DO QUE',F4.1,/)
700 FORMAT(15X,'COEFICIENTE DE EXTINCAO PARA OBSERVACOES NECB',/)
701 FORMAT(//,15X,'COEFICIENTE DE EXTINCAO PARA OBSERVACOES NWCB',/)
702 FORMAT(15X,'COEFICIENTE DE EXTINCAO PARA OBSERVACOES NECV',/)
703 FORMAT(//,15X,'COEFICIENTE DE EXTINCAO PARA OBSERVACOES NWCV',/)
END

```


APÉNDICE

D

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 10

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
DIMENSION X(63) , Y(63)
NP= 61
A= 4
B= 5
C= 0
D= 1
E= 2
F= 11
XMIN= 0.0
XMAX= 2.0
YMIN= 1.0
YMAX= 2.6
TEX=12.
TIX=TEX/4
TEY=10.
TIY=TEY/4
DO 20 I=1,NP
READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
10  FORMAT( 1X,F9.3,1X,F4.2 )
20  CONTINUE
30  CONTINUE
X(NP+1)= XMIN
X(NP+2)= XMAX
Y(NP+1)= YMIN
Y(NP+2)= YMAX
CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
CALL PLTOPS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
CALL PAXVAL(.2 )
CALL PAXTTL(.2 )
CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
DO 40 I=1,NP
IF(I .LE. 61) NS=A
C IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C IF(I .GE. 116 ) NS=E
CALL PLNSYM(.20)
CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
CALL PLTEND
END

```


PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 11

C PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
 C EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIÁVEIS

```

C
  DIMENSION X(10) , Y(10)
  NP= 8
  A= 4
  B= 5
  C= 0
  D= 1
  E= 2
  F= 11
  XMIN= 0.0
  XMAX= 2.0
  YMIN= 1.0
  YMAX= 2.6
  TEX=12.
  TIX=TEX/4
  TEY=10.
  TIY=TEY/2
  DO 20 I=1,NP
  READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
10  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
20  CONTINUE
30  CONTINUE
  X(NP+1)= XMIN
  X(NP+2)= XMAX
  Y(NP+1)= YMIN
  Y(NP+2)= YMAX
  CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
  CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
  CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
  CALL PAXVAL(.2 )
  CALL PAXTTL(.2 )
  CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
  CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
  CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
  CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
  CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
  DO 40 I=1,NP
  IF(I .LE. 8)NS=C
C  IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C  IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C  IF(I .GE. 116 ) NS=E
  CALL PLNSYM(.20)
  CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
  CALL PLTEND
  END
  F

```

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 12

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIÁVEIS
C
      DIMENSION X(62) , Y(62)
      NP= 60
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 2.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.0
      TEX=12.
      TIX=TEX/4
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
      READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
10  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
20  CONTINUE
30  CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTOPS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 50)NS=A
C  IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C  IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C  IF(I .GE. 116 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```


PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 13

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIÁVEIS
C
      DIMENSION X(62) , Y(62)
      NP= 60
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 3.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.6
      TEX=12.
      TIX=TEX/6
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
      READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
10  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
20  CONTINUE
30  CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 60)NS=B
C  IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C  IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C  IF(I .GE. 116 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 14

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIÁVEIS
C
      DIMENSION X(10) , Y(10)
      NP= 8
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 2.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.0
      TEX=12.
      TIX=TEX/4
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
10     READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
20     FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30     CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 8) NS=C
C     IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C     IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C     IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C     IF(I .GE. 116 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40     CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```


PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 15

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
  DIMENSION X(62) , Y(62)
  NP= 60
  A= 4
  B= 5
  C= 0
  D= 1
  E= 2
  F= 11
  XMIN= 0.0
  XMAX= 3.0
  YMIN= 1.0
  YMAX= 2.0
  TEX=12.
  TIX=TEX/6
  TEY=10.
  TIY=TEY/2
  DO 20 I=1,NP
  READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
10  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
20  CONTINUE
30  CONTINUE
  X(NP+1)= XMIN
  X(NP+2)= XMAX
  Y(NP+1)= YMIN
  Y(NP+2)= YMAX
  CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
  CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
  CALL PLTDFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
  CALL PAXVAL(.2 )
  CALL PAXTTL(.2 )
  CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
  CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
  CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
  CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
  CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
  DO 40 I=1,NP
  IF(I .LE. 60)NS=B
C  IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C  IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C  IF(I .GE. 116 ) NS=E
  CALL PLNSYM(.20)
  CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
  CALL PLTEND
  END

```

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 16

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIÁVEIS
C
  DIMENSION X(41) , Y(41)
  NP= 39
  A= 4
  B= 5
  C= 0
  D= 1
  E= 2
  F= 11
  XMIN= 0.0
  XMAX= 3.0
  YMIN= 1.0
  YMAX= 2.0
  TEX=12.
  TIX=TEX/6
  TEY=10.
  TIY=TEY/2
  DO 20 I=1,NP
10  READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
20  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30  CONTINUE
  CONTINUE
  X(NP+1)= XMIN
  X(NP+2)= XMAX
  Y(NP+1)= YMIN
  Y(NP+2)= YMAX
  CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
  CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
  CALL PLTDFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
  CALL PAXVAL(.2 )
  CALL PAXTTL(.2 )
  CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
  CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
  CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
  CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
  CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
  DO 40 I=1,NP
  IF(I .LE. 39) NS=D
C  IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C  IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C  IF(I .GE. 116 ) NS=E
  CALL PLNSYM(.20)
  CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
  CALL PLTEND
  END

```


PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 17

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
      DIMENSION X(71) , Y(71)
      NP= 69
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 3.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.6
      TEX=12.
      TIX=TEX/6
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
      READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
10  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
20  CONTINUE
30  CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTDFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 69)NS=E
C  IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C  IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C  IF(I .GE. 116 )-NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 18

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
      DIMENSION X(71) , Y(71)
      NP= 69
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 3.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.0
      TEX=12.
      TIX=TEX/6
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
10  READ(5,10,END=30) X(I) , Y(I)
20  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30  CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTDFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 69)NS=E
C  IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
C  IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
C  IF(I .GE. 116 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
      CALL PLTEND
      END
E

```


PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 19

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
      DIMENSION X(164) , Y(164)
      NP= 162
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 1.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.6
      TEX=12.
      TIX=TEX/2
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
10     READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
20     FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30     CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 41)NS=A
      IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
      IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C     IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
      IF(I .GE. 116 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40     CONTINUE
      CALL PLTEND
      END
LE

```

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 20

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
      DIMENSION X(238) , Y(238)
      NP= 236
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 3.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.0
      TEX=12.
      TIX=TEX/6
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
10     READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
      FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
20     CONTINUE
30     CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLDTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 50)NS=A
      IF(I .GE. 61 .AND. I .LE. 121) NS=B
      IF(I .GE. 122 .AND. I .LE. 130) NS=C
      IF(I .GE. 131 .AND. I .LE. 170) NS=D
      IF(I .GE. 171 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40     CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```


PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 21

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
      DIMENSION X(169) , Y(169)
      NP= 167
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 3.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.0
      TEX=12.
      TIX=TEX/6
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1,NP
10  READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
20  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30  CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 35) NS=A
      IF(I .GE. 36 .AND. I .LE. 88) NS=B
      IF(I .GE. 89 .AND. I .LE. 95) NS=C
      IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
      IF(I .GE. 132 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 22

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIÁVEIS
C
      DIMENSION X(164) , Y(164)
      NP= 162
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 3.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.6
      TEX=12.
      TIX=TEX/6
      TEY=10.
      TIY=TEY/2
      DO 20 I=1, NP
10  READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
20  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30  CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXTTL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1, NP
      IF(I .LE. 41) NS=A
      IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
      IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C  IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
      IF(I .GE. 116 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```


PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 23

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVAÇÕES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIÁVEIS
C
      DIMENSION X(164) , Y(164)
      NP= 162
      A= 4
      B= 5
      C= 0
      D= 1
      E= 2
      F= 11
      XMIN= 0.0
      XMAX= 1.0
      YMIN= 1.0
      YMAX= 2.8
      TEX=12.
      TIX=TEX/2
      TEY=10.
      TIY=TEY/9
      DO 20 I=1,NP
10     READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
20     FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30     CONTINUE
      X(NP+1)= XMIN
      X(NP+2)= XMAX
      Y(NP+1)= YMIN
      Y(NP+2)= YMAX
      CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
      CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
      CALL PLTDFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
      CALL PAXVAL(.2 )
      CALL PAXITL(.2 )
      CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
      CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
      CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
      CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
      DO 40 I=1,NP
      IF(I .LE. 41)NS=A
      IF(I .GE. 42 .AND. I .LE. 96) NS=B
      IF(I .GE. 97 .AND. I .LE. 115) NS=C
C     IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
      IF(I .GE. 116 ) NS=E
      CALL PLNSYM(.20)
      CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40     CONTINUE
      CALL PLTEND
      END

```

PROGRAMA RELATIVO À FIGURA 24

```

C  PROGRAMA PARA PLOTAR OBSERVACOES FOTOMETRICAS
C  EM "B" E "V" DE ESTRELAS VARIAVEIS
C
DIMENSION X(169) , Y(169)
NP= 167
A= 4
B= 5
C= 0
D= 1
E= 2
F= 11
XMIN= 0.0
XMAX= 1.0
YMIN= 1.0
YMAX= 1.9
TEX=12.
TIX=TEX/2
TEY=10.
TIY=TEY/9
DO 20 I=1,NP
10  READ(5,10,END=30) X(I), Y(I)
20  FORMAT( 1X,F5.3,1X,F4.2 )
30  CONTINUE
CONTINUE
X(NP+1)= XMIN
X(NP+2)= XMAX
Y(NP+1)= YMIN
Y(NP+2)= YMAX
CALL PSCALE(TEX,TIX,XMIN,DX,X(1),NP+2,1)
CALL PSCALE(TEY,TIY,YMIN,DY,Y(1),NP+2,1)
CALL PLTOFS(XMIN,DX,YMIN,DY,1.,1.)
CALL PAXVAL(.2 )
CALL PAXTTL(.2 )
CALL PAXIS(1.,1.,'FASE',-4,TEX,0.,XMIN,DX,TIX)
CALL PAXIS(1.,1.,'C-V',3,TEY,90.,YMIN,DY,TIY)
CALL PLOTCC(XMIN,YMAX,13)
CALL PLOTCC(XMAX,YMAX,12)
CALL PLOTCC(XMAX,YMIN,12)
DO 40 I=1,NP
IF(I .LE. 35) NS=A
IF(I .GE. 36 .AND. I .LE. 88) NS=B
IF(I .GE. 89 .AND. I .LE. 95) NS=C
IF(I .GE. 96 .AND. I .LE. 131) NS=D
IF(I .GE. 132 ) NS=E
CALL PLNSYM(.20)
CALL PLINE(X(I),Y(I),1,1,-1,NS,1)
40  CONTINUE
CALL PLTEND
END

```


B I B L I O G R A F I A

- 1) FATH, E.A. - The Variability of δ Scuti - PASP, V 47, p.232, 1935.
- 2) KUKARKIN, B.V., Kholopov, P.N. et all - General of Variable Stars -
Moscou, 1970.
- 3) MOON, T.T. and Keay, D.M. - Refinement of the Fundamental Frequency
of Pulsation of Delta Scuti - IBVS n^o2145, 1982.
- 4) FITCH, W.S. - Rediscussion of Delta Scuti - Ap.J., V132, p. 430 ,
1960.
- 5) FITCH, W.S. - Multiperiodicity in RRs and δ Scuti Stars: An Ob-
servational View - IAU Colloquium n^o 29, P.167, 1976.
- 6) STROHMEIER, W. - Variable Stars - New York, Pergamon Press, 1972.
- 7) KUKARKIN, B.V. and Parenago, P.P. - Survey and Observations of
Physical and Eclipsing Variable Stars - In: Strand, K.Aa. ed.
Basic Astronomical Data, Chigago, The University of Chigago
Press, 1963.
- 8) SAHADE, J. and Wood, F.B. - Interacting Binary Stars -International
Series in Natural Philosophy.
- 9) MCNAMARA, P.H. and Augason, G. - The Absolute Magnitude of the
Delta Scuti Stars - Ap.J., V 135, p. 64, 1962.
- 10) PAYNE-GAPOSCHKIN, C. - Variable Stars and Galactic Structure - Lon-
don, The Athole Press, 1954.
- 11) CHEVALIER, C. - Evolution and Pulsation of δ Scuti Stars - Ap.L. ,
V8, p.179, 1971.
- 12) CHEVALIER, C. - Short Period Variables VIII. Evolution and Pul-
sation of δ Scuti Stars.- Astron. and Astrophys., V14, p.24 ,
1971.

- 13) KUKARKIN, B.V. ed. - Pulsating Stars. - Jerusalém, Israel Program for Scientific Translations, 1975.
- 14) CAMPOS, José Adolfo S. de - Fotômetro Fotoelétrico - Apostila , Observatório do Valongo, Rio de Janeiro, UFRJ.
- 15) HALL, D.S. and Genet, R.M. - Photoelectric Photometry of Variable Stars - A Practical Guide for the Smaller Observatory - Guillian L.Myers, Minuteman Press, 1982.
- 16) HENDEN, A.A. and Kaitchuck, R.H. - Astronomical Photometry - New York, Van Nostrand Reinhold Co. Inc., 1982.
- 17) GUEDINI, S. - Software for Photometric Astronomy - Richmond , Willmann-Bell, Inc., 1982.
- 18) GASPAR, Graça e Romano, Vera Lúcia M.Marques - Determinação do Coeficiente de Extinção Atmosférica para o Observatório do Valongo. - Projeto de Fim de Curso , Observatório do Valongo, UFRJ, Rio de Janeiro, 1977.
- 19) PADDOCK, G.F. and Struve, O. - The Radial Velocity of Delta Scuti - Ap.J., V119, p.3116, 1954.
- 20) CAMPBELL, W.W. and Wright, W.H. - Stars with Variable Velocities - Ap.J., V12, p.256, 1900.
- 21) QUAIST, G.R. - Problemas Instrumentais e Observacionais em Fotometria Fotoelétrica (Tese de Mestrado) - São José dos Campos, ITA, 1970.
- 22) MARTINS, C.S. - Observação e Análise Binárias Eclipsantes do Tipo "Algol" (Projeto de Fim de Curso) - Rio de Janeiro, Observatório do Valongo, UFRJ, 1978.
- 23) JOHNSON, H.L. - Photometric Systems - In: Strand, K. Aa. Ed. - Basic Astronomical Data - Chigago, The University of Chigago Press, 1963.
- 24) HARDIE, R.H. - Photoelectric Reductions - In: Hiltner, W.A. ed. Astronomical Techniques - The University of Chigago Press, 1962.