

EDITORIAL

O QUE É A REA?

É bem provável que você esteja fazendo esta pergunta agora. Em parte, você não conhece a REA porque ela é uma das mais recentes entidades astronômicas amadoras brasileiras - fundada em 10 de janeiro de 1988 e operacionalizada em março. Em parte, também, por nossa decisão de não divulgar amplamente nossas atividades antes do primeiro ano de observações. O presente Reporte significa exatamente nosso primeiro veículo de divulgação junto as demais entidades astronômicas brasileiras e algumas do exterior.

A REA é, como o nome indica, uma rede de observação - ou, como consta em nosso documento de fundação, “um elo de ligação entre os astrônomos não-profissionais que se preocupam em registrar suas observações de forma sistemática e que permita a utilização dos dados brutos para trabalhos de cunho científico, sejam estes elaborados pela REA ou não”.

O QUE SIGNIFICA TUDO ISTO?

Significa, em primeiro lugar, que nossos objetivos são basicamente observacionais, embora naturalmente usando a teoria indispensável para complementá-la. Por esse motivo, não nos dedicamos a divulgação astronômica, manufatura de equipamentos, a palestras ou a cursos para o público em geral. É claro que não desprezamos nenhuma dessas atividades, que são exercidas (e bem exercidas por sinal) por diversas associações astronômicas brasileiras: apenas, elas não são o nosso “negócio”.

Significa, também, que a participação em qualquer de nossos projetos implica no uso de uma metodologia sistemática e padronizada - sem o que as observações são obviamente incompatíveis. Todos os dados são obrigatoriamente registrados em fichas-padrão. Como não pretendemos reinventar a roda, nossos padrões são consistentes com os de entidades internacionais sérias e de maior experiência: a AAVSO, a ALPO, a Webb Society, a BAA, a RASNZ, a LIADA. “Consistentes” não significa “iguais” - consideramos que a adaptação às condições locais é indispensável quase sempre.

Significa ainda que, embora formada basicamente por astrônomos amadores, a REA participa da integração entre estes últimos e os profissionais - colaboração esta que é característica da moderna astronomia amadora. São motivos de satisfação para a REA este contato e uso de nossos dados para finalidades científicas.

Significa, por fim, que embora a REA não tenha pretensão de ser uma rede de “experts”, ela procura ser uma entidade séria no campo observacional. Dessa forma, novos observadores são bem-vindos, mesmo que pouco experientes. Experiência se adquire em qualquer campo - desde que haja dedicação e perseverança para tal. Esta, em última análise, é a condição indispensável para a participação em nossa rede.

BEM, E COMO FUNCIONA A REA?

O mecanismo de operação é simples: há um núcleo de coordenação localizado em São Paulo e que fornece apoio técnico, administrativo e de publicações. A REA, no entanto, não é uma entidade regional: cerca de 70% dos associados residem fora de São Paulo. Mensalmente, a coordenação da REA edita e distribui diversos projetos de observação aos associados, além de uma circular informativa. Os projetos podem ser elaborados por qualquer associado, desde que dentro de normas pré-estabelecidas de qualidade e interesse científico. Cada projeto consta tipicamente de um “pacote” contendo seus objetivos, informações teóricas, métodos de observação, os mapas, tabelas e gráficos necessários e as fichas-padrão respectivas.

Os observadores preencherão as fichas-padrão com seus próprios dados, remetendo cópia à coordenação da REA até o dia 25 de cada mês. Os dados brutos consolidados são arquivados em microcomputadores no início do mês subsequente, estando as listagens disponíveis a qualquer associado

- ou, eventualmente, a entidades amadoras ou profissionais, a critério da REA. A redução posterior dos dados brutos objetiva a publicação de artigos - como os que se lêem no presente Reporte.

QUE RESULTADOS A REA OBTEVE ATÉ AGORA?

Nos dez primeiros meses de atividade, a rede desenvolveu 43 projetos, a maioria dos quais em andamento. Esses programas foram divididos em diversas áreas, como se vê a seguir:

1) Área de estrelas variáveis - curva de luz de Mira Ceti, L2 Puppis, Beta Doradus, R Carinae, L Carinae, U Carinae, S Carinae, S Centauri, T Centauri, Delta Librae, R Leonis, R Scuti, R Corona Borealis, RR Scorpii, RY Sagitarii, R Aquilae, Beta Lirae, R Aquarii, Chi Cygni, R Horologii, Kappa Pavonis, U Orionis, Beta Persei e R Hydrae.

2) Área planetária - Dicotomia de Venus (elongação vespertina, março - abril/88); idem (elongação matutina, agosto/88); Satélites de Júpiter; dicotomia de Mercúrio; oposição periélica de Marte; mapeamento de estruturas atmosféricas em Júpiter;

3) Área de cometas - Liller (1988a), Tempel II (1987q).

4) Área de ocultações - Asteroidais de 150 Nuwa e 48 Doris; lunar de Beta Tauri em Nov/88.

5) Área de meteoros - correntes em piscis austrinus, orionidas e auriga.

6) Área de objetos difusos - catálogo Messier; objetos da Grande Nuvem de Magalhães; estudo sobre nebulosas planetárias.

7) Área lunar - patrulhamento de fenômenos lunares transitórios; eclipse parcial (ago/88).

Praticamente todos os programas obtiveram resposta dos observadores, e no início de novembro nosso banco de dados já continha cerca de 1500 observações realizadas pelos associados. É um bom início - mas consideramos que esse número ainda pode ser multiplicar muitas vezes. Novos observadores - já o dissemos - são sempre bem-vindos. Se voce pretende fazer algo mais que observar contemplativamente o céu, porque não se integra a nós?

QUEM PARTICIPA DA REA?

Ainda somos poucos: nosso quadro de observadores conta com Anacleto Espinosa (Piedade, SP), Andre L. da Silva (São Vicente, SP), Antonio Padilla Filho (Rio de Janeiro, RJ), Avelino A. Alves (Florianópolis, SC), Carlos A. Colesanti (São Paulo, SP), Christian A. Vieira (Ribeirão Preto, SP), Claudio Brasil Leitão Jr. (São Paulo, SP), Eduardo A.V. Feijó (São Paulo, SP), Edvaldo J. Trevisan (São Paulo, SP), Flavio L. Marques (Jaú, SP), Frederico L. Funari (São Paulo, SP), Francisco J. M. da Rocha (Santa Maria, RS), José Guilherme de Souza Aguiar (Campinas, SP), Luiz A. L. da Silva (Porto Alegre, RS), Luiz E. Castro (CASP/SP), Lupercio B. Bezerra (Recife, PE), Marcos F. Lara (Nilópolis, RJ), Mauro S. Bonilha (São Paulo, SP), Nilson Veiga Filho (São José do Rio Preto, SP), Pierson C.A. Barreto (Recife, PE), Reinaldo del Dotore (São Paulo, SP), Romualdo Lourençon (Jundiaí, SP), Sergio Ribeiro (Franca, SP), Tasso A. Napoleão (São Paulo, SP), Walter J. Maluf (Monte Mor, SP).

Os projetos editados nos dez primeiros meses foram preparados por: Antonio Padilla Filho (estrelas variáveis), Claudio B. Leitão Jr. (planetas e ocultações), José Guilherme de Souza Aguiar (cometas e meteoros), Marcos F. Lara (planetária e lunar), Reinaldo del Dotore (cometas), Romualdo Lourençon (ocultações) e Tasso A. Napoleão (estrelas variáveis e objetos difusos).

O núcleo de coordenação da REA em São Paulo conta com Carlos Colesanti e Edvaldo Trevisan na área administrativa e editorial, Reinaldo del Dotore e Claudio B. Leitão Jr. na coordenação do banco de dados e Claudio B. Leitão Jr. e Tasso A. Napoleão na coordenação técnico-científica.

Agora, voce já conhece um pouco da REA. Esperamos em breve ter notícias suas.

O EFEITO SCHROTER EM VÊNUS E A ELONGAÇÃO VESPERTINA DE 1988

Claudio Brasil Leitão Junior

ABSTRACT

This article presents theoretical considerations about the Schroter Effect in Venus and the results of REA's program on observation in March and April 1988 to determinate the moment of Venus's dichotomy.

1. O EFEITO SCHROTER.

Vênus é o segundo planeta do nosso sistema a uma distância de 108 milhões de quilômetros do Sol. É aproximadamente do mesmo tamanho da Terra, com um diâmetro equatorial de 12400 km e uma massa igual a 0.815 massas terrestres. Sendo um planeta interior, Vênus apresenta fases.

Vamos agora relembrar algumas características do movimento orbital de Vênus (1), cuja órbita é mostrada na figura 1. A Terra, considerada estacionária, está na posição T. Quando Vênus está na posição V_1 , diz-se que o mesmo está em conjunção inferior, uma vez que está situado entre o Sol e a Terra. Nas raras ocasiões em que o alinhamento é perfeito, o planeta é observado em trânsito como um disco negro projetado contra o disco brilhante do Sol. A menos que esteja em trânsito, Vênus é invisível no exato momento da conjunção inferior, uma vez que seu lado não iluminado (representado em preto no diagrama) está voltado para a Terra.

A medida que Vênus se desloca para a posição V_2 , o hemisfério iluminado começa a apontar na direção da Terra. O planeta é visível então no céu da manhã, apresentando um disco crescente. O planeta vai se tornando cada vez mais brilhante e sua fase e distância angular ao Sol aumentam. Quando Vênus atinge a posição V_2 , forma um ângulo reto com o Sol e a Terra, e se apresenta a nós metade iluminado. Diz-se então que o planeta está em dicotomia, a palavra de origem grega que significa literalmente "cortado ao meio". Na posição V_2 , Vênus atinge a maior distância angular ao Sol (cerca de 47 graus) e é um objeto brilhante visível no leste antes do amanhecer.

Continuando seu movimento orbital, Vênus sai da dicotomia passando para uma fase gibosa. O planeta vai, a cada passo, mostrando mais seu hemisfério iluminado, enquanto que a distância à Terra aumenta e, conseqüentemente, seu tamanho aparente diminui (figura 2). Quando Vênus atinge a posição V_3 , diz-se que o mesmo está em conjunção superior. Nesta ocasião, o planeta está cheio, mostrando-

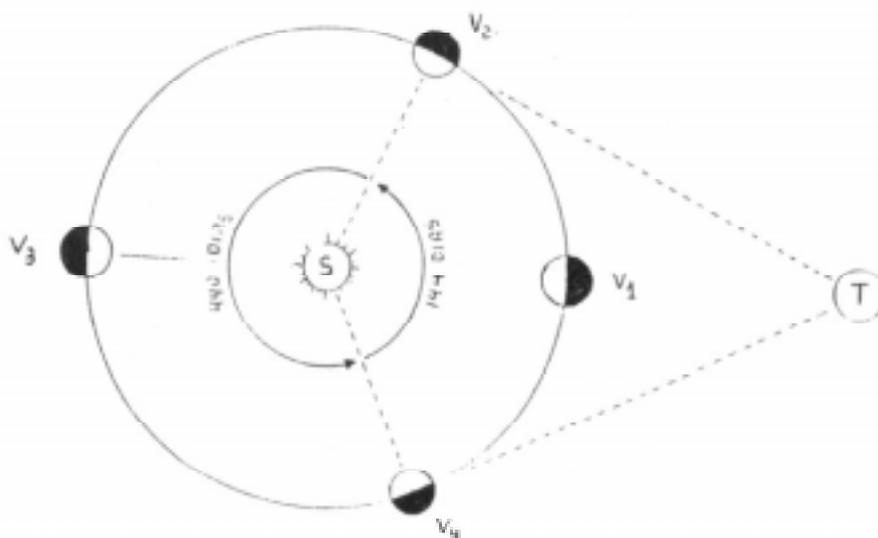


Figura 1: Desenho da órbita de vênus

nos integralmente seu hemisfério iluminado. Como está muito próximo do Sol, é observado com dificuldade.

Entre as posições V3 e V4, Vênus apresenta novamente uma fase gibosa, sendo visível no céu vespertino. Ocorre agora o inverso da semi-órbita anterior. O planeta se aproxima da Terra, sua fase diminui e seu tamanho aparente aumenta.

Na posição V4, o planeta está novamente dicotomizado, apresentando a máxima distância angular ao Sol. Saído de V4, a fase de Vênus continua crescendo e sua distância angular ao Sol diminuindo, até atingir novamente a conjunção inferior (V1).

O tempo necessário para um ciclo completo é de 584 dias, que corresponde ao período sinódico de Vênus. Em geral, há um intervalo de 144 dias entre uma elongação vespertina e uma matutina (V4 e V2) enquanto que 440 dias são gastos para o planeta circundar o Sol e voltar novamente a uma elongação vespertina (V2 a V4).

Como vimos acima, nas posições V2 e V4, o ângulo entre o Sol e a Terra, visto de Vênus, é de 90 graus. Batizemos este ângulo de i . A fase de Vênus, em função de i , é dada pela equação:

$$K = (1 - \cos i) / 2 \quad (\text{eq. 1})$$

Para $i = 90$ graus, na equação 1, resulta $K = 0,5$, ou seja, o planeta está em dicotomia.

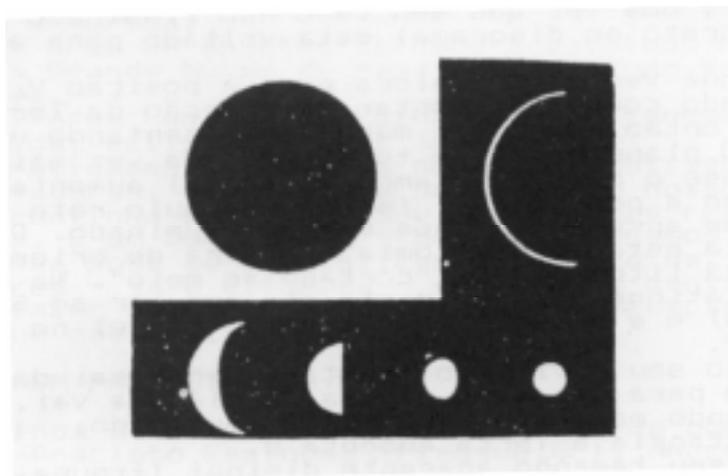


Figura 2: Tamanho aparente de Vênus em várias fases.

A órbita de Vênus é bem determinada e é fácil prever o instante em que o planeta se apresentará dicotomizado. Porém o astrônomo alemão Johann Schroter observou, em agosto de 1793, que a dicotomia ocorrera com oito dias de atraso e o fenômeno se repetiu em elongações posteriores. Quarenta anos mais tarde, os astrônomos alemães Wilhelm Beer e Johann Madler encontraram uma discrepância de seis dias. Em 1927, McEwen e J. A. Lees registraram uma diferença de 14 dias entre a dicotomia teórica e a observada.

Observou-se que nas elongações matutinas, a dicotomia é observada depois da data prevista. Ocorre justamente o oposto nas elongações vespertinas, ocasiões em que se observa a dicotomia antes da data teórica (2,3). Esta situação está resumida na tabela I.

TABELA I - O EFEITO SCHROTER

| ELONGAÇÃO | APARIÇÃO | DISCO | FENÔMENO |
|-----------|------------|-----------|--|
| W | Matutina | Crescente | Dicotomia é observada depois da data teórica |
| E | Vespertina | Minguante | Dicotomia é observada antes da data teórica |

Diversas explicações foram sugeridas para o efeito Schroter (1). O próprio Schroter sugeriu que o efeito era causado pelo espalhamento da luz no terminador. Beer e Madler achavam que o efeito tinha origem nas sombras lançadas por montanhas altas na superfície do planeta. Para Antonialdi, o efeito era de origem puramente fisiológica. É provável que o fenômeno esteja associado a complexa atmosfera do planeta.

Durante a aparição vespertina de 1963-64, Alan Binder realizou uma série de observações (4) com o objetivo de determinar se a curva de fase observada diferia da curva teórica. A fase observada foi determinada através de medições de desenhos do planeta.

A figura 3 mostra o gráfico obtido por Binder (4). Nele podemos identificar cinco regiões principais.

Tem-se uma linha reta na região I porque o defeito de fase era muito pequeno para ser detectado. Segundo Binder, tem-se na região II uma superestimativa da fase pela razão de se ter comparado o terminador com um círculo imaginário, que é o limbo invisível do planeta. Este fato induziu o observador a desenhar o terminador mais circular do que ele realmente é, provocando a superestimativa da fase.

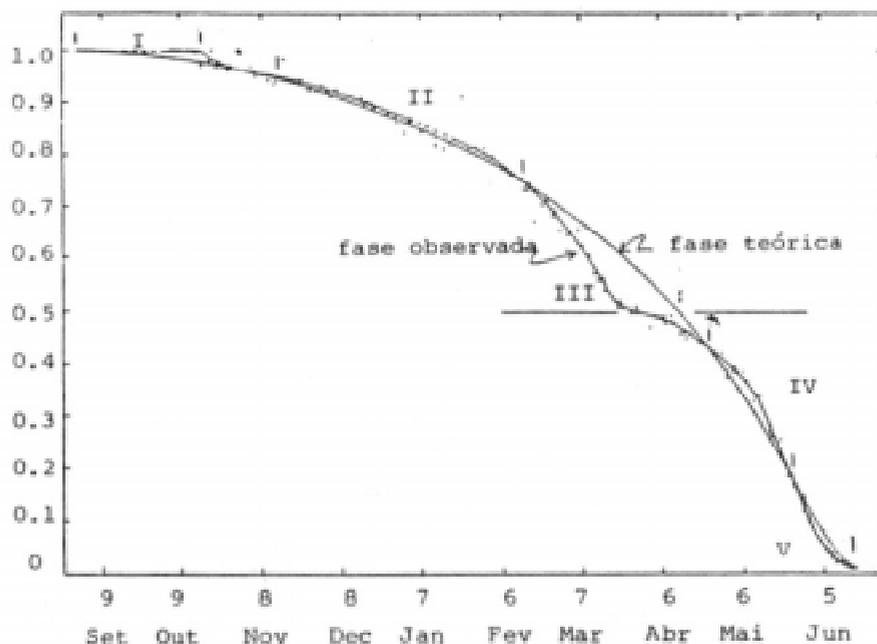


Figura 3: Gráfico obtido por Alan Binder em 1963-

Na região III, tem-se a ação de dois efeitos. Um deles de origem puramente fisiológica. Uma vez que nesta região compara-se o terminador com uma linha reta e tem-se a tendência de desenhá-lo mais reto do que ele o é na realidade. Isto provoca a subestimativa da fase. O segundo efeito é o efeito Schroter, independente do efeito fisiológico citado anteriormente.

Tem-se na região IV novamente a tendência de se comparar o terminador com uma linha reta, provocando neste caso a superestimativa da fase. Além disso, um segundo efeito ocorre. Devido as difíceis condições de visibilidade das cúspides, que tendem a desaparecer, erramos ao estimar a fase como sendo a razão A/B ao invés da correta razão A/C (figura 4), uma vez que C é o semi-diâmetro real da imagem do planeta.



Figura 4: Explicação da superestimativa de fase na região IV.

Na região V torna-se a comparar o terminador com o limbo do planeta, havendo a tendência de se desenhar o terminador mais circular do que é na realidade, causando uma subestimativa da fase.

É importante notar na figura 3 o ponto de inversão (5) a partir do qual a fase observada supera a fase teórica, ao contrário do que ocorria até então. O ponto de inversão tem sido detectado em algumas observações e não tem sido registrado em outras. Também há divergências com relação a que valor de fase o ponto de inversão ocorre. Henry McEwen observando de 1919 a 1927 encontrou que o ponto de inversão ocorreu em $K = 0,44$. Milchelso e Petrov detectaram a inversão em $K = 0,55$ (6). Um grupo de observação da RASC determinou, em 1961, o ponto de inversão em $K = 0,40$, porém não conseguiu detectá-lo em 1962, ocasião em que todas as observações, com exceção de uma, ficaram abaixo da teórica.

2. MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO.

São dois os principais métodos de observação para o estudo do efeito Schroter: o método do registro de fase e o método das probabilidades.

2.1. MÉTODO DO REGISTRO DE FASES.

Este método tem sido sugerido por John Westfall da ALPO. Consiste em registrar em fichas apropriadas desenhos do planeta que serão utilizados posteriormente para se calcular as fases. Os resultados são então tratados estatisticamente através do método dos mínimos quadrados (5), uma ferramenta matemática que serve para calcular a reta que melhor se ajusta a um conjunto de pontos de origem experimental. Se traçarmos um gráfico da fase teórica de Vênus em função do tempo, obtem-se a curva mostrada na figura 5. Porém se considerarmos um intervalo de tempo de 30 a 40 dias em torno da data da dicotomia, podemos considerar este segmento de curva como sendo retilíneo e ajustar os resultados pelo método dos mínimos quadrados.

Através da reta ajustada, obtem-se a data da dicotomia observada, podendo-se então calcular a defasagem entre esta e a data teórica.

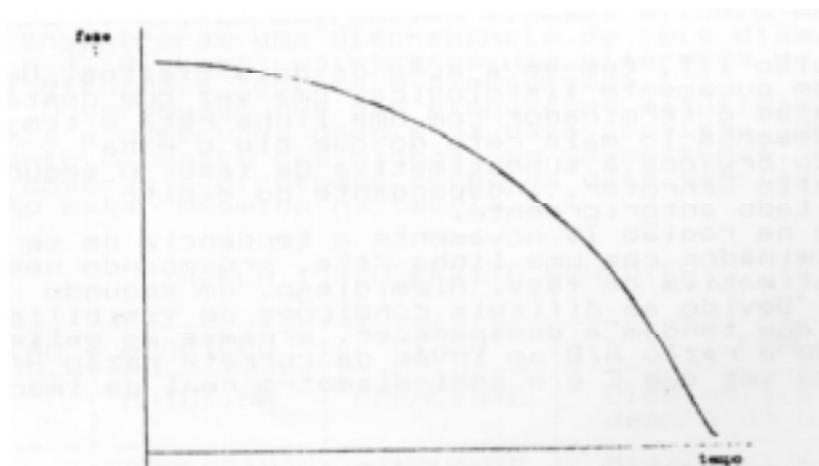


Figura 5: Gráfico da fase teórica de Vênus em função da fase.

2.2. O MÉTODO DAS PROBABILIDADES.

Este método foi desenvolvido por Alan Binder com o objetivo de minimizar as dificuldades causadas pelo mau “seeing” ou imagens óticas pobres de Vênus (7). Consiste em se estimar três probabilidades: a do terminador de Vênus estar côncavo, a de estar retilíneo e a de estar convexo. A soma das três probabilidades deve ser igual a um. De posse de um bom número de estimativas, pode-se determinar a data em que ocorreu a dicotomia.

3. AS OBSERVAÇÕES NA ELONGAÇÃO VESPERTINA DE 1988

Através da REA, empreendeu-se durante os meses de março e abril de 1988 um programa observacional com o objetivo de se determinar a data em que ocorreu a dicotomia citeriana, recolhendo desta forma elementos para o estudo do efeito Schroter. Utilizou-se o método dos mínimos quadrados. Os observadores faziam desenhos do planeta em uma ficha padrão, registrando a data e a hora da observação. Através de medidas posteriores realizadas nestes desenhos, pode-se calcular a fase observada correspondente a uma determinada data juliana.

No período de 19/03 a 01/05 foram obtidas 38 observações, realizadas por oito observadores, Estas observações estão listadas na tabela II.

Analisando-se o gráfico fase observada versus data juliana, apresentado na figura 6, percebe-se o comportamento retilíneo das observações. Não se detectou o ponto de inversão, que tem aparecido em outros estudos do planeta. Nota-se também a discrepância entre observações realizadas na mesma data por observadores diferentes. Este fato é bem evidente no dia 31/03 (veja $DJ = 2447252$ no gráfico da figura 6) ocasião em que cada um dos quatro observadores encontrou um resultado diferente para a fase observada.

Ajustando-se os dados obtidos pelo método dos mínimos quadrados, encontrou-se um coeficiente de correlação de 0.9158, que evidencia o comportamento retilíneo, apesar das discrepâncias.

A equação da reta ajustada é:

$$F = 1.9649104 - 0.0057971727 DJ' \quad (\text{eq. 2})$$

onde F é a fase observada e DJ' é o dia Juliano subtraído de 2447000, ou seja,

$$DJ' = DJ - 2447000 \quad (\text{eq. 3})$$

Substituindo-se o valor $F = 0,5$ na equação 2, encontra-se para DJ' o valor 252.69, e pela equação 3 calcula-se que DJ vale 2447252.69 (04:32 TU do dia 1 de abril), que corresponde ao instante em que Vênus se apresentou dicotomizado. Assim sendo, a dicotomia ocorreu 4.98 dias antes da data teórica (04:02 TU do dia 6 de abril).

Apresenta-se na tabela III a relação dos observadores que participaram desta primeira campanha observacional de 1988.

TABELA III - RELAÇÃO DOS OBSERVADORES

| NOME | N. OBS. | INSTRUMENTO |
|------------------------------|---------|---------------|
| Andre Luiz da Silva | 7 | R 114mm f/8 |
| Antonio Padilla Filho | 1 | L 60mm f/15 |
| Carlos Alberto Colesanti | 1 | SC 200mm f/10 |
| Claudio Brasil Leitão Junior | 2 | R 114mm f/8 |
| Edvaldo José Trevisan | 9 | L 60mm f/15 |
| Reinaldo del Dotore | 2 | R 96mm f/7 |
| Renato Levai | 5 | R 114mm f/8 |
| Tasso Augusto Napoleão | 11 | SC 200mm f/10 |

Pretende-se manter programas observacionais para estudo do efeito Schroter em Vênus ao longo de muitos anos, incluindo elongações matutinas e vespertinas para que se tenha condições de traçar um comportamento da anomalia de fase citeriana para diversas elongações.

| Dia Juliano | Data TU | Hora TU | Fase | Observador | Local |
|-------------|------------|----------|------|---------------------------|---------------|
| 2447240.39 | Mar 19, 88 | 09:21 PM | 0.59 | Reinaldo del Dotore | São Paulo |
| 2447240.40 | Mar 19, 88 | 09:30 PM | 0.58 | Andre Luiz da Silva | São Vicente |
| 2447240.43 | Mar 19, 88 | 10:25 PM | 0.55 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447241.38 | Mar 20, 88 | 09:00 PM | 0.58 | Andre Luiz da Silva | São Vicente |
| 2447241.38 | Mar 20, 88 | 09:00 PM | 0.53 | Antonio Padilla Filho | R. de Janeiro |
| 2447241.43 | Mar 20, 88 | 10:25 PM | 0.62 | Renato Levai | São Paulo |
| 2447241.44 | Mar 20, 88 | 10:35 PM | 0.53 | Carlos Alberto Colesanti | São Paulo |
| 2447241.44 | Mar 20, 88 | 10:30 PM | 0.53 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447243.40 | Mar 22, 88 | 09:30 PM | 0.62 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447243.42 | Mar 22, 88 | 09:58 PM | 0.60 | Renato Levai | São Paulo |
| 2447243.43 | Mar 22, 88 | 10:20 PM | 0.53 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447244.40 | Mar 23, 88 | 09:30 PM | 0.53 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447244.42 | Mar 23, 88 | 10:00 PM | 0.53 | Andre Luiz da Silva | São Vicente |
| 2447245.40 | Mar 24, 88 | 09:35 PM | 0.52 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447245.42 | Mar 24, 88 | 10:05 PM | 0.59 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447246.39 | Mar 25, 88 | 09:17 PM | 0.57 | Reinaldo del Dotore | São Paulo |
| 2447246.39 | Mar 25, 88 | 09:28 PM | 0.57 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447246.40 | Mar 25, 88 | 09:40 PM | 0.50 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447247.39 | Mar 26, 88 | 09:20 PM | 0.50 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447248.25 | Mar 27, 88 | 06:07 PM | 0.50 | Claudio Brasil Leitão Jr. | São Paulo |
| 2447248.39 | Mar 27, 88 | 09:25 PM | 0.50 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447248.41 | Mar 27, 88 | 09:48 PM | 0.56 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447249.40 | Mar 28, 88 | 09:40 PM | 0.50 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447252.25 | Mar 31, 88 | 05:54 PM | 0.47 | Claudio Brasil Leitão Jr. | São Paulo |
| 2447252.38 | Mar 31, 88 | 09:12 PM | 0.52 | Andre Luiz da Silva | São Vicente |
| 2447252.39 | Mar 31, 88 | 09:25 PM | 0.50 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447252.41 | Mar 31, 88 | 09:55 PM | 0.49 | Renato Levai | São Paulo |
| 2447256.46 | Apr 4, 88 | 11:05 PM | 0.47 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447262.37 | Apr 10, 88 | 08:57 PM | 0.47 | Andre Luiz da Silva | São Vicente |
| 2447262.40 | Apr 10, 88 | 09:40 PM | 0.43 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447262.42 | Apr 10, 88 | 10:08 PM | 0.44 | Renato Levai | São Paulo |
| 2447266.39 | Apr 14, 88 | 09:25 PM | 0.40 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447267.40 | Apr 15, 88 | 09:32 PM | 0.47 | Andre Luiz da Silva | São Vicente |
| 2447273.40 | Apr 21, 88 | 09:40 PM | 0.35 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447276.39 | Apr 24, 88 | 09:20 PM | 0.40 | Renato Levai | São Paulo |
| 2447276.39 | Apr 24, 88 | 09:25 PM | 0.37 | Tasso Augusto Napoleão | São Paulo |
| 2447276.40 | Apr 24, 88 | 09:45 PM | 0.32 | Edvaldo José Trevisan | São Paulo |
| 2447283.37 | Mai 1, 88 | 08:50 PM | 0.33 | Andre Luiz da Silva | São Vicente |

Tabela II - Listagem das observações.

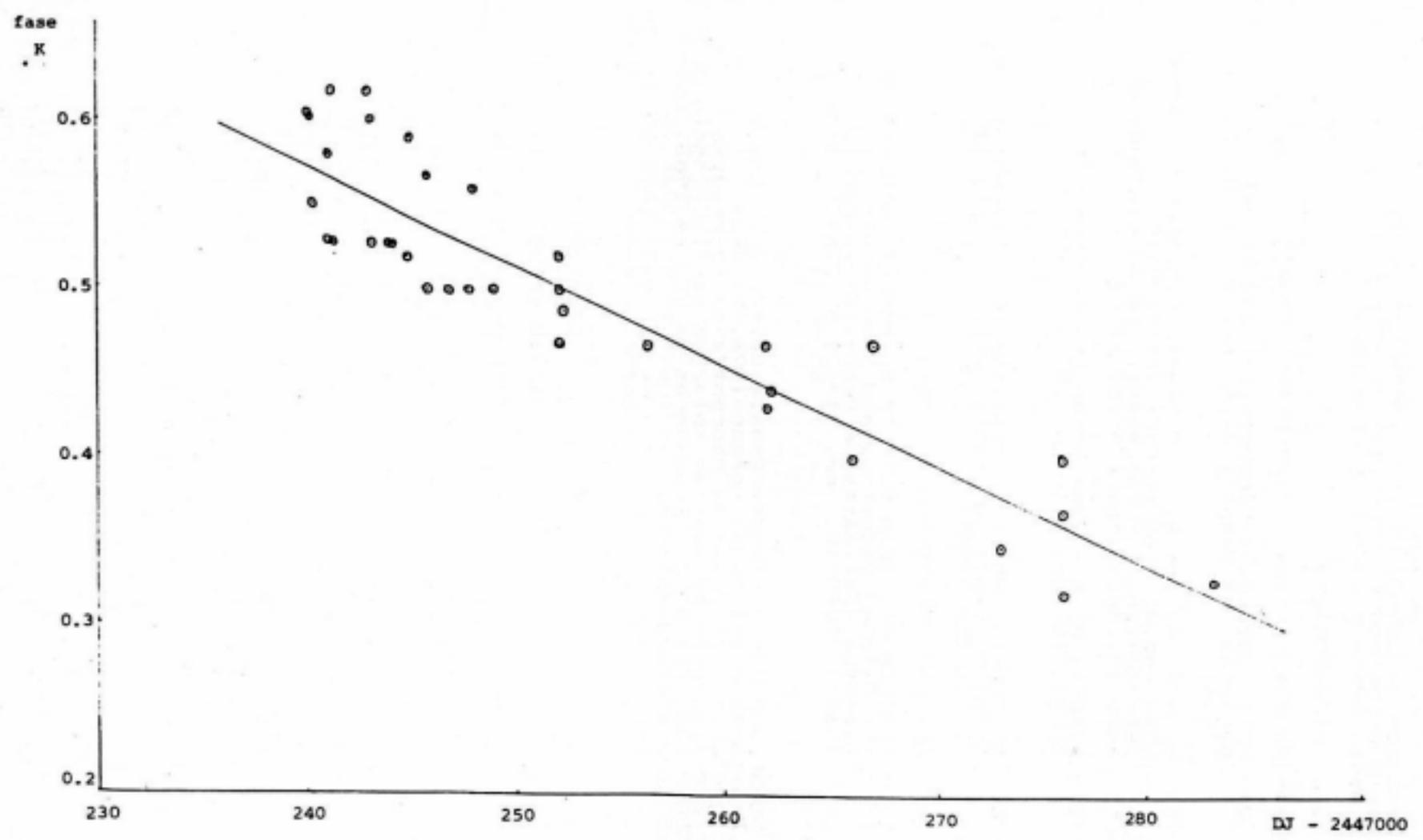


Figura 6: Gráfico fase observada versus dia juliano para a elongação vespertina de 1988.

4. AGRADECIMENTOS.

Agradeço ao colega Odilon Simões Corrêa pelas referências e orientações fornecidas durante e após o desenvolvimento deste programa observacional.

5. REFERÊNCIAS.

- (1) - MOORE, Patrick - "The Planet Venus".
- (2) - HEATH, M.B.B. - "Theoretical and Visual Dichotomy of Venus": JBAA, 66, n. 1, p. 33-35 (1955).
- (3) - CORREA, Odilon S. - "O Efeito Schroter em Vênus Observações e Análises"; Informativo Astronômico da União Brasileira de Astronomia; vol. IV; n. 6; p. 176-182 (1984).
- (4) - BINDER, Alan - "The Venus Phase Anomaly"; JALPO, 18; n. 9-10, p. 189-192 (1965).
- (5) - WESTFALL, John E. - "Estimation of Dichotomy of Venus by Least Squares"; JALPO, 18, n. 11-12, p. 226-228 (1965).
- (6) - SLY & TELESCOPE, 17, 520, (1958).
- (7) - CRUIKSHANK, Dale P. - "A Method of Determining the Date of Dichotomy and Some Results of Dichotomy Estimates on Venus, March-April, 1964"; JALPO, 18, n. 11-12, p. 228-230 (1965).

SOBRE O AUTOR: Claudio Brasil Leitão Jr., 26, é físico. Dedicou-se à astronomia desde 1976. Na área observacional, seu interesse se concentra na observação planetária e fenômenos do sistema solar em geral. É sócio da LIADA, CEA e UBA. Foi um dos fundadores da REA em 1988, onde atua como um dos coordenadores.

OBSERVAÇÕES VISUAIS DO COMETA BRADFIELD 1987s

José Guilherme de Souza Aguiar

ABSTRACT

The following articles describes the results obtained on the observation of two comets, Bradfield 1987s and Borrelly 1987p. All observations were made by the author and observational conditions are summarized too.

1. INTRODUÇÃO.

Em 11 de agosto de 1987, William A. Bradfield, em Denarnancourt, próximo de Adelaide (Austrália), descobriu um novo cometa de magnitude 10, na constelação de Hydra, que apresentava uma cauda de 15' de arco.

Os elemento orbitais calculados foram os seguintes:

$T = 1987 \text{ nov, } 7.2638 \text{ ET}$

$e = 0.995299$

$q = 0.869152$

$w = 73.8901$

$i = 34.0895$

2. OBSERVAÇÕES E MÉTODOS.

O cometa Bradfield 1987s foi observado na zona urbana de Campinas, de coordenadas: lat - 22°53'61" e long. +47°01'65", com altitude de 700 metros.

Para a observação deste cometa empregou-se um refrator "Tasco" de abertura = 60mm (F/11). Foram realizadas 23 estimativas de magnitude, utilizando-se o método de Bobrovnikoff, e outras estimativas como diâmetro da coma, sua graduação, medições de cauda, P.A., além de desenhos, que são itens descritos no "Manual de Observações de Cometas" - LIADA.

As estrelas de comparação para a obtenção dos valores de magnitude, foram extraídas do mapa "AAVSO - Variable Star Atlas", cartas de n. 77, 94, 95, 96, 117 e 118.

3. RESULTADOS.

3.1. Aspectos diários do cometa.

A tabela abaixo descreve as 23 observações realizadas no período de 25/9/87 a 03/1/88.

| DATA TU | MAG | D.COMA | G | L.CAUDA | P.A. |
|------------|-----|--------|---|---------|------|
| set, 25.92 | 7.5 | 0.312' | 5 | _____ | ___ |
| out, 03.92 | 7.1 | 0.597' | 4 | _____ | ___ |
| out, 04.92 | 7.0 | 1'25" | 4 | _____ | ___ |
| out, 07.92 | 6.8 | 1'50" | 4 | _____ | ___ |
| out, 09.92 | 6.7 | 2'30" | 3 | _____ | ___ |
| out, 18.92 | 6.4 | 2'05" | 3 | 10' | 340 |
| out, 22.94 | 6.3 | 3'20" | 3 | 15' | 340 |
| out, 26.92 | 6.1 | 3'20" | 2 | 17' | 345 |
| out, 31.91 | 5.8 | 3'57" | 2 | 19' | 348 |
| nov, 01.92 | 5.7 | 4'15" | 3 | 20' | 350 |
| nov, 02.92 | 5.7 | 6'20" | 3 | 16' | 350 |
| nov, 03.92 | 5.6 | 5'25" | 3 | 15' | 350 |
| nov, 04.93 | 5.6 | 5'12' | 3 | 15' | 352 |
| nov, 08.93 | 5.4 | 5'10" | 2 | 15' | 355 |
| nov, 09.95 | 5.4 | 5'00" | 2 | 15' | 355 |
| nov, 10.93 | 5.2 | 4'10" | 3 | 18' | 355 |
| nov, 11.92 | 5.2 | 4'15" | 3 | 20' | 355 |
| nov, 12.93 | 5.1 | 4'00" | 3 | 20' | 357 |
| nov, 13.92 | 5.0 | 4'05" | 3 | 18' | 357 |
| nov, 14.93 | 5.0 | 4'00" | 3 | 15' | 357 |
| jan, 01.95 | 6.2 | 3'20" | 4 | 25' | 70 |
| jan, 02.95 | 6.3 | 3'12" | 4 | 25' | 73 |
| jan, 03.94 | 6.3 | 3'10" | 4 | 22' | 75 |

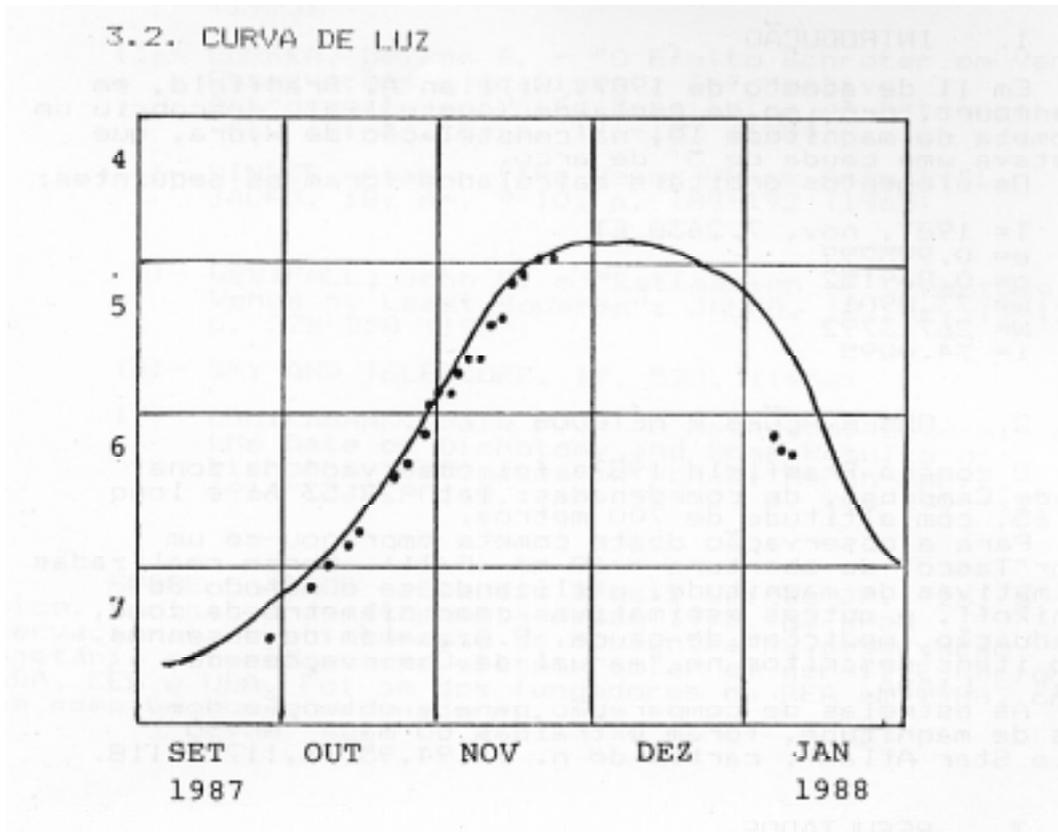
Obs.: G = graduação de coma, sendo 5 = aspecto estelar, 0 = completamente difuso

L. Cauda = estimativa do tamanho da cauda em graus, convertido para minutos de arco.

P.A. = ângulo de posição da cauda para o núcleo (0 = norte, 90 = oeste)

3.2. CURVA DE LUZ.

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.



4.1. Núcleo.

Os núcleos cometários consistem num conglomerado de gelo, água, pedras meteóricas e poeiras. À medida que toda essa massa (que varia de 1 a 10 km de diâmetro - podendo em casos extremos, como o cometa Wirtanen 1957 que alcançou 50 km) aproxima-se do Sol, o aumento do calor solar provoca a evaporação do gelo no vácuo. Neste meio a temperatura de fusão do gelo e a ebulição da água são próximos, ocorrendo a evaporação da água e a libertação de pedras e poeira agregadas. Porém, nesta aparição o núcleo se mostrou muito pequeno. Em outras ocasiões foi a estrutura mais visível e brilhante, mas nada de especial se notou nessa passagem.

4.2. Condensação central.

Trata-se da nuvem de gás e poeira mais central do cometa, que rodeia o núcleo, estando-se este escondido por detrás. Notou-se sua presença após a segunda semana de outubro, e foi observada até janeiro. Seu tamanho em novembro se destacou, isto em relação a coma, medidas realizadas demonstraram que seu tamanho chegou a 0,1', sempre de cor branca, mas se notou um tom azul em algumas observações.

4.3. Coma.

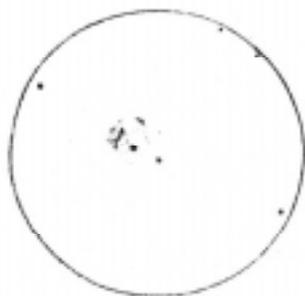


Fig.1 - Esboço realizado em 03/10/87, as 22:17 TU. O cometa apresentava uma magnitude de 7,0. Nota-se que o núcleo era a estrutura mais visível.

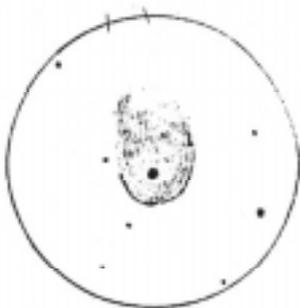


Fig. 2 - Esboço realizado em 31/10/87, as 22:30 TU. Sua magnitude é 5.88, sua condensação central chega a 1' de diâmetro.

4.3. Coma.

Mostrou-se de bom tamanho durante toda a passagem. Devemos citar que as medidas realizadas por binóculos e instrumentos luminosos alcançaram valores mais altos. Os valores de diâmetro de coma observados pelo autor variaram entre 3' e 7' de arco, porém os valores reais obtidos por outros amadores chegaram aos 10', mas com a utilização de grandes binóculos e refletores de distância focal curta, por volta de $f/5$.

Tornou-se claro que devido a sua pequena abertura e luminosidade do refrator empregado nessa observação, os valores ficaram inferiores aos divulgados por outras associações que utilizaram-se de maiores aberturas.

Realizou-se uma redução de dados enviada ao ICQ, e notou-se que os valores encontrados entre amadores que usaram refratores entre 50 e 80mm foram pequenos quanto ao diâmetro encontrado, não mais que 1', porém a discrepância maior se deu com os resultados obtidos por amadores que utilizaram-se de refletores entre 150 e 300mm. Neste caso, os valores estavam sempre acima dos 8' de arco, mas as diferenças chegaram a 2,5'.

A coma não deixou de apresentar algumas características peculiares, a saber:

Qualquer amador que já tenha observado um certo número de cometas observou ausência de uniformidade na aparência desses objetos.

Quando observamos cometas com pequena distância periélica, menos de 1 UA, deparamos com uma forma globular. A análise espectral desses objetos revelam fortes emissões de gás nas regiões próximas do núcleo.

A luz desses cometas deve-se à própria luminescência dos gases, e secundariamente a luz solar refletida. Em outras palavras estamos descrevendo um cometa gasoso, o que se reflete em caudas tênues e não raro, longas.

Outra propriedade importante é que esses cometas tendem a aumentar seu brilho mais depressa que o comum ao se aproximar do Sol, e a diminuir também depressa ao se afastar.

Ao telescópio, costumam ser muito incaracterísticos. Assemelham-se a um agrupamento globular de estrelas, as vezes contendo um núcleo mais brilhante, mas difuso. Em alguns casos podem registrar-se caudas em forma de leque, como visto por pouco tempo no cometa 1987 XV.

Durante o período de observação notou-se que a coma apresentava uma forma parabólica, que se evidenciou em registros feitos de setembro a outubro de 87. Tal fato foi comprovado por astrônomos que realizaram suas observações com binóculos. No decorrer das observações, notou-se por duas vezes uma variação do grau de condensação. Estas variações foram inicialmente notadas no final de outubro de 87, entre os dias 26 e 31. Amadores da Europa e USA também notaram essa “flutuação” da graduação da coma, o que veio a confirmar o observado pelo autor.

A segunda variação ocorreu uma semana após a primeira, observada entre os dias 8 e 9/11/87. Os mesmos observadores que registraram a primeira ocorrência alertaram para a segunda. Também neste caso, ao período e as características das variações vieram a coincidir com o observado pelo autor. Até o momento não há uma explicação exata e adequada para o fenômeno, mas há sugestões que dizem tratar-se de liberação de gases do núcleo do cometa.

Através dos desenhos abaixo, tais variações serão melhor mostradas.

De acordo com os desenhos, pode-se notar que a coma tornava-se mais brilhante em alguns dias, e em outros o cometa era um objeto muito tênue, de fraca luminosidade superficial.



Fig. 3 - Esboço realizado em 08/11/87, as 22:20 TU. Cometa com magnitude 5,4 apresentando-se muito rarefeito e difuso. Ocorre aqui a primeira variação registrada.

Fig. 4 - Esboço realizado em 07/11/87. Nota-se aqui, um dia antes de ser registrada a variação, uma coma bem visível por toda a sua extensão. Neste desenho foram omitidas as caudas.

4.4. Anti-cauda.

São formadas por partículas de tamanho intermediário entre as partículas normais da cauda de poeira e os maiores meteoroides. Espalham-se num fino leque em determinadas condições, quando a terra cruza o plano da órbita do cometa após a sua passagem pelo periélio. Nesse caso, pode ser visto da Terra com uma anti-cauda, que parece apontar em direção ao Sol. Foram registradas anti-caudas nos cometas 1957 III (Arend-Roland), e no cometa Bradfield 1974 III (que chegou a apresentar duas anti-caudas).

No cometa Bradfield 1987s foi observada a anti-cauda, mas com o emprego de grandes instrumentos e fotograficamente.

4.5. Cauda.

Foi visualizado seu surgimento no final do mês de outubro, quando no dia 18 apresentou-se com um tamanho de 10'. A cauda apresentada pelo cometa Bradfield 1987s enquadra-se nas do tipo I, também conhecida como cauda “plasma”, quarto estado da matéria. Em sua composição encontramos radicais CH, monóxido e dióxido de carbono, nitrogênio, hidroxila e água ionizados. As caudas do tipo I são as mais sensíveis ao vento solar, porém são as mais belas de serem vistas.

seguiram-se as medições de novembro a janeiro de 1988. Neste mês pode-se registrar uma cauda de 25' de extensão, isto com forte influência lunar. Na mesma época noticiava-se a existência de uma cauda visual de cerca de 3 graus. Abaixo, conforme os desenhos, veremos as caudas visíveis antes e depois do periélio.

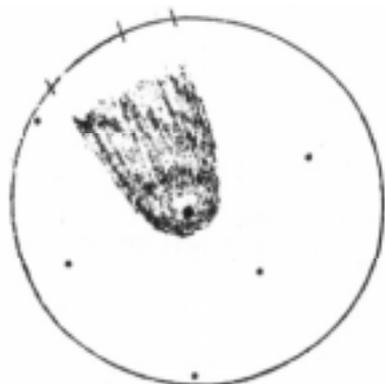


Fig. 5 - Esboço realizado em 01/11/87, as 22: TU. Cauda mais aberta, porém não toda visível. Seu aspecto era difuso, e se confundia com a luz existente.

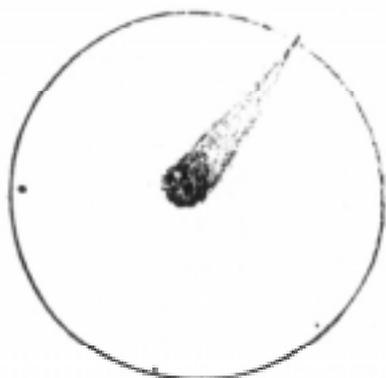


Fig. 6 - Esboço realizado em 02/01/88, as 22:30 TU. Vemos aqui toda a extensão da cauda, que é brilhante por todo o seu comprimento. Esta é mais visível do que em novembro, apesar da magnitude do cometa.

Vemos nos desenhos acima que a cauda observada antes do periélio era mais rarefeita e mais aberta. Após os 7' de arco, se mostrava muito débil. Em meados de novembro, sua inclinação já era quase de 0 graus, vista em posição vertical. Em janeiro observou-se uma cauda mais estreita, brilhante por todo o seu comprimento, mesmo com a interferência lunar.

5. CONCLUSÃO.

O cometa Bradfield correspondeu ao esperado em novembro, quando noticiou-se que sua magnitude alcançaria 4.9. Observou-se que chegou a 5.0 em 14 de novembro, ou seja, uma defasagem de apenas 0.1 magnitude.

Embora tivesse sido um cometa brilhante, o Bradfield proporcionou um estudo mais dirigido de suas estruturas, principalmente a coma, que chamou a atenção principalmente na variação de sua graduação.

Em aspectos gerais, só lamentamos não poder tê-lo observado com um instrumento mais apropriado, que sem dúvida nos possibilitaria coletar inúmeros dados a mais. Contudo, foi observado um objeto muito interessante, um cometa completo, que esperamos ter sido neste trabalho descrito de forma satisfatória.

6. REFERÊNCIAS.

Circulares da IAU nos.

4431 - 12/08/87

4442 - 23/08/87

4460 - 03/10/87

4483 - 05/11/87

4509 - 10/12/87

The International Comet Quarterly:

Vol. 10, April 1988

Vol. 10, July 1988

OBSERVAÇÕES VISUAIS D COMETA BORRELY (1987p)

José Guilherme de Souza Aguiar

1. INTRODUÇÃO.

Em agosto de 1987, foi noticiado pela LIADA, a passagem periélica deste cometa, o qual previa-se alcançar a sexta ou sétima magnitude, em meados de dezembro.

2. OBSERVAÇÕES.

Foram realizados somente 4 registros desse cometa, sendo 3 na fase anterior ao periélio, previsto para 06/12/87 onde o cometa estaria a 0.48 UA da Terra.

Abaixo estão relacionadas as observações feitas:

| DATA TU | MAGNITUDE | G | DIAM.COMA |
|------------|-----------|---|-----------|
| nov, 16.93 | 8.3 | 4 | 0'50" |
| dez, 14.99 | 7.2 | 3 | 1'05" |
| dez, 19.98 | 7.2 | 3 | 1'40" |
| dez, 23.04 | 7.7 | 3 | 1'55" |

Seu núcleo era sempre muito brilhante e sua coma se mostrou sempre muito grande em todo o período de observação. Seu formato manteve-se arredondado e não se notou a existência de cauda visual ou fotográfica, apesar do relatado por D. Levy que comentou a existência de uma pequena cauda de cerca de 5' de arco.

3. CONCLUSÃO.

Como fora previsto pela LIADA, em sua La Red de número 17, o Borrelly alcançou 7,2 magnitudes em dezembro, mas esses resultados obtidos diferem muito do previsto pelas circulares da IAU, que reportavam que o cometa chegaria no máximo a 9,4 magnitudes, logo após o periélio. Sem dúvida este superou o previsto, sendo facilmente visível com a ajuda de binóculo.

4. REFERÊNCIA.

LIADA - La Red n. 17/87

Circular da IAU n. 4439 de 20/8/87

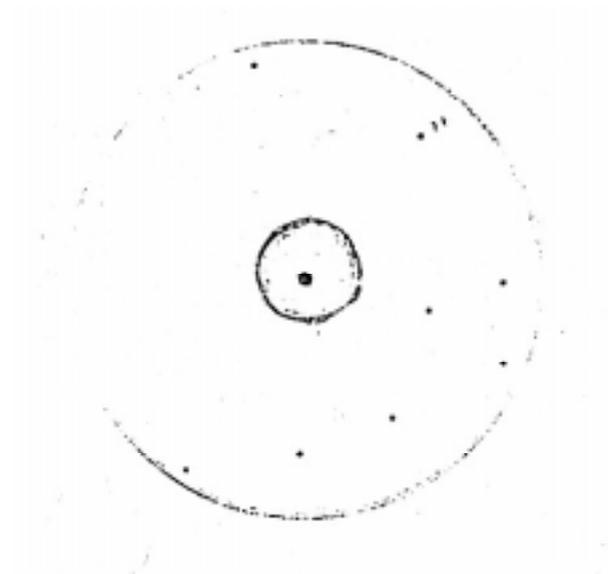


Fig. 1 - Esboço realizado em 21/12/87, as 23:00 TU, com o emprego de um refletor de 150 mm. Aqui o Borrelly estava com a magnitude de 7,7.

SOBRE O AUTOR: José Guilherme de Souza Aguiar, 21, natural de São Paulo, é estudante do curso de Direito (FMU). Tem como principais áreas de atuação as observações de cometas e meteoros. Contribui regularmente da LIADA, SOFAVA, ASO, e com a INTERNATIONAL COMET QUARTERLY.

SUPERNOVA 1987 A

DEZOITO MESES DE OBSERVAÇÕES

Tasso Augusto Napoleão - REA/SP

ABSTRACT

This article summarize the observations of SN 1987 A made by the author during period from February 1987, through September, 1988. Ninety-eight visual magnitudes estimates are provided, together with some raw data is compared with information from the IAU circulars, as Historical aspects and general comments on SN 1987 A's peculiar behavior complete the text.

1. SUMÁRIO.

No presente texto, procuramos descrever nossas observações da SN 1987 A, no período entre fevereiro de 1987 até setembro de 1988. Um total de 98 estimativas da magnitude deste objeto foram realizadas pelo autor ao longo deste intervalo de tempo. Observações complementares, como a evolução da cor da SN, são também mencionadas. Uma comparação com os dados de diversos outros observadores (principalmente australianos, neozelandeses e sul-africanos), obtida através da compilação das circulares da União Astronômica Internacional, é também incluída. As conclusões obtidas de nossa curva de luz, bem como algumas reduções feitas sobre os dados brutos, são aqui apresentadas. Finalmente, aspectos genéricos sobre a SN, assim como de natureza histórica, complementam o texto, a título de introdução.

O trabalho atual complementa ainda nosso artigo "Fotometria Visual Preliminar da SN 1987 A", publicado em junho de 1987 (Ref. 12), e que abrangia na época as observações correspondentes aos 100 primeiros dias subsequentes a explosão da supernova.

2. INTRODUÇÃO.

2.1. Supernovas Históricas.

Diversas são as referencias a explosões de supernovas galacticas em séculos passados. No entanto (e principalmente nas SN observadas na antiguidade) existem controvérsias, geradas por diferentes culturas e idiomas, calendários, inconsistências e - principalmente - pelo desconhecimento da distinção que hoje fazemos entre novas e supernovas. Dessa forma, não há um consenso absoluto da comunidade astronômica sobre os relatos de supernovas históricas.

Clark e Stephenson, em 1977 (ref. 4) mencionam a existência comprovada de cinco SN em nossa galáxia, todas ocorridas no último milenio. Em trabalho mais recente, de 1987, R. Genet, D. Genet, D. Hall e D. Haves (ref. 6) consideram a ocorrência de seis SN galacticas. A essas deve ser adicionada uma SN que explodiu em Cassiopeia, em fins do século XVII ou início do século XVIII e que, apesar de não ter sido percebida visualmente, pode ser identificada recentemente através de seus remanescentes (a radiofonte Cassiopeia A).

Assim, parece haver convergência de opiniões em que ao menos sete desses eventos tenham ocorrido em nossa galáxia e tenham registros históricos comprovados nos séculos passados. Estas supernovas históricas são descritas na Tabela I.

TABELA I - SN HISTÓRICAS

| DATAMAGNITUDE | CONSTELAÇÃO | DURAÇÃO (meses) | OBSERVAÇÕES | |
|---------------|-------------|--------------------|-------------|-----------------|
| 185 DC | -8 | Centaurus | 20 | |
| 1006 | -9.5 | Lupus | 30 | |
| 1054 | -5 | Taurus | 22 | Neb. Caranguejo |
| 1181 | 0 | Cassiopeia | 6 | |
| 1572 | -4 | Cassiopeia | 18 | SN de Tycho |
| 1604 | -3 | Ophiucus | 12 | SN de Kepler |
| 1667 | 5 ? | Cassiopeia | ? | Sem obs. visual |

É provável que esta lista venha a ser enriquecida nos próximos anos. Em artigo publicado em 1973, (ref. 18), F.R. Stephenson enumera sete outras “candidatas”, ou seja, “estrelas novas” cuja observação consta de registros históricos (principalmente chineses e Japoneses), porém que ainda não possuem os correspondentes remanescentes de SN identificados. Um trabalho posterior, principalmente dos radioastrônomos, se faz necessário para a confirmação dessas possíveis supernovas.

Não descreveremos aqui, para não estender por demasiado este trabalho, as descobertas de SN extragalácticas e as técnicas que atualmente tem sido usadas para essa finalidade. Aos interessados recomendamos a leitura da referência 20 de autoria de Fritz Zwicky. Foi este astrônomo, auxiliado por Baade, Minkowski e outros, que iniciou em 1936 a busca de SN extragalácticas. A primeira delas foi identificada em 1937 e hoje, após mais de 50 anos de buscas, já se registraram mais de 500 SN extragalácticas (algumas dezenas descobertas por amadores).

2.2. DESCOBERTA DA SN 1987 A.

É fato conhecido que a SN 197 A foi descoberta por Ian Shelton, um astrônomo canadense que trabalha como Astrônomo Residente no UTSO (University of Toronto Southern Observatory). O UTSO possui um telescópio refletor de 60 cm, localizado no sítio do observatório de Las Campanas (Chile), graças a um acordo entre a universidade de Toronto e a Carnegie Institution, que mantém a estação austral de Las Campanas. Na noite da descoberta, Shelton havia pedido a utilização do astrógrafo pertencente ao grupo da estação austral de Mt. Wilson (que compartilha o sítio com o UTSO), para realizar algumas placas da Grande Nuvem de Magalhães (GNM).

Shelton iniciou a exposição precisamente a 01:20 TU de 24 de fevereiro de 1987. Às 04:20 TU, a exposição foi encerrada. Nesse interim, o assistente noturno do telescópio de 100 cm (Oscar Duhalde) há havia percebido uma “nova estrela” de aproximadamente quinta magnitude na GNM, porém simplesmente esqueceu de comunicar o fato aos astrônomos de plantão.

Após a primeira placa, Shelton decidiu fazer ainda uma outra exposição, de outra região do céu. Encerrado o trabalho, resolveu revelar as placas antes de dormir. As 07:15 TU, as placas estavam prontas e Shelton (que há mais de seis anos observa o hemisfério sul) percebeu imediatamente a presença da nova estrela, próxima a 30 Doradus (nebulosa da Tarantula). Imaginando poder tratar-se de defeito da placa, ele correu imediatamente para verificar visualmente a existência da nova estrela - e lá estava ela. Shelton então continuou correndo, e desta vez para avisar aos astrônomos residentes de Mt. Wilson em Las Campanas. Entre eles estava Barry Madore, um conhecido especialista em variáveis. Constatada e confirmada a existência da SN, Madore se precipitou a telefonar a Brian Marsden, responsável pelo Bureau Central para Telegramas Astronômicos da IAU. Nesse horário, Marsden estava dormindo - e a mensagem foi passada por telex. Como curiosidade, traduzimos abaixo o texto que Marsden leu as 09:00 TL ao chegar ao seu escritório:

“IAN SHELTON DA ESTAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE TORONTO NO OBSERVATÓRIO DE LAS CAMPANAS, CHILE, REPORTA UMA POSSÍVEL SUPERNOVA NA GNM PERTO DE 30 DORADUS EM AR (1987) 05h35.4m E DEC -69°16' MAGNITUDE APARENTE 4.5 OBSERVADA APROXIMADAMENTE 08:00 TU”.

Marsden imediatamente telefonou a Madore, que confirmou a descoberta. Quase simultaneamente, o telefone de Daniel Green (assistente de Marsden) tocou - era Robert McNaught, da Austrália, relatando a descoberta independente da SN por Albert Jones, um astrônomo amador da Nova Zelândia que se especializara na observação de variáveis. Jones havia percebido a SN visualmente as 09:00 TU - apenas uma hora após Shelton. Sua estimativa para a magnitude da nova estrela foi de 5.1.

Daí para diante, a história é bem conhecida - Marsden editou em minutos a circular 4316 da IAU, que anunciou a descoberta para o mundo.

2.3. Características observacionais da SN.

Antes de passar ao trabalho observacional que é o núcleo deste artigo, convém fazer um resumo breve das principais características observacionais dos dois tipos principais de SN: tipos I e II. Na classificação tradicional de Zwicky - Baade, estes dois tipos constituem a esmagadora maioria das SN conhecidas. Os três tipos complementares restantes são peculiares. Como veremos pouco adiante, a SN 1987 A enquadra - se em termos genéricos no tipo II embora com características peculiares na curva de luz e em outros aspectos.

a) Curvas de luz - As SN tipo I apresentam curvas bastante homogêneas e semelhantes às das novas rápidas. A ascensão ao máximo é completada em poucos dias e o declínio é exponencial. A figura 1 representa uma curva de luz composta de 38 SN do tipo I. Em trabalho recente, apresentado no simpósio da IAU em Lecce, Italia (1973), Barbon, Ciatti e Rosino (ref. 1) apresentaram a magnitude fotográfica absoluta $m_{fr} - 18,6$ como máxima para as SN tipo I, em média. A faixa típica para as magnitudes visuais absolutas, no máximo, é de -18 a -21. Os mesmos autores aventam uma possível subclassificação do tipo I em “tipo I rápido” e “tipo I lento”, conforme três parâmetros, que são descritos a seguir:

| Tipo I | Parâmetro | Tipo I | |
|---|-----------|-----------|---------|
| | | rápido | lento |
| ΔT (amplitude da curva de luz, duas magnitudes abaixo do máximo) dias | | 32 dias | 38 dias |
| Δm (amplitude de magnitudes, desde o máximo até o ponto de inflexão) 2.50 mag. | | 3.25 mag. | |
| R (taxa de declínio do brilho, em magnitudes por dia, desde 30 dias até 0.012 150 dias após o máximo) | | 0.016 | |

Esta sub-classificação ainda não é universalmente aceita, e, como se vê, as diferenças entre as subclasses não são tão grandes assim.

Já as SN tipo II formam um conjunto bem mais heterogêneo no que diz respeito às curvas de luz. De forma geral, são menos luminosas que as SN tipo I, decaem de brilho mais lentamente que aquelas e apresentam um “patamar” de magnitude - onde esta última se mantém quase constante.

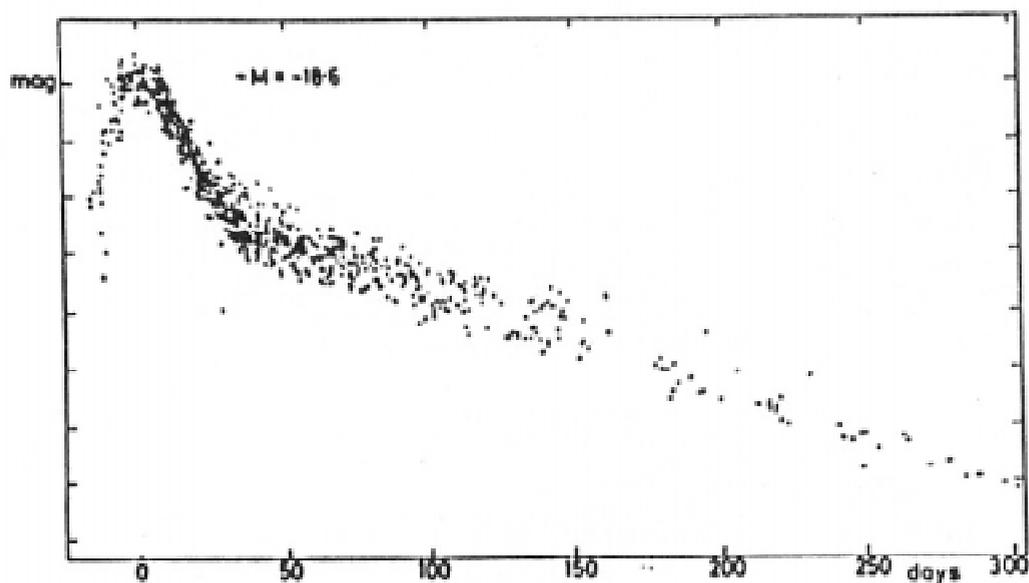


Figura 1

A figura 2 exemplifica uma curva de luz composta de 13 SN do tipo II. Observe que, embora a amostra seja aproximadamente três vezes menor que a figura 1, a dispersão dos pontos é relativamente alta.

Hoffmeier et al (ref. 7) estabeleceram uma magnitude absoluta, no máximo, de -17.1 em média para as SN do tipo II, sendo a faixa em geral entre -16.5 e -18.0 mag. Segundo esses autores, o patamar se inicia em torno de 20 dias após o máximo.

Já G. de Vaucouleurs (ref. 5) indica uma magnitude absoluta típica de -16.4 no máximo e uma duração média de 40 a 60 dias para o patamar. De acordo com esse autor, baseando-se num estudo estatístico de 8 SN tipo II, a magnitude média no fim do patamar esta em torno de 2 mag. mais fraca que o máximo. A partir do fim do patamar, a taxa de decaimento de brilho se iniciaria com 0.10 mag./dia em algumas SN.

b) Espectros - Enquanto que as SN tipo II apresentam linhas brilhantes de hidrogênio, os espectros das SN tipo I são essencialmente contínuos. Após a fase de máximo, aparecem bandas

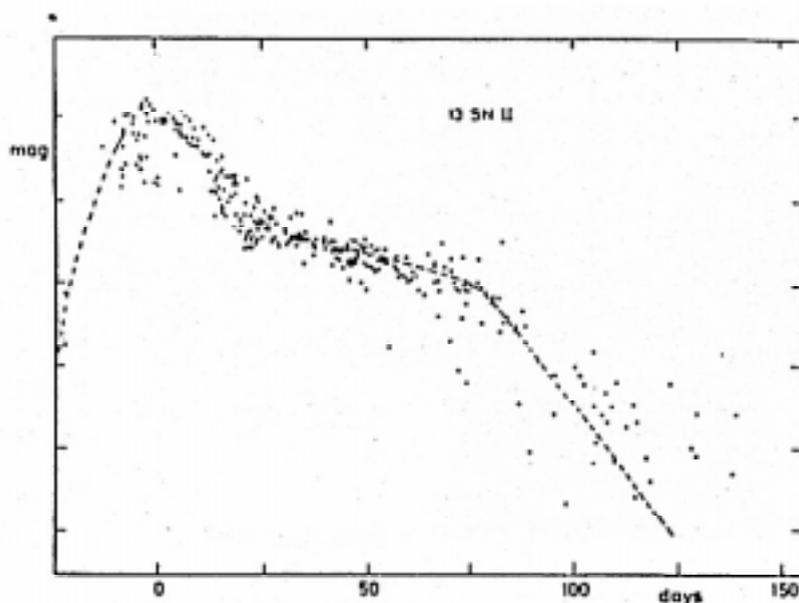


Figura 2

escuras e perfis tipo P-Cygni. Por esses perfis, pode-se determinar a velocidade de expansão dos gases, que resulta bem maior para o tipo I (10000 km/s ou mais) que para o tipo II (em geral em torno de 7000 km/s).

c) Localização - As SN tipo I ocorrem basicamente em estrelas da população II, ou seja, estrelas de massa aproximadamente solar e mais antigas (o que explica a ocorrência de hidrogênio nos seus espectros). Nas galáxias espirais, as SN tipo I ocorrem principalmente no halo e no bulbo central.

Contrariamente, as SN tipo II são observadas em estrelas da população I, que sabemos serem jovens e massivas. Este tipo de SN ocorre principalmente nos discos das galáxias espirais - e são estas as regiões mais ricas em gás e poeira dentro das estruturas galacticas. As SN tipo II ocorrem também nas galáxias irregulares - porém não nas elípticas, formadas principalmente por estrelas pouco massivas e com baixo conteúdo de poeira e gás.

d) Perda de massa e energia na explosão - Como as estrelas que geram as SN tipo II são originalmente muito mais massivas que as do tipo oposto, é de se esperar que a perda de massa seja maior. Realmente, isso acontece: enquanto na explosão de SN tipo II seja perdida uma massa correspondente a uma massa solar ou mais (Steiner, ref. 17), a perda de massa nas SN tipo I está geralmente entre 0.1 e 1 massa solar.

Em contrapartida, as explosões do tipo I são mais energéticas, gerando uma energia de 10^{49} até 10^{50} ergs no visual, contra 10^{47} até 10^{48} ergs para o outro tipo (P. Gasposchkin, ref. 13).

Finalmente, o tipo II parece ser de 6 a 8 vezes mais frequente que o tipo I. No entanto, isso não está ainda plenamente confirmado. A própria frequência de explosão de SN, de forma geral, ainda é tema de controvérsia. Os trabalhos originais de Fritz Zwicky (ref. 20) indicavam uma explosão a cada 300 anos por galáxia. Os estudos mais recentes, no entanto, parecem situar esse número em torno de uma explosão a cada 30-40 anos em cada galáxia (Hoffmeister et al, 1985; Genet et al, 1987). O motivo pelo qual não observamos mais SN em nossa própria galáxia está evidentemente ligado a extinção interestelar.

3. TRABALHOS OBSERVACIONAIS.

3.1. Objetivos.

Ao iniciar o programa que ora relatamos, tínhamos em mente três objetivos básicos:

- Construção de uma curva de luz elaborada, utilizando as técnicas de fotometria visual convencionais e dela extraindo parâmetros durante a redução - tais como mag. absolutas, luminosidade e tempos.

- Acompanhamento das variações de cor da SN através de comparação visual direta com estrelas de índice de cor (B-V) conhecido, uma vez que não dispomos de fotômetro fotoelétrico.

- Determinar a energia total emitida pela SN no visual e nos 100 primeiros dias após a explosão, para, com base na comparação com padrões típicos das SN tipo I e II obtidos na literatura existente, identificar o tipo a que pertencia a SN 1987, independentemente dos resultados dos observatórios profissionais.

Dentre esses três objetivos, o terceiro foi realizado e descrito em nosso trabalho "Fotometria Visual preliminar da SN 1987 A" já mencionado. Por esse motivo, não iremos repeti-lo aqui; eventuais interessados em obter cópias desse artigo poderão fazê-lo escrevendo ao autor ou a sede da REA. Procuraremos nos concentrar, portanto, nos dois primeiros objetivos.

Devo ainda mencionar que as excelentes fotografias que enriquecem o presente texto foram obtidas por Carlos Alberto Colesanti, também da REA; as fotos são úteis também para confirmação dos dados de coloração.

3.1. Métodos de observação.

Utilizamos técnicas convencionais de fotometria visual - o método de Pickering, na maior parte dos casos. Cerca de 90% das estimativas foram feitas com binóculos “Tasco” 7x50mm. Esse instrumento foi usado até aproximadamente a oitava magnitude. Acima deste valor, usamos um telescópio Schmidt-Cassegrain “Celestron” de 0,2 m de diâmetro. Por outro lado, e durante as fases mais próximas do máximo, observações a olho nú foram realizadas.

Foram utilizadas no programa 20 estrelas de comparação, nas constelações de Dorado, Volans, Pictor, Reticulum e Puppis. As magnitudes padrão foram coletadas principalmente do AAVSO Variable Star Atlas, de Charles Scovil (mapas 168 e 169). Estrelas padrão que não constavam dessas cartas foram coletadas do catálogo do Skalnate Pleso (Atlas of the Heavens), de Antonin Becvar, e de mapas de G. Thompson, J. Bryant e M. Morel publicados em Sky and Telescope de maio de 1987 (pags. 524 e 525).

3.2. Estimativas.

A tabela 2 relaciona todas as estimativas de magnitude realizadas pelo autor no período de observação. Na tabela datas e horas são dadas em tempo universal; MALE significa magnitude limite estelar na região observada; MAGV representa a magnitude visual estimada para a SN na data da observação; MABS é a magnitude absoluta correspondente, obtida através da equação do módulo de distância.

3.3. Curva de luz.

A figura 3 demonstra a curva de luz obtida a partir das estimativas do autor. Para mais fácil visualização, representamos nos eixos horizontais tanto as datas em TU, como as datas Julianas respectivas. De forma análoga, nos eixos verticais estão indicadas as magnitudes aparentes (a esquerda) e absolutas (a direita).

Algumas análises preliminares podem ser feitas, já a partir da simples observação da curva:

- a) O formato da curva é peculiar, não se enquadrando em nenhum dos modelos “típicos” de SN tipo I e II, vistos no item 2.3 anteriormente.
- b) A ascensão ao máximo é lenta: cerca de 77 dias, em nossas estimativas.
- c) O máximo de brilho é atingido em 12 - 13 de maio de 1987; mag. 2,8, correspondendo a uma magnitude absoluta $d - 15.8$.



SN 1987 a, fotografada em 04/03/87. Magnitude aparente 4.3

d) Não se nota o “patamar” típico das SN tipo II. Ao invés disso, nota-se um decaimento exponencial (linear no gráfico, por ser a mag. uma escala logarítmica), que se dá a partir de julho. A taxa de decaimento de brilho nessa fase é obtida diretamente do gráfico, resultando cerca de 0.01 mag./dia.

| DATA TU | HORATU | LOCAL | MALE | MAGV | MABS |
|---------|--------|-----------|------|------|-------|
| 1987 | | | | | |
| Fev 28 | 02 50 | São Paulo | 3.7 | 4.5 | -14.1 |
| Mar 01 | 01 10 | São Paulo | 3.6 | 4.4 | -14.2 |
| Mar 01 | 23 05 | São Paulo | 4.0 | 4.3 | -14.3 |
| Mar 03 | 00 10 | São Paulo | 4.1 | 4.3 | -14.3 |
| Mar 04 | 01 20 | São Paulo | 4.1 | 4.3 | -14.3 |
| Mar 04 | 22 50 | Mairinque | 5.8 | 4.2 | -14.4 |
| Mar 05 | 23 50 | São Paulo | 4.0 | 4.1 | -14.5 |
| Mar 07 | 01 50 | Atibaia | 4.0 | 4.1 | -14.5 |
| Mar 11 | 22 45 | São Paulo | 3.5 | 4.1 | -14.5 |
| Mar 13 | 02 00 | São Paulo | 3.5 | 4.1 | -14.5 |
| Mar 18 | 02 45 | São Paulo | 3.7 | 4.0 | -14.6 |
| Mar 20 | 01 20 | São Paulo | 4.0 | 4.1 | -14.5 |
| Mar 22 | 02 50 | São Paulo | 3.5 | 4.0 | -14.6 |
| Mar 26 | 01 20 | São Paulo | 3.5 | 3.9 | -14.7 |
| Mar 28 | 22 45 | Mairinque | 5.0 | 3.9 | -14.7 |
| Mar 31 | 02 10 | São Paulo | 3.6 | 3.9 | -14.7 |
| Mar 31 | 22 35 | São Paulo | 3.5 | 3.7 | -14.9 |
| Apr 01 | 23 40 | São Paulo | 3.5 | 3.7 | -14.9 |
| Apr 08 | 02 10 | São Paulo | 3.3 | 3.6 | -15.0 |
| Apr 09 | 02 55 | São Paulo | 3.6 | 3.5 | -15.1 |
| Apr 13 | 02 45 | São Paulo | 3.0 | 3.4 | -15.2 |
| Apr 14 | 00 10 | São Paulo | 3.0 | 3.4 | -15.2 |
| Apr 17 | 00 45 | Itanhandu | 4.3 | 3.4 | -15.2 |
| Apr 18 | 00 40 | Itanhandu | 4.5 | 3.3 | -15.3 |
| Apr 18 | 22 30 | Itanhandu | 5.5 | 3.3 | -15.3 |
| Apr 19 | 22 50 | Itanhandu | 6.0 | 3.2 | -15.4 |
| Apr 21 | 22 30 | São Paulo | 3.2 | 3.2 | -15.4 |
| Apr 26 | 00 30 | São Paulo | 4.0 | 3.1 | -15.5 |
| Mai 02 | 22 45 | São Paulo | 4.0 | 3.1 | -15.5 |
| Mai 03 | 23 10 | São Paulo | 3.7 | 3.1 | -15.5 |
| Mai 06 | 22 50 | São Paulo | 3.0 | 3.0 | -15.6 |
| Mai 12 | 22 10 | São Paulo | 4.0 | 2.8 | -15.8 |
| Mai 13 | 22 15 | São Paulo | 3.5 | 2.8 | -15.8 |
| Mai 21 | 23 40 | Curitiba | 4.0 | 2.9 | -15.7 |
| Mai 23 | 22 15 | Mairinque | 5.0 | 2.9 | -15.7 |
| Mai 26 | 23 40 | São Paulo | 3.5 | 2.9 | -15.7 |
| Mai 30 | 22 05 | São Paulo | 4.0 | 3.0 | -15.6 |
| Mai 31 | 22 00 | São Paulo | 4.0 | 3.0 | -15.6 |
| Jun 02 | 22 05 | São Paulo | 2.5 | 3.1 | -15.5 |
| Jun 03 | 22 40 | São Paulo | 2.5 | 3.1 | -15.5 |
| Jun 04 | 21 45 | São Paulo | 3.0 | 3.1 | -15.5 |
| Jun 05 | 23 00 | São Paulo | 3.0 | 3.1 | -15.5 |
| Jun 10 | 21 50 | São Paulo | 3.0 | 3.2 | -15.4 |
| Jun 11 | 21 55 | São Paulo | 3.0 | 3.3 | -15.3 |
| Jun 18 | 21 40 | São Paulo | 3.5 | 3.6 | -15.0 |
| Jun 19 | 21 45 | São Paulo | 3.5 | 3.6 | -15.0 |
| Jun 20 | 22 00 | Mairinque | 4.0 | 3.6 | -15.0 |
| Ago 08 | 07 45 | São Paulo | 3.5 | 4.7 | -13.9 |
| Ago 16 | 05 40 | São Paulo | 3.0 | 4.8 | -13.8 |
| Ago 23 | 04 45 | Mairinque | 4.5 | 4.9 | -13.7 |
| Ago 29 | 04 30 | São Paulo | 2.5 | 5.1 | -13.5 |
| Set 16 | 03 40 | São Paulo | 2.5 | 5.1 | -13.5 |
| Set 25 | 02 50 | São Paulo | 4.0 | 5.3 | -13.5 |
| Set 26 | 04 00 | Mairinque | 5.5 | 5.4 | -13.2 |
| Out 31 | 02 00 | Mairinque | 4.5 | 5.8 | -12.8 |
| Nov 01 | 06 00 | Mairinque | 5.5 | 5.8 | -12.8 |
| Nov 04 | 03 25 | São Paulo | 3.5 | 5.8 | -12.8 |
| Nov 18 | 02 15 | São Paulo | 4.0 | 5.9 | -12.7 |
| Nov 19 | 02 40 | São Paulo | 4.0 | 6.0 | -12.6 |
| Nov 20 | 02 50 | São Paulo | 3.5 | 5.9 | -12.7 |
| Nov 27 | 02 30 | São Paulo | 3.5 | 5.9 | -12.7 |
| Nov 30 | 01 45 | São Paulo | 3.5 | 6.0 | -12.6 |
| Dez 02 | 03 50 | São Paulo | 3.0 | 6.0 | -12.6 |
| Dez 07 | 02 30 | São Paulo | 3.5 | 6.0 | -12.6 |

| | | | | | |
|--------|-------|-----------|-----|-----|-------|
| Dez 08 | 01 35 | São Paulo | 3.5 | 6.1 | -12.5 |
| Dez 14 | 06 40 | São Paulo | 3.5 | 6.1 | -12.5 |
| Dez 15 | 02 30 | Guarujá | 4.5 | 6.1 | -12.5 |
| Dez 16 | 02 45 | Guarujá | 5.0 | 6.1 | -12.5 |
| Dez 17 | 03 45 | Guarujá | 4.5 | 6.2 | -12.4 |
| Dez 23 | 00 20 | São Paulo | 4.0 | 6.3 | -12.3 |
| 1988 | | | | | |
| Jan 03 | 02 00 | Mairinque | 4.0 | 6.3 | -12.3 |
| Jan 11 | 00 10 | São Paulo | 3.5 | 6.4 | -12.2 |
| Jan 13 | 02 00 | São Paulo | 3.5 | 6.4 | -12.2 |
| Jan 14 | 02 00 | São Paulo | 4.0 | 6.5 | -12.1 |
| Jan 17 | 02 55 | São Paulo | 3.0 | 6.5 | -12.1 |
| Jan 18 | 00 30 | São Paulo | 3.5 | 6.5 | -12.1 |
| Jan 20 | 00 10 | Mairinque | 5.0 | 6.6 | -12.0 |
| Jan 22 | 02 45 | São Paulo | 3.5 | 6.6 | -12.0 |
| Jan 27 | 01 45 | São Paulo | 3.0 | 6.6 | -12.0 |
| Fev 23 | 02 30 | São Paulo | 4.0 | 6.9 | -11.7 |
| Fev 24 | 02 40 | São Paulo | 3.5 | 6.9 | -11.7 |
| Mar 11 | 02 30 | São Paulo | 4.0 | 7.1 | -11.5 |
| Mar 12 | 02 25 | Mairinque | 5.0 | 7.0 | -11.6 |
| Mar 13 | 01 50 | Mairinque | 5.0 | 6.9 | -11.7 |
| Mar 14 | 01 40 | São Paulo | 4.0 | 7.0 | -11.6 |
| Mar 20 | 23 55 | Mairinque | 5.5 | 7.0 | -11.6 |
| Mar 24 | 02 25 | São Paulo | 3.5 | 7.1 | -11.5 |
| Mar 28 | 00 05 | São Paulo | 3.5 | 7.1 | -11.5 |
| Abr 05 | 00 30 | São Paulo | 3.5 | 7.3 | -11.3 |
| Abr 10 | 22 45 | São Paulo | 3.5 | 7.3 | -11.3 |
| Mai 01 | 22 00 | São Paulo | 3.5 | 7.5 | -11.1 |
| Mai 14 | 22 15 | Mairinque | 5.0 | 7.4 | -11.2 |
| Jun 05 | 21 50 | São Paulo | 4.0 | 7.8 | -10.8 |
| Jun 12 | 21 55 | Mairinque | 5.0 | 8.0 | -10.6 |
| Jun 18 | 22 10 | Mairinque | 5.0 | 8.1 | -10.5 |

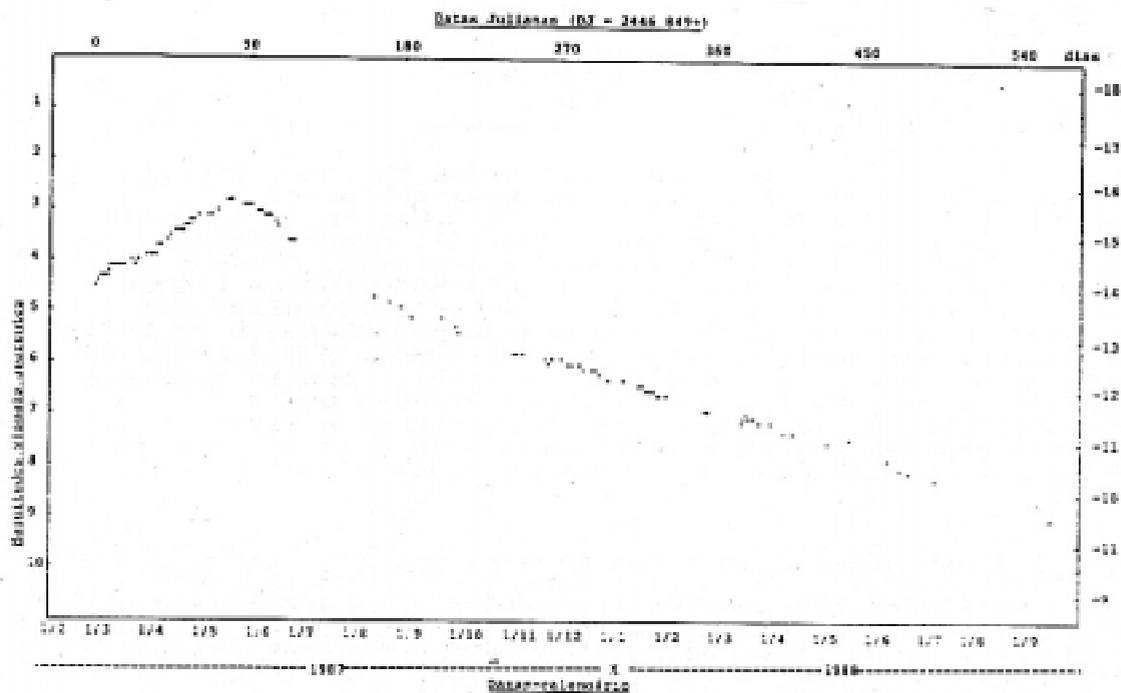


Figura 3

| | | | | | |
|--------|-------|-----------|-----|-----|-------|
| Jul 04 | 22 00 | C. Jordão | 6.0 | 8.2 | -10.4 |
| Set 10 | 03 00 | Mairinque | 5.0 | 9.0 | -9.6 |
| Set 11 | 02 50 | Mairinque | 5.0 | 9.0 | -9.6 |

3.1. Comparações - IAUC.

Com a finalidade de verificação da precisão e consistência de nossa curva de luz, efetuamos uma compilação das estimativas de mag. visual publicadas nas circulares da União Astronômica Internacional (IAU) entre 24/2/87 e 06/9/88.

Ao todo existem 85 diferentes circulares contendo 386 estimativas da SN, remetidas a IAU por 11 observadores. Dentre eles os mais frequentes são R. McNaught (N.S.Wales, Austrália), A.C.Beresford (Adelaide, Austrália), D.A.Seargent (N.S.Wales, Austrália), G.Garrard (N.S.Wales, Austrália), J.Campos (Durban, S.Africa) e G.Wolf (Wellington, Nova Zelândia).

Na figura 4 essas estimativas estão plotadas juntamente com nossas observações. Para efeito de clareza, representamos nossos dados na forma interpolada (linha cheia) enquanto os dados da IAU são representados por pontos.

Nota-se boa consistência na comparação. De forma geral, nossos resultados apresentam um desvio máximo de 0.1 mag. em relação aos de outros observadores. Também os parâmetros diretamente dedutíveis da curva de luz apresentam consistência, conforme se vê abaixo:

| Observador | Mag. aparente no máximo | Tempo decorrido até o máximo |
|----------------|-------------------------|------------------------------|
| R. McNaught | 2.8 | 76 dias |
| A.C. Beresford | 2.9 | 74 dias |
| D.A. Seargent | 2.7 | 75 dias |
| G. Wolf | 2.8 | 76 dias |
| T.A. Napoleão | 2.8 | 77 dias |

Por outro lado, dados recolhidos de observatórios profissionais do hemisfério sul mostram-se também concordantes com nossos resultados. R.M. Catchpole do South African Astronomical Observatory (ref. 3), reporta a data do máximo como cerca de 80 dias após a explosão. A curva de luz (em mag. bolométricas) obtida pelo SAAO indica também decréscimo linear de magnitudes a partir de 140 dias após a explosão. A taxa de decréscimo, medida pelo SAAO, é de 0.01 mag./dia - exatamente o valor que obtivemos. A.H. Jarret, do Boyden Observatory, South Africa, (ref. 9), reporta também a mesma taxa. Medidas fotoelétricas realizadas por observatórios neo-zelandeses em Christchurch e Blenheim (ref. 14) indicam também o máximo entre 10 e 15 de maio de 1987 e a mesma taxa de queda de magnitudes a partir de julho.

3.2. Comparações com modelos típicos.

A figura 5 demonstra claramente a peculiaridade da acurva de luz da SN 1987 A, em relação aos padrões “típicos” de SN tipo II. Na ilustração, a curva A representa nossos dados (vistos novamente sob a forma interpolada), enquanto que a curva B corresponde a uma SN tipo II “típica”, de acordo com a classificação de Zwicky - Baade. Calculamos esta última curva para a distância da GNM, estimada em 52.15 kpc ou 170.000 anos-luz.

As diferenças entre a curva de luz real e o modelo típico ficam também evidentes na seguinte tabela:

| Parâmetro | SN 1987 A | SN II “Típica” |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Mag. absoluta no máximo | -15.8 | -17.0 |
| Mag. aparente no máximo | 2.8 | 1.6 |
| Tempo decorrido até o máximo | 77 dias | 15-20 dias |
| Início do “patamar” de brilho | ———— | 20 dias após o máximo |
| Taxa de queda de mag. | 0.01 mag/dia | 0.08-0.10 mags/dia |
| Energia irradiada (V) após 100 dias | 3.5×10^{48} ergs | $10^{47} - 10^{48}$ ergs |

As razões das discrepâncias acima serão explicadas sucintamente, no fim do presente artigo.

3.3. Energia irradiada.

O valor de 3.5×10^{48} ergs corresponde a energia total irradiada pela SN na região do visível e nos 100 primeiros dias após a explosão. Esta energia - que equivale a energia irradiada pelo Sol em 28 milhões de anos, foi calculada também a partir de nossa curva de luz. Embora, como já mencionamos, não pretendemos repetir aqui todo esse cálculo (visto na ref. 12), indicamos abaixo o processo utilizado nessa redução:

- A partir das estimativas de magnitudes visuais aparentes determina-se a magnitude absoluta, para cada estimativa, pela equação do módulo de distância:

$$m - M = 5 \log D - 5$$

Nessa equação, $D = 52.15$ kpc (distância da GNM)

- No passo seguinte, calculamos a luminosidade da SN em padrões solares, usando a equação de Pogson adaptada:

$$M_0 - M = 2.5 \log L/L_0$$

Os valores de M_0 e L_0 são perfeitamente conhecidos e representam os parâmetros solares de mag. absoluta e luminosidade.

- A partir daí, construímos a curva de luminosidades em função do tempo. Uma vez que para cada pequeno intervalo de tempo Δt a energia irradiada, por definição é dada por:

$$\Delta E = L \cdot \Delta t$$

A energia total irradiada, portanto é calculável por:

$$E_t = \int_1^{100} L \cdot dt \quad E = \int_0^{100} L \cdot dt$$

Simplificamos essa equação, integrando graficamente a curva de luminosidade desde a data de explosão até 100 dia depois. O resultado foi o já citado, que corresponde com boa aproximação ao padrão esperado.

3.1. Medidas de coloração.

A evolução da cor da SN pode ser efetuada apenas grosseiramente, uma vez que não dispomos de instrumental adequado para fotometria UBV. Escolhemos, então, algumas estrelas padrão,

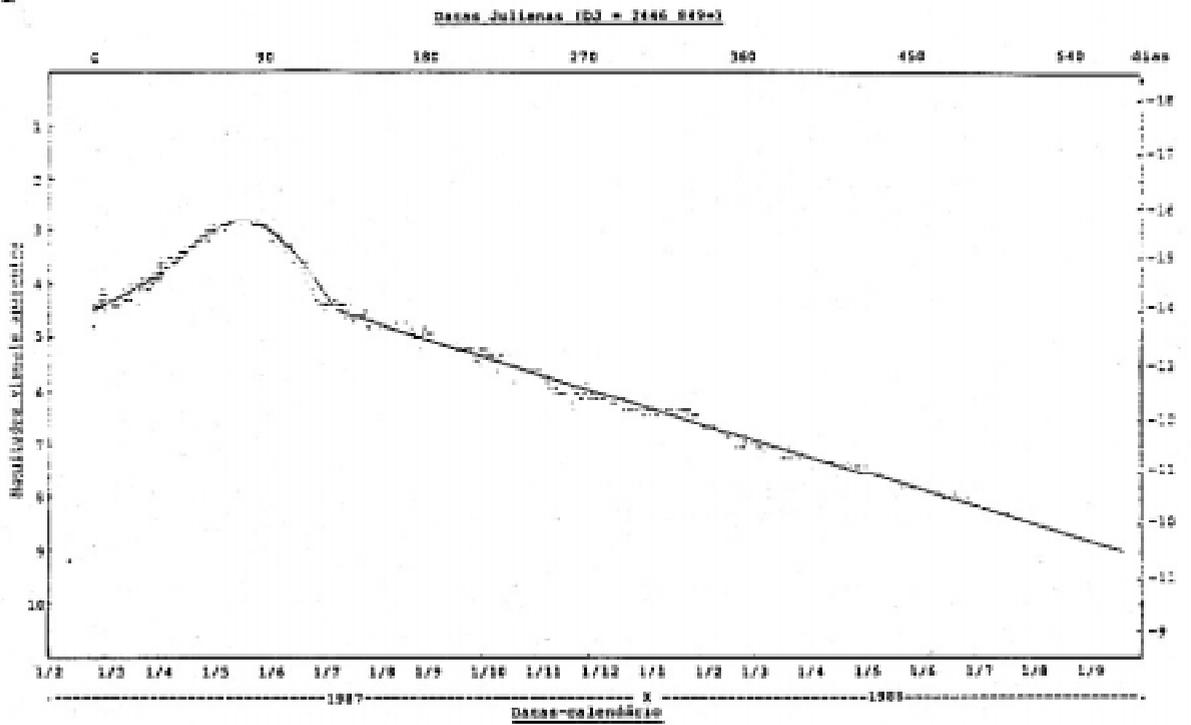


Figura 4

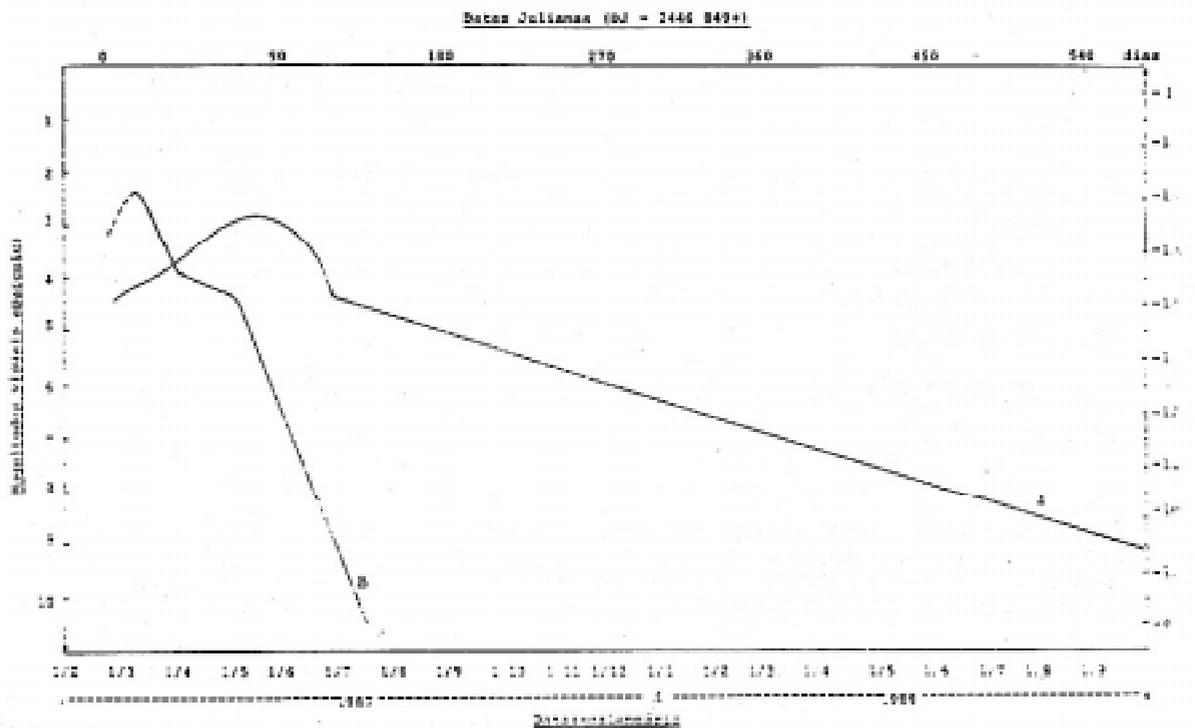


Figura 5

cujo índice de cor (B-V) era conhecido e procuramos estimar visualmente suas semelhanças em relação a SN 1987 A.

Ficou evidente uma drástica variação de cor durante o primeiro mês após a explosão, evoluindo rapidamente desde o branco azulado até o laranja avermelhado. Sete dias após a explosão, a cor da SN se assemelhava à Alfa Centauri (B-V = 0.7). Apenas 20 dias após, a cor era semelhante à de Arcturus (B-V = 1.2), chegando à de Aldebaran (B-V = 1.5) em mais 10 dias. A partir daí nossa opinião é que o índice de cor se manteve praticamente estável, dentro de nossas limitações visuais.

Procuramos obter confirmação de nossas observações através de dados publicados no “Information Bulletin” n. 3129 da Comissão n. 27 da IAU (ref. 14). Neste boletim é apresentado o artigo (Photoelectric Observations of SN 1987 A”, onde se vê a curva de (B-V) obtida fotoeletricamente por C.Rowe e W.Allen, ambos neo-zelandeses. Na tabela abaixo reproduzimos os dados que extraímos da curva de Rowe-Allen, comparativamente com nossas estimativas. Os valores de (B-V) correspondentes às estrelas-padrão que escolhemos foram retiradas de Menzel e Pasachoff (ref. 11).

| Data | Dias após a explosão | Cor equivalente a da estrela | (B-V) estimado | (B-V) Allen/Rowe |
|---------|----------------------|------------------------------|----------------|------------------|
| 01/3/87 | 7 | Alpha Centauri | 0.7 | 0.8 |
| 11/3/87 | 17 | Pollux | 1.0 | 1.1 |
| 21/3/87 | 27 | Arcturus | 1.2 | 1.3 |
| 31/3/87 | 37 | Aldebaran | 1.5 | 1.5 |



SN 1987 A. Fotografada em 21/03/87.

Magnitude aparente 4.0

Como pode-se verificar, os resultados são razoáveis, apesar da imprecisão do método empregado. É interessante ainda comentar que os relatos dos que puderam observar a SN na data de sua descoberta mencionam cor branco-azulada para a mesma.

4. INTERPRETAÇÃO E CONCLUSÕES FINAIS.

- Não restam dúvidas que o comportamento da SN 1987 A apresentou aspectos peculiares e até surpreendentes em se tratando de um SN tipo II. A ascensão ao brilho máximo foi muito lenta, sua luminosidade foi inferior no que se poderia esperar de uma SN de seu tipo, a estrela não apresentou o patamar de brilho característico e a taxa de declínio de magnitudes tem se mostrado também mais lenta que os padrões esperados. No entanto, apesar de suas características peculiares, a SN 1987 A classifica-se definitivamente dentro do tipo II - ou seja, aquele gerado pela explosão de estrelas supermassivas.

- Existe praticamente consenso em que a estrela geradora da SN tenha sido Sanduleak -69°202, uma supergigante azul do tipo espectral B3. Aqui aparece a primeira particularidade - pois até então supunha-se que apenas supergigantes vermelhas (como Betelgeuse), produzissem SN tipo II. No entanto, não se deve esquecer que Sanduleak -69°202 encontra-se na GNM, e que a evolução dessa galáxia irregular é bem diferente daquela da nossa galáxia. Mais especificamente: a GNM apresenta grande deficiência de “metais” (todos os elementos mais pesados que o Hélio, astronomicamente falando). Seu teor de metalicidade está em torno de um terço do observado em nossa galáxia. Nessas condições, cálculos teóricos indicam ser possível que a evolução estelar se processe sem as variações de cor observáveis, por exemplo, em nossa galáxia.

- Além da metalicidade, há outros fatores que explicam as peculiaridades da SN 1987 A: a estrela progenitora era mais “compacta” que geralmente são as geradoras de supernovas. Estima-se que o diâmetro de Sanduleak -69°202 fosse de 50 diâmetros solares antes da explosão - o que representa apenas 1/10 do diâmetro das supergigantes que (acredita-se) possam gerar SN tipo II. A curva de luz observada para a SN 1987 A se ajusta a modelos teóricos que projetam uma massa de 10 a 15 massas solares para estrela original. Portanto, a densidade da estrela progenitora certamente era mais alta que a “habitual”.

- A produção total de energia na explosão é estimada em 10^{51} ergs. Segundo Catchpole (ref. 3) cerca de 99% desta energia foi convertida em energia cinética para expandir o envelope de matéria que emite a luz observada. Como a estrela original era mais compacta que o usual, fica claro que foi necessária uma quantidade maior de energia para projetar a matéria da estrela no espaço interestelar. Consequentemente, restou menos energia para ser emitida sob a forma de luminosidade. Isto tornou a SN 1987 A mais “subdesenvolvida” em brilho. Ainda segundo Catchpole, restaram apenas 0.01% da energia original para ser emitida sob a forma de radiação eletromagnética.

- O formato da curva de luz é hoje bem entendido: nas primeiras semanas, o brilho da SN era originado pela onda de choque proveniente do colapso do núcleo, ao atingir as camadas exteriores da estrela. Estas se expandiram e resfriaram rapidamente. Isto explica a drástica variação de cor havida nos primeiros 30 dias e notada observacionalmente. Se não houvesse outra fonte geradora de energia, o brilho decairia rapidamente - e provavelmente a curva de luz se aproximaria daquela das SN “típicas”, como anteriormente mencionamos.

- O lento aumento de brilho durante abril e maio é justificado pelos teóricos como resultante do decaimento radioativo do Níquel-56 produzido na explosão para Cobalto-56. Este último tem uma meia-vida de 77 dias. Os raios gama emitidos pelo cobalto (que por sua vez vai decaindo em ferro-56 estável) foram a fonte de energia principal da SN após as primeiras semanas.

- Uma comprovação desse método teórico parece ser a própria taxa de queda de brilho observada de julho em diante: trabalhos do South African Astronomical Observatory (Catchpole, op.cit) e de Stan E. Woosley (Genet et al, op.cit) mostram que a queda observada é quase precisamente igual a

prevista por um modelo que considera a operação de 0.07 massas solares de níquel-56 durante a explosão. Assim, a SN 1987 A passou a ser a primeira supernova cujo mecanismo de explosão foi inteiramente explicado.

- O que irá nos reservar a SN 1987 A no futuro próximo? Recentemente - em fevereiro de 1988 - foram fotografados no ESO (European Southern Observatory) os primeiros “ecos de luz” da SN (ref. 10). Há os que acreditam que - em meados de 1990 - as primeiras camadas de material projetado no espaço pela explosão irão se chocar com nuvens interestelares próximas. Se isso acontecer realmente, a SN poderá “ressurgir” aparentemente. Veremos. Há ainda a possibilidade de aparecimento de um pulsar, a medida que o envelope gasoso se dissipa. Porém, não é certo que possamos observá-lo - isto dependerá certamente da orientação de seu eixo magnético em relação à nossa linha de visada.

De qualquer forma, vale a pena ainda continuar observando a SN. Mesmo que nada de mais espetacular ocorra, restará a lembrança da observação da única SN visível a olho nú desde a invenção do telescópio.

5. REFERÊNCIAS.

- (1)- BARBON, R.; CIATTI, F and ROSINO, L. - “On the Light Curve of Type I Supernovae”, IAU conference on Supernovae and Supernovae Remnants (1973).
- (2)- BECVAR, A. - “Skalnate Pleso Atlas of the Heavens/Catalogue” - Sky Publishing Co. (1964).
- (3)- CATCHPOLE, R. - “SN 1987 A One Year Later” - Monthly News, South African Observatory, April 1988.
- (4)- CLARK AND STEPHENSON - “The Historical Supernovae”, Pergamon Press (1977).
- (5)- DE VAUCOULEURS, G. - “Notes on Type II Supernovae”, IAU conference on Supernovae and Supernovae Remnants (1973).
- (6)- GENET, R.; GENET, D.; HAYES, D.; HALL, D. - “Supernova 1987 A”, Fairbon Press (1988).
- (7)- HOFFMEISTER, C.; RICHTER, G.; WENZEL, W. - “Variable Stars”, Springer - Verlag, 1985.
- (8)- IAU CIRCULARS - From IAUC 4316 (feb, 1987) to IAUC 4633 (aug, 1988).
- (9)- JARRETT, A.H. - “V Photometry of SN 1987 A” Commission 27 of the IAU, Information Bulletin on Variable Stars 3175 (Apr, 1988).
- (10) - LIGA IBEROAMERICANA DE ASTRONOMIA (LIADA) - “Universo 26”, 1988
- (11) - MENZEL, D.; PASACHOFF, J. - “Field Guide to the Stars and Planets”, Peterson (1983).
- (12) - NAPOLEÃO, T.A. - “Fotometria Visual Preliminar da Supernova 1987 A”, Boletim 2/87 da UAA - SP (Jun. 1987).
- (13) - PAYNE - GAPOSCHKIN, C. - “Introduction to Astronomy”, Prentice - Hall (1970).
- (14) - ROWE, C.; ALLEN, W. - “Photoelectric Observations of SN 1987 A”, Commission 27 of the IAU. Information Bulletin on Variable Stars 3129, Jan, 1988.
- (15) - SCOVIL, C. - “The AAVSO Variable Star Atlas”, Sky Publishing (1980).

- (16) - SCHORN, R. - "Sky and Telescope" vols. 73.5; 73.6; 74.5; 75.2 (1987-1988).
- (17) - STEINER, J. - "Objetos Peculiares", IAG/USP (1978).
- (18) - STEPHENSON, F.R. - "Historical Observations of Supernovae" - IAU Conference Supernovae and Supernovae Remnants (1973).
- (19) - UNSOLD, A. - "The new cosmos", Springer - Verlag (1977).
- (20) - ZWICKY, F. - "Review of the Research on Supernovae", IAU Conference on Supernovae and Supernovae Remnants (1973).

SOBRE O AUTOR:

Tasso Augusto Napoleão, 39, é engenheiro químico. Frequentou diversos cursos de natureza teórica sobre astrofísica no Instituto de Física da USP e no Instituto Astronômico e Geofísico da USP, de 1982 a 1985. Na área observacional, seus interesses se concentram nas áreas de estrelas variáveis e objetos de fundo de céu; na área teórica, em astrofísica estelar e extragaláctica. Possui trabalhos publicados sobre estrelas variáveis, evolução estelar e sobre as nuvens de Magalhães. Ex-diretor científico (1985-86) e ex-presidente (1987) da UAA/SP. Tasso foi um dos fundadores da REA em 1988 onde atualmente é um dos coordenadores.

ASPECTOS GERAIS SOBRE A OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS

Antonio Padilla Filho (REA/RJ)

ABSTRACT

This article describes the general procedures and techniques used for variable star observation. Recommendations on identification, magnitude estimates, and equipment, as well as observing tips, are provided in the text.

ASPECTOS GERAIS SOBRE A OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS.

A observação de estrelas variáveis é uma atividade em que o aficionado pode realmente contribuir para o desenvolvimento da astronomia, mesmo com a utilização de modestos instrumentos. Uma pequena luneta aliada a uma boa familiarização com o céu noturno, sendo capaz de localizar campos estelares a partir de uma carta de busca, são indispensáveis para consecução de um trabalho proveitoso. Um binóculo - digamos um 8x30 - é de grande utilidade para a localização da área procurada no céu, já que a busca de variáveis - principalmente quando estão com baixo brilho - e feita por etapas: vista desarmada, binóculo e telescópio. As cartas para localização podem ser obtidas através de solicitação às associações astronômicas ou mesmo se recorrendo a outros observadores. O ideal é conseguir uma recorrendo a outros observadores. O ideal é conseguir uma cópia do "Variable Star Atlas" da AAVSO - The American Association of Variable Stars Observers - (Associação Americana de Observadores de Estrelas Variáveis), onde estão assinaladas centenas de variáveis com as respectivas seqüências de estrelas de comparação.

A estimativa de brilho é o trabalho fundamental do variabilista. Embora existam fotômetros muito precisos a disposição de amadores privilegiados, a fotometria visual ainda é a prática comum entre a maioria. Além de ser um método mais rápido de trabalho, permitindo monitorar quantidade maior de estrelas por noite, ela atinge a precisão requerida por observadores mais exigentes. Com precisão requerida por observadores mais exigentes. com prática se chega ao décimo de magnitude de precisão.

A estimativa visual se baseia na comparação de grandezas de brilho e para isso são necessárias estrelas de comparação. Deve-se selecionar entre as estrelas de comparação presentes na carta de busca aquelas cujos brilhos "cerquem" o da variável observada. Conhecendo-se suas magnitudes, infere-se o brilho da variável por simples comparação. Este é o método tradicional empregado por observadores consagrados em todo o mundo.

Através do recolhimento das estimativas realizadas por muitos observadores é possível se obter uma curva de luz para uma estrela variável. Ela é a representação gráfica da oscilação do brilho de uma estrela num determinado período. A contribuição de vários observadores é necessária a fim de ser obtida uma curva de luz média, já que toda observação individual é passível de erro. Com a finalidade de diminuir a margem de erro nas estimativas visuais, sempre são recomendados certos procedimentos e conselhos úteis, recolhidos dos mais experientes nessa atividade, apresentados a seguir.

PROCEDIMENTOS REGULARES PARA A OBSERVAÇÃO DE ESTRELAS VARIÁVEIS.

1. Confirme e reconfirme a identificação da variável e estrelas de comparação. A maior causa de grandes erros de estimativas visuais é decorrente da identificação equivocada da variável. É um erro passível de ocorrer até com observadores experientes, principalmente quando a variável está com baixo brilho, confundindo-se com estrelas adjacentes. O uso de cartas de busca individuais precisas é recomendado, principalmente em áreas austrais mal mapeadas.

2. Use somente a seqüência de estrelas de comparação provida por sua associação. Cartas de busca de autores diversos apresentam diferença em relação à magnitude de estrelas de comparação. Para uniformizar as estimativas, use o mesmo mapa que seus colegas de associação. Em toda estimativa devem estar assinaladas as magnitudes das estrelas usadas para comparação.

3. Em condições ideais, as estrelas de comparação não devem diferir mais de 0.5 magnitude entre si, devem estar no mesmo campo visual da variável, sendo todas da mesma cor (o que é praticamente impossível).

4. Observe a estrela sem pre-concepções. Registre exatamente o que seus olhos vêem, evitando corrigir sua estimativa diante de um comportamento da variável que você julgue ser anormal. Correções desse tipo levam a erros sistemáticos que são mais difíceis de serem reconhecidos que os erros aleatórios de estimativa.

5. Mantenha as estrelas comparadas centradas no campo visual. Alguns instrumentos levam estrelas situadas próximas da borda do campo visual a serem menos brilhantes (vignetting), por isso é recomendável manter sempre as estrelas comparadas equidistantes do centro do campo. Caso diferente é a impressão que se tem de considerar um pouco mais brilhante a estrela ao se deslocá-la para a borda do campo, em função do contraste com a negritude da parede interna da ocular.

6. Mantenha seus olhos em movimento. Procure não se fixar em nenhuma estrela, mantendo seus olhos em movimento, checando e reconhecendo suas impressões.

7. Mantenha desfocalizado o instrumento. É mais fácil comparar discos de luz do que fontes pontuais. Essa recomendação deve ser seguida à risca quando se compara estrelas de cores diferentes, atenuando assim o forte impacto das cores vermelhas sobre a retina.

8. Escolha variáveis adequadas ao seu instrumento. Estrelas fracas tendem a parecer iguais em brilho, quando se está próximo do limite de magnitude do instrumento. A precisão da estimativa torna-se crítica à partir de 1 magnitude antes do limite do instrumento. Variáveis até 7ª ou 8ª magnitude podem ser observadas com binóculos (também desfocalizadas levemente). A estimativa a olho nú é sempre passível de erro, principalmente quando se trata de estrelas vermelhas. A olho nú parecerão mais brilhantes que uma estrela azul ou branca da mesma magnitude.

9. Quando observar estrelas fracas mantenha os dois olhos abertos, tampando com a mão aquele que não estiver em uso. Você ganhará alguns décimos de magnitude, importantes neste limite. Utilize também o recurso da visão indireta (averted vision) que consiste em se observar com o “canto da vista”, olhando-se para um ponto próximo da estrela procurada. A nossa retina é composta de dois tipos de células sensíveis a luz: bastonetes e cones. Existe maior proporção de células bastonete na periferia da retina, e estas são mais sensíveis à luz que as células cone. Sendo assim, o uso desta área da retina permite captar estrelas mais tênues.

10. Precavenha-se ao observar estrelas vermelhas. A nossa retina, devido a fatores inerentes à própria fisiologia, tem mais facilidade de fixar cores vermelhas, o que ocasiona uma superestimação do brilho de variáveis desta cor. A desfocalização do instrumento ou a movimentação constante dos olhos durante a estimativa são fatores atenuantes para este efeito, denominado Purkinje.

SOBRE O AUTOR:

Antonio Padilla Filho, 31, é jornalista profissional e astrônomo amador desde 1972. Suas áreas principais de interesse astronômico são estrelas variáveis, (onde colabora com a American Association of Variable Stars Observers - AAVSO) e ocultação de estrelas pela lua (onde envia regularmente resultados para o ILOC). Padilla é especialmente ativo nas observações de variáveis eruptivas, e suas estimativas tem sido publicadas com frequência nas Circulares Brasileiras de Astronomia. Além da REA, Padilla é filiado também a LIADA - Liga Ibero Americana de Astronomia, para onde remete também suas estimativas de variáveis.

BETA DORADUS, L CARINAE E U CARINAE

TRÊS VARIÁVEIS CEFEIDAS AUSTRALS

Claudio Brasil Leitão Jr. e Tasso Augusto Napoleão

ABSTRACT

This study is based on observational data from three REA projects on variable stars: light curves of Beta Doradus, L Carinae and U Carinae. The three stars are among the brightest cepheids of the southern hemisphere. A total of 270 magnitudes estimates made by REA members were collected and processed on microcomputer. From the average light curve, physical parameters of the three stars were calculated and compared to results found in astronomical literature. This reduction included calculation of distance, absolute magnitude luminosity, mass, average radius, density, effective temperature, color index and the pulsation constants for the three cepheids.

1. SUMÁRIO.

Este projeto se refere aos projetos de observação da REA de números 03/88 (Beta Doradus), 05/88 (L Carinae) e 07/88 (U Carinae). Estas três variáveis estão entre as cefeidas mais brilhantes do hemisfério austral. Durante o primeiro semestre de 1988, as três foram observadas pelos associados da REA, obtendo-se um total de 270 estimativas de magnitude. Estes dados brutos foram processados em microcomputador, procurando-se obter uma curva de luz composta. As dificuldades na consolidação das estimativas de diferentes observadores são comentadas.

Uma vez obtida a curva de luz média, foram calculados diversos parâmetros físicos das três estrelas, com base na relação período-luminosidade e em equações empíricas disponíveis na literatura. Dessa forma, podemos obter para cada variável os valores de distância, magnitude absoluta, luminosidade, massa, raio médio, volume, densidade, temperatura efetiva, índice de cor e constante de pulsação.

Comentários sobre a ordem de grandeza dos resultados obtidos encerram presente artigo.

2. TRABALHOS OBSERVACIONAIS.

Como mencionamos, foram efetuadas no conjunto, 270 estimativas de magnitude para as três cefeidas durante o período Dezembro-87 a Julho-88. Nove associados da REA participaram dos projetos, de forma geral. A distribuição do número de estimativas por observador é vista a seguir:

| OBSERVADOR | L CARINAE | BETA DORADUS | U CARINAE |
|-----------------------|-----------|--------------|-----------|
| Andre L. da Silva | 32 | 17 | 41 |
| Antonio Padilla F. | 17 | — | — |
| Carlos A. Colesanti | 9 | 7 | 7 |
| Claudio B. Leitão Jr. | 3 | — | — |
| Edvaldo Trevisan | 6 | — | 6 |
| Luiz E. Castro | 1 | — | — |
| Marcos F. Lara | 21 | 14 | — |
| Reinaldo Dotore | 7 | — | 4 |
| Tasso A. Napoleão | 27 | 27 | 24 |

As estimativas foram realizadas pelo método de Pickering, utilizando-se a Ficha Padrão de Estrelas Variáveis da REA. Os dados brutos foram então armazenados, via microcomputador, no Banco de Dados da REA. As listagens com essas estimativas (assim como ocorre com qualquer programa da REA) estão disponíveis para todos os associados; não iremos reproduzi-los nesse texto por este motivo.

3. REDUÇÕES INICIAIS.

A partir das listagens, foi desenvolvido um “software” que calculava a data Juliana de cada observação (com precisão de duas decimais) e também a fase do ciclo correspondente. Para essa etapa intermediária, foram considerados os dados do “General Catalogue of Variable Stars” de B.V.Kukarkin et al (Moscou, 1968). A seguir, o mesmo “software” plotava a curva de luz consolidada para todos os observadores. Após construídas as curvas, notamos existirem discrepâncias entre estimativas diversas (de observadores diferentes), geralmente da ordem de até 0.3 magnitudes. Essa defasagem - que seria menos significativa em variáveis de longo período ou semi-regulares - assume proporções mais críticas em se tratando de cefeidas, que possuem tanto a amplitude de variação como o período muito mais curtos. Boa parte das discrepâncias se deve ao fato de que diversos observadores serem ainda pouco experientes na estimativa de variáveis - e assim fatores subjetivos assumem maior relevância. O aperfeiçoamento aqui dependerá principalmente da prática, e do uso de algumas recomendações, como as citadas por A. Padilla Filho no artigo “Aspectos gerais sobre a observação de variáveis” publicado no presente Reporte. A REA continuará fornecendo esse suporte.

Optamos então, em seguida, por segmentar as estimativas por observador, obtendo-se para cada um deles a correspondente curva de luz e seus parâmetros (magnitudes no máximo e mínimo, e período). Aqui também foram usados os dados reduzidos, ou “fasados”. Evidentemente os resultados foram bem mais consistentes, permitindo a determinação dos parâmetros citados com razoável precisão.

Finalmente, no último passo, foram calculadas as médias dos dados dos diversos observadores considerados. Esses dados compostos, vistos no item seguinte, foram então usados na determinação dos parâmetros físicos de cada variável.

4. CURVA DE LUZ.

4.1. L CARINAE

A figura 1 demonstra quatro curvas de luz “fasadas” obtidas pelos associados da REA: A.L.da Silva, A. Padilla Filho, M.F. Lara e T.A. Napoleão. (Diversos outros observadores remeteram dados, porém em número insuficiente para uma curva completa).

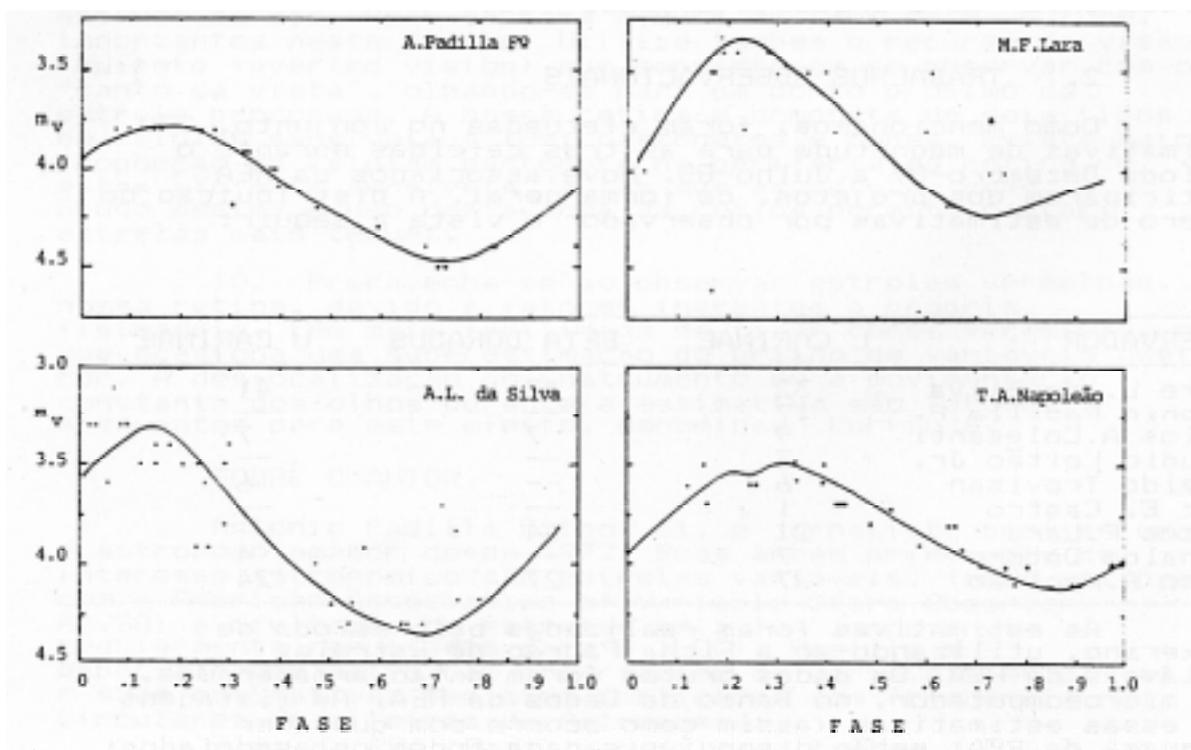


Fig. 1 - Curvas de luz de L Carinae

O formato geral da curva é consistente com o que seria de se esperar pela relação de Hertzsprung para cefeidas com período dessa ordem: nota-se distintamente que a ascensão do brilho ao máximo é mais rápida que o declínio.

Os parâmetros médios da estrela, extraídos da curva de luz, foram:

- Magnitude aparente (máximo): 3.4
- Magnitude aparente (mínimo): 4.3
- Período: 35.5 dias

4.1. BETA DORADUS

A figura 2 demonstra duas curvas de luz “fasadas”, obtidas por associados da REA (A.L. da Silva e T.A. Napoleão). Valem os mesmos comentários feitos no item anterior quanto aos demais observadores.

O duplo máximo observado nas curvas de luz é consistente com o que se deve esperar, pela relação de Hertzsprung, para cefeidas com períodos próximos a dez dias.

O período (como no caso da estrela anterior) é obtido graficamente, pelo método das cordas bi-seccionadas de Pogson. Resultaram os seguintes valores médios para os parâmetros de Beta Doradus:

- Magnitude aparente (máximo): 3.5
- Magnitude aparente (mínimo): 4.1
- Período: 9.9 dias

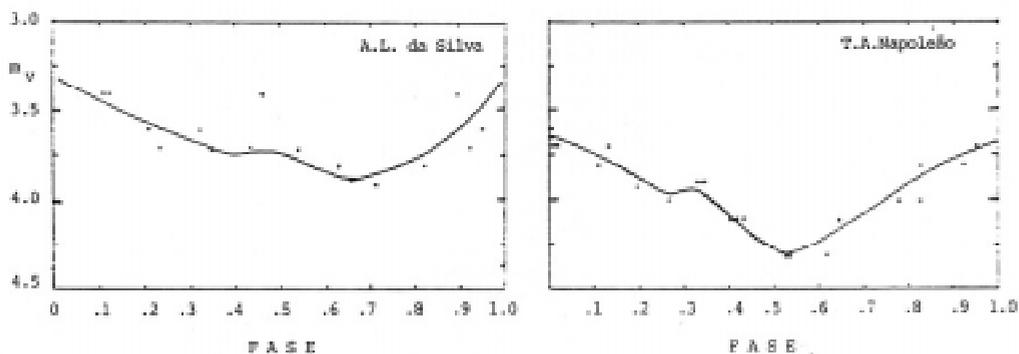


Fig. 2 - Curvas de luz para Beta Doradus

4.1. U CARINAE.

A figura 3 representa duas curvas de luz “fasadas”, obtidas por T.A. Napoleão e A.L. da Silva. Também neste caso, diversos outros observadores nos remeteram estimativas dispersas. No caso de U Carinae foi obtida a menor dispersão entre os observadores.

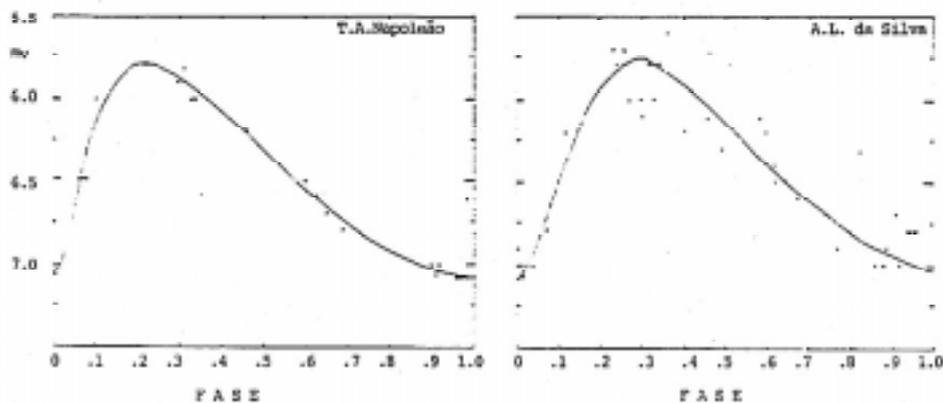


Fig. 3 - Curvas de luz para U Carinae

O formato geral é novamente bem típico, notando-se a rápida ascensão ao máximo. Os seguintes valores médios foram obtidos para U Carinae:

- Magnitude aparente (máximo): 5.7
- Magnitude aparente (mínimo): 7.1
- Período: 39.0 dias

5. CÁLCULO DOS PARÂMETROS FÍSICOS DAS TRÊS ESTRELAS.

Sabemos, desde 1912, pelos trabalhos de Henrietta Leavitt com as cefeidas das nuvens de Magalhães, que esta classe de variáveis apresenta relação marcada entre o período e a luminosidade - o que as torna especialmente úteis como indicadores de distância. Uma vez conhecida esta última, grande parte dos parâmetros físicos pode ser determinada com boa aproximação, usando-se equações simples e empíricas.

Existem, na literatura astronômica, numerosas dessas equações obtidas através de trabalhos observacionais. Poderíamos citar como exemplo as equações de Jaschek e Jaschek, utilizadas por L.A.L. da Silva para Beta Doradus (LIADA, Universo 4, n. 15, 1984), ou a relação período-luminosidade dada por W.J. Maciel (Binárias e Variáveis, IAG/USP, 1978). Para este trabalho, no entanto, escolhemos, por sua abrangência, as equações dadas por Kraft, Sandage e Fernie/Wesselink, obtidas das obras citadas nas referências, notadamente as de Strohmeier (Variable Stars, 1972), Pel/Madore (Cepheids - Theory and Observation, 1985) e Efremov (Pulsating Stars, 1970). Os efeitos da extinção atmosférica e da absorção interestelar foram desconsiderados - o que, naturalmente, é uma fonte de erro, embora não muito significativo em função da própria imprecisão da fotometria visual.

5.1. MAGNITUDES ABSOLUTAS.

Utilizaremos a relação período-luminosidade na forma dada por Kraft (1961):

$$M_v = -1.67 - 2.54 \log P$$

Nesta equação, P representa o período em dias e M_v a magnitude absoluta (visual).

Aplicando os valores obtidos na observação, temos:

- L Carinae (P = 35.5 d) : $M_v = -5.6$
- Beta Doradus (P = 9.9 d): $M_v = -4.2$
- U Carinae (P = 39.0 d): $M_v = -5.7$

5.2. LUMINOSIDADES.

Podem ser calculadas utilizando-se a equação de Pogson, tomando o Sol como padrão ($M_o = 4.8$ para o Sol):

$$M_o - M = 2.5 \log L/L_o$$

Utilizando as magnitudes absolutas calculadas no item anterior, vemos:

- L Carinae: $L = 14\,454 L_o$
- Beta Doradus: $L = 3\,981 L_o$
- U Carinae: $L = 15\,848 L_o$

Chamamos a atenção para esses valores: as três estrelas são supergigantes muito luminosas, como em geral são as cefeidas. Em particular, L Carinae ou U Carinae (com luminosidades da ordem de 15 mil vezes a solar), se colocadas à distância de Alfa Centauri, apresentariam magnitudes aparentes em torno de -10, iluminando o céu noturno mais ou menos como a lua crescente.

5.3. DISTÂNCIAS.

Uma vez determinada a magnitude absoluta pela relação período-luminosidade, o cálculo da distância é facilmente efetuado através da equação do módulo da distância:

$$m - M = 5 \log D - 5$$

Substituindo-se para as três estrelas os valores de m (observados) e M (calculados em 5.1), obtemos:

- L Carinae: $D = 630$ parsecs ou 2056 anos-luz
- Beta Doradus: $D = 347$ parsecs ou 1130 anos-luz
- U Carinae: $D = 1905$ parsecs ou 6211 anos-luz

5.4. MASSAS.

Utilizamos nesse caso a relação massa-luminosidade para cefeidas clássicas obtida por A. Sandage (1958):

$$\log M/M_0 = -0.220 + 0.304 \log L/L_0$$

Substituindo-se os valores de L calculados acima, e lembrando que $L_0 = 3.9 \times 10^{33}$ ergs/s e que a massa solar é de 2×10^{33} g, obtemos:

- L Carinae: $M = 11.1$ massas solares = 2.2×10^{34} g
- Beta Doradus: $M = 7.5$ massas solares = 1.5×10^{34} g
- U Carinae: $M = 11.4$ massas solares = 2.3×10^{34} g

5.5. RAIOS MÉDIOS.

O raio médio de cada estrela é encontrado pela equação de Fernie-Wesselink (1961):

$$\log R/R_0 = 1.33 + 0.50 \log P$$

Utilizando os períodos determinados observacionalmente e lembrando que o raio solar é de 6.96×10^5 km, teremos:

- L Carinae: $R = 127.4 R_0 = 88.7$ milhões de km
- Beta Doradus: $R = 67.3 R_0 = 46.8$ milhões de km
- U Carinae: $R = 133.5 R_0 = 92.9$ milhões de km

Para visualizar melhor essas dimensões, basta recordar que as distâncias médias de Mercúrio e de Vênus ao Sol são de respectivamente 57.9 e 108.2 milhões de km.

5.6. VOLUMES.

Admitindo as estrelas perfeitamente esféricas, o volume é calculado por:

$$V = 4/3 \pi R^3$$

Substituindo os valores dos raios médios encontrados no item 5.5, obtemos:

- L Carinae: $V = 2.9 \times 10^{39}$ cm cúbicos = 2.068.000 volumes solares
- Beta Doradus: $V = 4.3 \times 10^{38}$ cm cúbicos = 305.000 volumes solares
- U Carinae: $V = 3.4 \times 10^{39}$ cm = 2.380.000 volumes solares

5.7. DENSIDADES.

O cálculo aqui é imediato, bastando lembrar que:

$$\rho = M / V$$

Utilizando as massas e os volumes calculados em 5.4 e 5.6, encontramos:

- L Carinae: $\rho = 7.6 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$
- Beta Doradus: $\rho = 3.5 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$
- U Carinae: $\rho = 6.8 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$

5.8. ÍNDICE DE COR.

No início da década de 50, Eggert classificou fotometricamente as cefeidas em dois grupos: as do tipo C ou “azuis”, que possuem período mais curto; e as do tipo A/B, ou “vermelhas”, de mais longo período. Não iremos nos detalhar mais aqui, bastando mencionar que a relação período-cor pode ser expressa pela equação:

$$(B - V) \text{ médio} = 0.30 \log P + K$$

O valor de K corresponde a 0.33 para as cefeidas “tipo C” e a 0.40 para cefeidas “tipos A/B”. Em nosso caso, apenas Beta Doradus pode ser classificada como “tipo C”, sendo as demais enquadradas na outra classe. Dessa forma a aplicação da relação período-cor nos fornece:

- L Carinae: $(B - V) = 0.86$
- Beta Doradus: $(B - V) = 0.63$
- U Carinae: $(B - V) = 0.88$

5.9. TEMPERATURA EFETIVA.

Podemos utilizar com razoável aproximação a teoria do corpo negro para a determinação da temperatura efetiva média. Usaremos portanto a equação:

$$L = 4 \pi \sigma R^2 T^4$$

Nesta equação, L e R foram determinados respectivamente nos itens 5.2 e 5.5, e σ é a constante de Stefan - Boltzmann. Resolvendo portanto a equação em T para as três variáveis, temos:

- L Carinae: $T = 5616^\circ \text{ Kelvin}$
- Beta Doradus: $T = 5598^\circ \text{ Kelvin}$
- U Carinae: $T = 5614^\circ \text{ Kelvin}$

É interessante notar que esses valores nos dão somente uma ordem de grandeza, visto que evidentemente a temperatura varia durante o ciclo e a precisão de grau é na verdade irrelevante.

5.10. CONSTANTE DE PULSAÇÃO.

A última relação fundamental para as cefeidas - a relação período-densidade pode ser escrita na forma derivada por Sandage e Gratton (1963):

$$\log P + 0.293 Mv - 0.602 (B-V) - 0.838 = \log Q$$

Nesta equação, P é o período, determinado observacionalmente, Mv é a magnitude absoluta (item 5.1.), (B-V) é o índice de cor (item 5.8), e Q representa a constante de pulsação, que desejamos determinar. Aplicando a relação acima, temos:

- L Carinae: $Q = 0.071$
- Beta Doradus: $Q = 0.059$
- U Carinae: $Q = 0.072$

6. REFERÊNCIAS.

- (1) BURKI, G. - Radius Determination for Nine Short Period Cepheids (IAU Colloquium 82, 1985).
- (2) EFREMOV, Y. - Classical Cepheids (em Pulsating Stars, B. V. Kukarkin, ed, 1970)

- (3) GIEREN, W. - Surface Brightness Radii and Distances of Cepheids and the Period - Radius Relationship (IAU Colloquium, 1985).
- (4) HOFFMEISTER, C., et al - Variable Stars, Springer - Verlag, 1985
- (5) KUKARKIN, B. V. et al - General Catalogue of Variable Stars, Moscou, 1968
- (6) PEL, J. W. - Fundamental Parameters of Cepheids (em Cepheids - Theory and Observation, B. Madore, ed. 1985)
- (7) REA - Rede de Astronomia Observacional - Projetos de Observação números 03/88, 05/88 e 07/88
- (8) STROHMEIER, W. - Variable Stars, 1972

OCULTAÇÃO RASANTE DE SPICA

*Primeira rasante observada no Estado de São Paulo

Romualdo Lourençon (REA/Jundiaí)

ABSTRACT

The grazing occultation of Spica (Alpha Virginis) in may 27, 1988, was the first phenomenon of this kind observed in São Paulo state. The group of observers was led by the author. The following article summarizes the preparation of the observation and results obtained.

1. INTRODUÇÃO.

Durante os anos de 1985, 86 e 87 foram realizadas em São Paulo várias observações de ocultações totais e asteroidais, por profissionais e amadores, formando-se um grupo de observadores ativos e dedicados.

Mas, até então, não havia registro algum no tocante as observações de ocultações rasantes.

Dezembro de 1987, o autor recebe as primeiras predições da IOTA. Dentre as predições, havia uma espetacular, de Spica em 27 de maio. Tratava-se de uma rasante de fase crescente (86%), limite norte, com a vantagem de ocorrer no limbo escuro, e no início da noite.

2. PLANEJAMENTO DA EXPEDIÇÃO.

O autor plotou o limite teórico da rasante numa carta topográfica 1:50000 e escolheu uma região conhecida, no município de Itupeva - SP, a 19 km de Jundiaí. Como o terreno era acidentado e com uma altitude média de 780 metros, houve necessidade de se proceder a uma correção de altitude.

Juntamente com Renato Levai, o autor procedeu ao reconhecimento da região e a escolha dos postos de observação. Foram então escolhidos 8 locais passíveis de serem utilizados na data da observação.

3. NO DIA DA OBSERVAÇÃO.

Dos postos inicialmente previstos pelo autor, apenas três puderam ser efetivamente operados, isto devido a problemas relacionados a ausência de elementos inicialmente designados para tais postos.

4. ELABORAÇÃO DA REDUÇÃO.

A redução dos dados mostrou-se mais trabalhosa que a expedição e a observação. Houve vários problemas relacionados a diferença de velocidade dos aparelhos de fita cassete, notadamente com a reutilização de pilhas. Mesmo as pilhas novas apresentaram diferentes rendimentos, o que obrigou a realização de várias medições e a utilização de artifícios matemáticos para a obtenção de uma boa média de cronometragem.

Além disso, a gravação do posto 2 apresentou péssima resposta do registro dos "bips" verbais, havendo recuperação dos dados em aparelho diferente do utilizado na gravação.

5. CIRCUNSTÂNCIAS FÍSICAS DA RASANTE.

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| Número | : ZC1925 = SÃO 157923 (Spica) |
| Data | : 27/05/1988 (TU) |
| Classe espectral | : B2 |
| Porcentagem iluminada | : 86% |
| Limbo | : Escuro |
| Ângulo de cúspide | : 20,8 graus N |
| Fonte de pos. estelar | : ZC |
| Velocidade da Lua | : 1' WA / 38.05s |
| Lib. em latitude | : 3.16 graus |
| Lib. em longitude | : - 4.53 graus |
| Magnitude visual | : 1.2 |

6. POSTOS.

| POSTO | POSIÇÃO | DIST.DO LIMITE OBS. | INTRUMENTO |
|-------|--|-----------------------|---|
| (1) | $\lambda = 47\ 02\ 34\ W$ $\varphi = 23\ 13\ 29\ S$ $h = 710\ m$ | 650 m R. Levai sul | Refl. Tasco 110mm 40x Binoc. Zeiss 10x50 Binoc. Wetz 8x40 |
| (2) | $\lambda = 47\ 03\ 08\ W$ $\varphi = 23\ 13\ 37\ S$ $h = 770\ m$ | 1650 m sul | R.Lourençon R.Dotore T.Napoleão |
| (3) | $\lambda = 47\ 03\ 08\ W$ $\varphi = 23\ 13\ 36\ S$ $h = 770\ m$ | 1648 m sul | J.C.Lobo C.Colesanti Celestron 8 Camara CCD |

7. RESULTADOS.

7.1. Posto n. 1

| Observador | contatos (TU) | Ângulo de Watt |
|------------|-------------------------|----------------|
| R.Levai | Blink 21h01m11.7s/12.2s | 19.75 |
| R.E.Levai | Desap 21h01m21.0s | 19.50 |
| C.Tonolli | Reap 21h01m38.0s | 19.00 |
| S.C.Rosa | Desap 21h01m55.7s | 18.56 |
| | Reap 21h02m08.8s | 18.23 |
| | Blink 21h02m11.2s | 18.13 |
| | Desap _____ | |
| | Flash 21h02m20.2s | 17.93 |
| | Flash 21h02m21.8s | |
| | Desap 21h02m22.4s | 17.85 |
| | Reap 21h02m25.5s | 17.75 |

7.2. Posto n. 2

| Observador | contatos (TU) | Ângulo de Watt |
|--------------|-------------------|----------------|
| R. Lourençon | Blink 21h00m34.9s | 20.73 |
| T.Napoleão | Reap 21h00m37.3s | 20.66 |
| R.Dotore | Desap _____ | |
| | Reap 21h00m48.6s | 20.37 |

Por falha técnica, a lua e a estrela saíram do campo visual por cerca de 15s.

| | |
|-------------------|-------|
| Blink 21h02m35.6s | 17.43 |
| Reap 21h02m38.2s | 17.38 |
| Blink 21h02m56.3s | 16.96 |
| Reap 21h02m57.0s | 16.89 |

8. CONCLUSÃO.

Os dados obtidos e plotados no perfil previsto apresentam concordância razoável, devido a baixa resolução.

Vale ressaltar que o posto 3 não obteve resultados, devido a problemas técnicos com a câmara CCD que seria utilizada. Não obstante, neste posto, C.A. Colesanti obteve ótimas fotos do evento, fotos essas que são apresentadas neste trabalho.

O posto 1 começou com Blink, seguido de desaparecimentos e reaparecimentos “normais” e seguindo-se dois Blinks sucessivos. A sucessão final dos fenômenos foi muito rápida, chegando a afetar a equação pessoal. Spica, com suas variações, parecia um meteoro precipitando-se sobre o horizonte lunar.

No posto 2, houve um desaparecimento perdido, e além disso houve um intervalo de cerca de 15s onde a lua e a estrela saíram do campo visual. A parte terminal neste posto foi complexa, com um Blink e um Flash.

Os instantes médios pela predição com os observados apresentaram alguma discrepância, com diferenças de 12.1s para o posto 1 e de 11.0s para o posto 2. Tais diferenças podem ser creditadas tanto a imprecisão nas predições quanto a resíduos da teoria lunar que repercutem na sua longitude verdadeira.

Caberia notar que Spica é uma estrela múltipla. Mas ao que parece, isso não interferiu de modo significativo nos contatos, havendo oscilação de brilho em certos momentos.

Para observações futuras, há necessidade do desenvolvimento de um equipamento para registrar os “bips”, pois foi provado com a prática ser problemática a utilização de “bips” verbais.

9. AGRADECIMENTOS.

J. H. Senna - IOTA

Maria Jose Martins

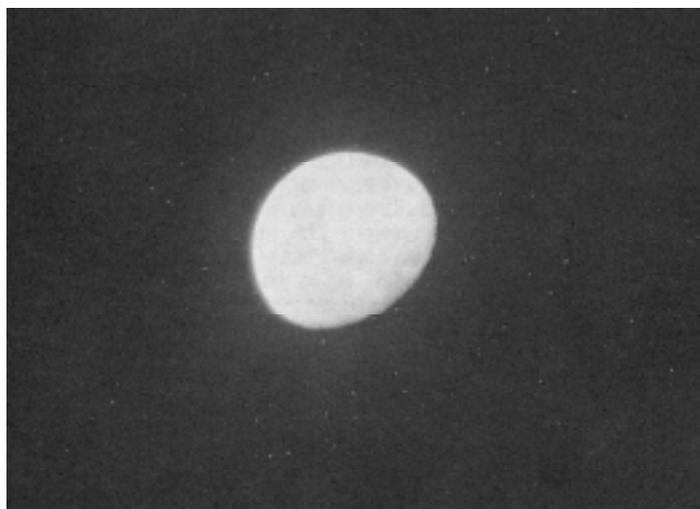
Tania Martins

Tonolli Jr.

Tasso Augusto Napoleão

Julio Lobo

Renato Levai



10, OBRAS CONSULTADAS

- Ocultações “Um Manual Prático” - L.A.L. Silva 1986
- Western Hemisphere Grazing Occultation Supplement for 1988 - David Dunham -

IOTA

- Boletins da UAA - 1985 - L.A.L. Silva
- Burnham's Celestial Handbook - 1978 - R. Burnham Jr.
- Anuário Astronômico 1988 - IAG/USP
- Atlas Celeste - 1982 - R.R.F. Mourão
- Cartas: L.A.L. Silva - 30/08/87 e 2/01/88
Renato Levai - jun/88

SOBRE O AUTOR: Romualdo Lourençon, 29, é economista. Suas principais áreas de interesse na astronomia são as ocultações (em particular as lunares rasantes), e os cometas. Contribui regularmente com a LIADA, IOTA, UAA, USNO e ILOC, sendo membro integrante dos tres primeiros.

| | |
|--|----|
| EDITORIAL..... | 01 |
| O EFEITO SCHROTER EM VENUS E A ELONGAÇÃO VESPERTINA DE 1988..... | 03 |
| OBSERVAÇÕES VISUAIS DO COMETA BRADFIELD 1987 s..... | 11 |
| OBSERVAÇÕES VISUAIS DO COMETA BORRELY 1987 p..... | 16 |
| SUPERNOVA 1987 A DEZOITO MESES DE OBSERVAÇÕES..... | 18 |
| ASPECTOS GERAIS SOBRE A OBSERVAÇÃO DE VARIÁVEIS..... | 33 |
| BETA DORADUS, L CARINAE E U CARINAE - TRÊS VARIÁVEIS CEFEIDAS AUSTRALS.. | 35 |
| OCULTAÇÃO RASANTE DE SPICA | 42 |