

Vesta - Oposição de 1989

Renato Levai

PROJETO E CAMPANHA OBSERVACIONAL.

Objetivando a excelente oposição de Vesta que ocorreria em 26/jun/89, a REA lançou o Projeto de Observação nº 63/89, o 2º na área asteroidal. Vários fatores caracterizaram como ótima a temporada de observação de Vesta: (1) o periélio sucedeu em 1989/abr/24, a 2º heliocêntricos da oposição, donde ser esta bastante favorável (índice 97%); (2) o asteroide percorreu os ricos campos estelares de Sagitário, onde houve abundância de estrelas úteis à comparação de magnitudes; (3) a declinação austral, fazendo-o atingir o zênite, e a época do ano (inverno) contribuíram para a visualização de Vesta. Observadores bem situados puderam registrar o asteroide a olho nú, uma vez que o mesmo efetivamente atingiu a magnitude visual mínima de +5,3.

A temporada observacional foi proposta dentro do período maio/89 a setembro/89, numa extensão (e num retorno) sem precedentes no Brasil; a razão das escolhas foi garantir uma certa antecipação (cerca de 1 mês) à oposição, para que o mínimo de magnitude e melhor época de observação ficassem bem abrangidos (sem exigir observações na alta madrugada), e prolongar a campanha até que o astro atingisse o máximo ângulo de fase (aprox. 27º); como houve escassez de observações em setembro, foram aproveitadas algumas observações do início de outubro.

As efemérides de posição utilizadas no Projeto foram as do Bureau des Longitudes, Paris, no equinócio 1950.0, as quais puderam ser diretamente plotadas na carta celeste. A carta adotada foi a da AAVSO (nº 119 e 120), especialmente pela utilidade na medida de magnitudes visuais.

A primeira observação foi assinalada a 14/maio, e a última a 03/out, num total de 59 noites de observação ao longo de 143 dias. foi alcançada pois uma frequência média de 3 obs. por semana ou 1 obs. a cada 2,4 dias; em junho e julho a densidade de observações foi maior, a saber 39 em 61 dias ou 1 obs. a cada 1,6 dias.

Os observadores procuraram estimar a magnitude aparente de Vesta usando de preferência o método de comparação (como em estrelas variáveis), fornecendo a margem de erro da medida, da ordem de alguns décimos de magnitude, muitas vezes atingindo com segurança a precisão de 0,1 mag. Também as observações fotométricas incluíram a avaliação qualitativa da cor do asteroide.

Eis os observadores que participaram da campanha de Vesta/89, com o nº de noites de observação reportadas:

C. A. Colesanti, Mairinque	-SP (01)
N. Falsarella, S.J. Rio Preto	-SP (03)
M.F. Lara, Nilópolis	-RJ (29)
R. Levai, S. Paulo	-SP (26)
R. Lourençon, Jundiaí	-SP (01)
T.A. Napoleão, S.Paulo	-SP (21)
A. Padilla Fo, R.Janeiro	-RJ (02)

Resultados numéricos/estatísticos da campanha:

Noites/Observação independentes:	83
Medidas de magnitude:	95
Estimativas de tonalidade:	46
Ocultações ou posicionamentos:	13
Fotografias:	02

O gráfico a seguir (fig. 01) apresenta as medidas da magnitude visual obtidas pelos observadores da REA, em função da data (TU). A linha contínua é a previsão de magnitude das “Ephemerides of Minor Planets” do IAT/URSS, de acordo com as normas e constantes da IAU. Nota-se o estreito acordo entre as observações e a previsão, com pequena margem (0,2 mag. na média) atribuível ao efeito “purkinje” instrumental, a flutuação do brilho do asteroide, e a uma possível definição teórica da magnitude conforme o brilho máximo ao invés do médio (isto é, o traço contínuo seria um limite inferior).

1. DADOS E RESULTADOS FOTOMÉTRICOS.

A partir da expressão geral da magnitude em função da intensidade ou fluxo luminoso ($m = k \cdot \log I$), temos para o caso dos asteroides a seguinte equação:

$$V = H + 5 \log r\Delta + O(\beta)$$

onde V é a magnitude visual aparente, H a magnitude absoluta (que no caso dos asteroides é definida para $r = \Delta = 1$ e $\beta = 0^\circ$), r e Δ são as distâncias ao Sol e à Terra, e o último termo é a função de fase (ϕ), sendo β o ângulo de fase centrado no planetóide (SPT). Sob certas condições ($5^\circ < \beta < 30^\circ$), a função de fase é aproximadamente linear, sendo dada por $f \cdot \beta$, onde constante f é o coeficiente de fase; significa que a magnitude cai ou cresce proporcionalmente ao ângulo de fase, H e f são pois duas constantes fotométricas características e individuais do asteroide.

Utilizando os dados de magnitude aparente obtidos para Vesta, elabora-se o gráfico adiante (fig. 02), onde o eixo vertical é a redução de $m - 5 \log r\Delta$, ou seja, a magnitude absoluta em função do ângulo de fase (eixo horizontal); os valores de m provém da observação, enquanto r , Δ e β vêm das efemérides. A equação do gráfico é:

$$H(\beta) = H_0 + f \cdot \beta \text{ (aprox. uma reta)}$$

Aqui desprezaram-se medidas de magnitude afetadas de imprecisão superior a 0,2. Nota-se que: (1) a variação do ângulo de fase abrange tanto a fase anterior à oposição como a posterior; (2) o ângulo de fase é mínimo na oposição e máximo nas quadraturas; (3) o ângulo de fase nunca é zero, exceto quando a oposição ocorre sobre a eclíptica.

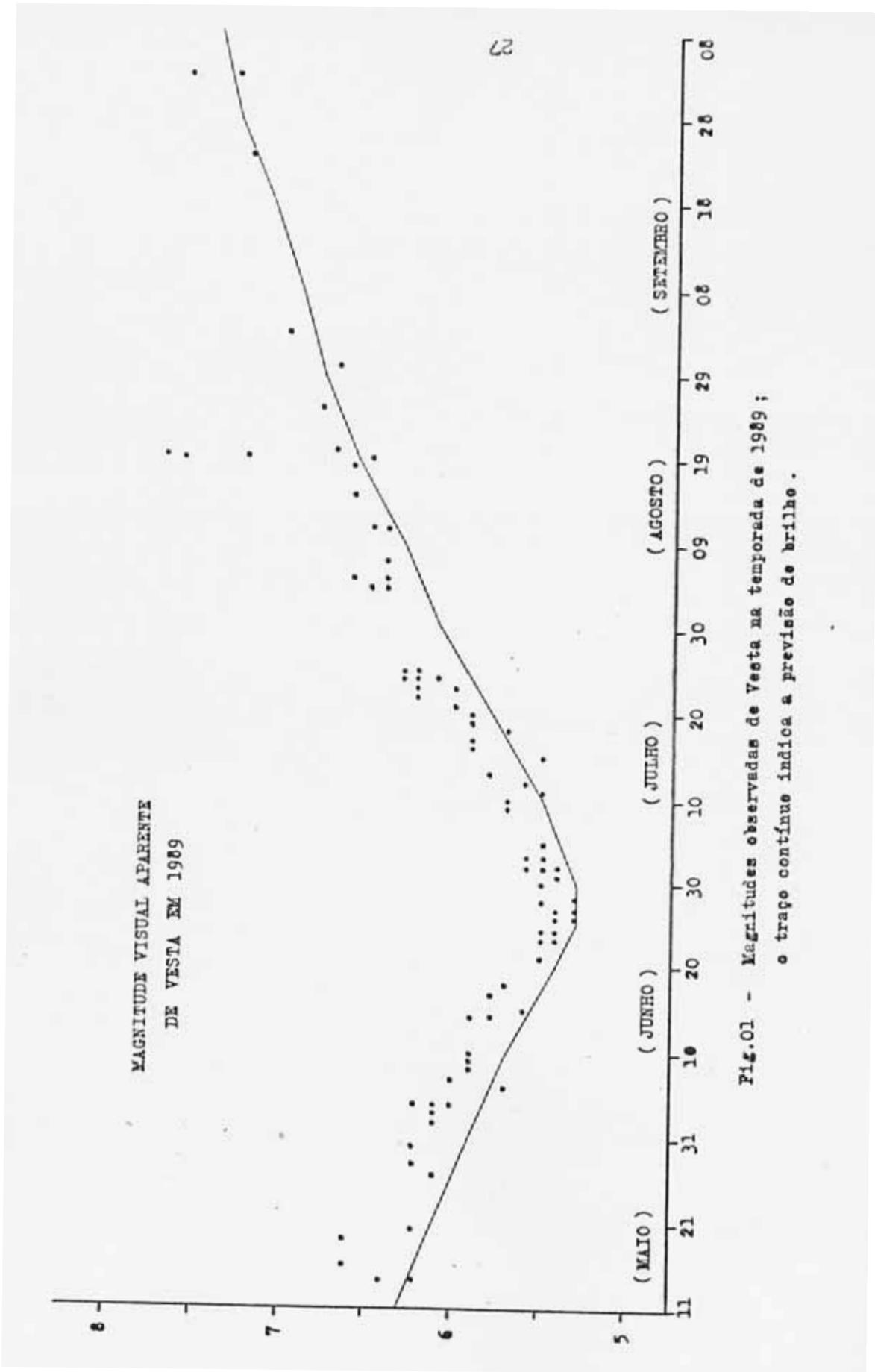


Fig.01 - Magnitudes observadas de Vesta na temporada de 1989 ;
o traço contínuo indica a previsão de brilho .

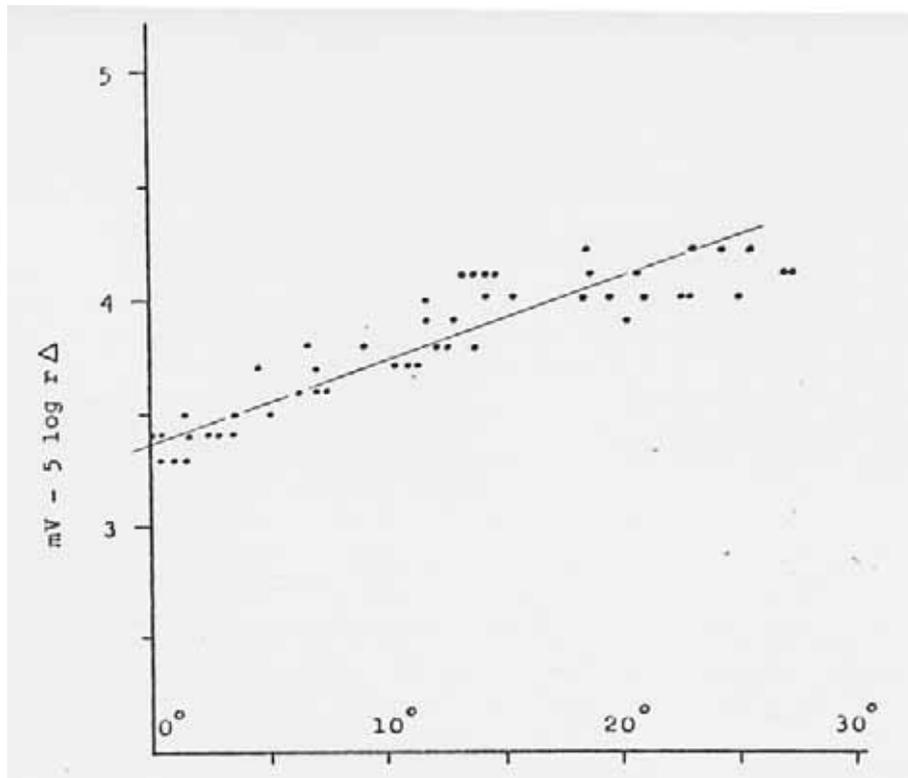


Figura 2 - Magnitude visual reduzida de Vesta em função do ângulo de fase.

Analisando a distribuição dos pontos, nota-se aproximadamente uma correlação linear (reta), especialmente no intervalo entre 5° e 20° ; o desvio da reta que ocorre nos extremos, deve-se : (1ª) ao efeito de oposição, quando $<5^\circ$, e (2ª) ao efeito de fase, quando $20^\circ < \beta < 30^\circ$.

O efeito-oposição explica-se fisicamente por uma maior eficiência da reflexão quando o asteroide encontra-se na fase cheia, enquanto o efeito-fase deve-se à menor eficiência da reflexão quando a fase se acentua (uma situação análoga ocorre com a Lua, ao longo de suas fases).

Projetando a reta média do gráfico $H(\beta) \times \beta$ até $\beta = 0^\circ$ (isto é, a intersecção com o eixo vertical), temos que $H(0)$ ou seja a magnitude absoluta é $+3.35 \pm 0.10$; inclinação da reta, ou seja, o coeficiente de fase, resultou 0.035 ± 0.010 (magnitudes por grau). A título de comparação, a literatura da “British Astronomical Association” informa os resultados obtidos na observação de Vesta em 1985.

$$V(\beta) = 3,55 + 0,026.\beta$$

Vemos aí que a discrepância é pequena. O valor obtido pelo Minor Planet Center em 1988 foi magn. absoluta $H = 3,16$.

Assinale-se no gráfico fotométrico que o “opposition effect” mostrou-se mínimo, não ultrapassando 0,1 mag. (ao contrário de certas publicações que tendem a superestimá-lo), e a zona de fase acentuada (20° a 30°) representa grande porção, de modo que a reta não é atualmente considerada uma boa aproximação da variação de magnitude. Desde 1986 a IAU recomendou e pôs em prática uma nova equação para o brilho dos asteroides, que é a seguinte:

$$V = H + 5 \log r\Delta - 2,5 \log [(1-G)\phi_1 + G\phi_2]$$

onde **V** e **H** continuam sendo as magnitudes visual e absoluta, **G** é um termo de “declividade” que substitui o coeficiente de fase, e $\phi_{1,2}$ são funções de fase dadas pela expressão:

$$\phi_1 = \exp(-A_1[\tan(\beta/2)]^{B_1})$$

onde os parâmetros A_1 e B_1 baseiam-se em estatísticas observacionais. Tal aparente complicação é no objetivo de conseguir um melhor acordo entre previsão e observação. O novo sistema é válido para todos os ângulos de fase entre 0° e 120° .

2. ROTAÇÃO E COR.

O período de rotação de Vesta aceito como possível é 5h20,5m, a flutuação do brilho devido à rotação possui uma amplitude de 0,13 mag. (cf. G. Roth), significando que a variação total (max-min) é de 0,26; a BAA em 1985 encontrou uma flutuação de 0,115 mag para Vesta. Uma vez que a curva de luz obtida por meios fotoelétricos acusa algumas assimetrias, supõe-se que sejam devidas a áreas escuras na superfície do planetóide.

Portanto, no caso de Vesta, a possibilidade de detectar a rotação através de observações visuais exige a precisão de 0,1 mag no mínimo; torna-se impossível registrar nuances só acessíveis a fotometria fotoelétrica. Podem-se descartar os métodos de medição do brilho baseados na desfocalização, os quais dificilmente dão incerteza menor de 0,2 mag. Resta o método de comparação (=variáveis), que permite normalmente a precisão de 0,1 (contando também com que haja estrelas de comparação em limites não muito distantes do astro pesquisado). Há também a ser considerado o efeito “purkinje” instrumental, dependendo das características óticas e qualidade do instrumento (binóculos no caso), que pode causar alterações absolutas de 0,1 a 0,3 mag dependendo da cor dos objetos. Outro detalhe é o MALE instrumental que, se for insuficiente, aumenta a incerteza da medida.

Com tais limitações em mente, passa-se a abordar o conjunto de observações de Vesta. Entre junho e agosto houve 19 ocasiões de observação simultânea (mesma noite), pelo mesmo ou por independentes observadores. Por deficiência de precisão, devemos descartar 2 delas. Por coincidências (isto é, não-variação) descartamos 10. Restam 7 ocasiões em que com boa probabilidade ocorreu variação de 0,1 a 0,2 mag. Destacamos 4 eventos em que houve pelo menos 3 observações espaçadas de algumas horas e a variação atingiu 0,2 mg:

jun 04: possível mínimo a 2h TU

jun 28: possível mínimo a 1h TU

jul 02: possível mínimo a -1h TU

jul 24: possível máximo a 0h TU

Estariam tais mínimos e máximos consistentes com uma rotação de 5,34 horas? Tomemos as datas jun/28 e jul/02: compreendem 98 horas ou seja 18,35 rotações: é compatível com 18 rotações e erro de 2 horas (1 hora em cada data).

jul/02 e jul/24:

529 horas ————— 99,04 voltas (compatível com 98,5 ou 99,5)

jun/04 e jun/28:

575 horas — 107,65 voltas (compatível com 108,0 voltas)

Para podermos verificar a consistência de um período de rotação por este método, não se deve levar em conta datas muito afastadas, porque perde-se a multiplicidade, isto é, alguns giros a mais ou menos não afetam o provável período de rotação em face de um largo intervalo. Outro ponto é a precisão com que se determina o instante de máximo ou mínimo brilho: é desejável 0,1 hora, o que requer boa acuidade das medidas, e grande número de medidas (dentro da mesma noite). Em conclusão, na patrulha de Vesta pode-se registrar com certeza flutuações de até 0,2 mag e possíveis quedas e subidas de brilho, porém não foi suficiente para relacioná-las a um determinado período de giro.

Quanto à tonalidade do asteróide, que algumas fontes sugerem possuir variações ligadas ao albedo, na campanha de Vesta os observadores divergiram bastante, uma vez que o critério adotado foi qualitativo. As avaliações foram no geral aleatórias entre: branco, branco/amarelado, amarelo, amarelo/alaranjado, laranja. Houve relativa consistência (isto é, variações menores) restringindo-se a dado observador, o que demonstra a grande influência da “equação pessoal”. A grosso modo, pode-se perceber que na oposição, Vesta assumiu tom alaranjado, o que talvez possa ser relacionado à fase. Estimativas como “branco” para significar “indefinido”, ou “avermelhado” para traduzir “brilho insuficiente”, devem ser evitadas. Talvez um sistema de referência baseado no índice de cor de estrelas, seja útil para uniformizar um pouco as avaliações do gênero.

3. POSIÇÃO, FOTOGRAFIA E EVENTOS.

As efemérides dos planetóides são atualmente calculadas levando-se em conta a perturbação dos grandes planetas, de modo que o erro em geral não excede cerca de 10"; no caso dos asteróides “clássicos” (os 4 primeiros) a margem é ainda menor. Normalmente, tal ângulo fica fora do alcance dos instrumentos não-profissionais. Nas observações de Vesta, verificou-se plena concordância entre a previsão e a posição real, isto é, o asteróide sempre pode ser precisamente encontrado no local dado pelas efemérides.

No entanto, há utilidade para as medidas, embora menos precisas, feitas pelo amador. O posicionamento do astro utilizando o campo do instrumento (ou seja, distância angular e ângulo de posição), velocidade aparente, que é útil em extrapolações (quando às vezes termina o período de efemérides disponíveis) e como característica orbital do asteróide. M.F. Lara reportou algumas posições de Vesta com margem de aproximadamente 2'. R. Levai mediu ao binóculo posições com precisão de 0,1° - por exemplo (TU):

jun 23, 2h50m: 2,0° ENE/E de Sgr

jun 28, 1h30m: 0,9° ESE de Sgr

Daí extrai-se que o deslocamento médio foi 0,26°/dia. Um cálculo pelas efemérides dá a velocidade angular de 0,25°/dia no mesmo período (aprox. oposição).

A oposição de Vesta foi favorável também para a astrofotografia (brilho elevado, campo estelar rico e céu de inverno). N. Falsarella, experiente no ramo, obteve algumas imagens de Vesta, utilizando negativo comum (Kodak VR 400) em câmera 50mm (Pentax) ou no refletor 200mm, a seguir processando a imagem na câmera CCD (Panasonic), ajustando tamanho, contraste e cor, por fim fotografando na tela do monitor a imagem final.

A seguir (fig.03) a fotografia de Vesta no campo estelar de Sagitário, obtida com abertura de 50mm, exposição de 3,5 min, e processada em CCD. Nota-se a presença do asteróide no centro, próximo à estrela μ Sgr, vendo-se também o aglomerado M24 e o planeta Urano. Vesta apresenta brilho análogo ao da estrela 0,5° a NE de (mag. 5,4), e é amarelado (a imagem original é em cores).

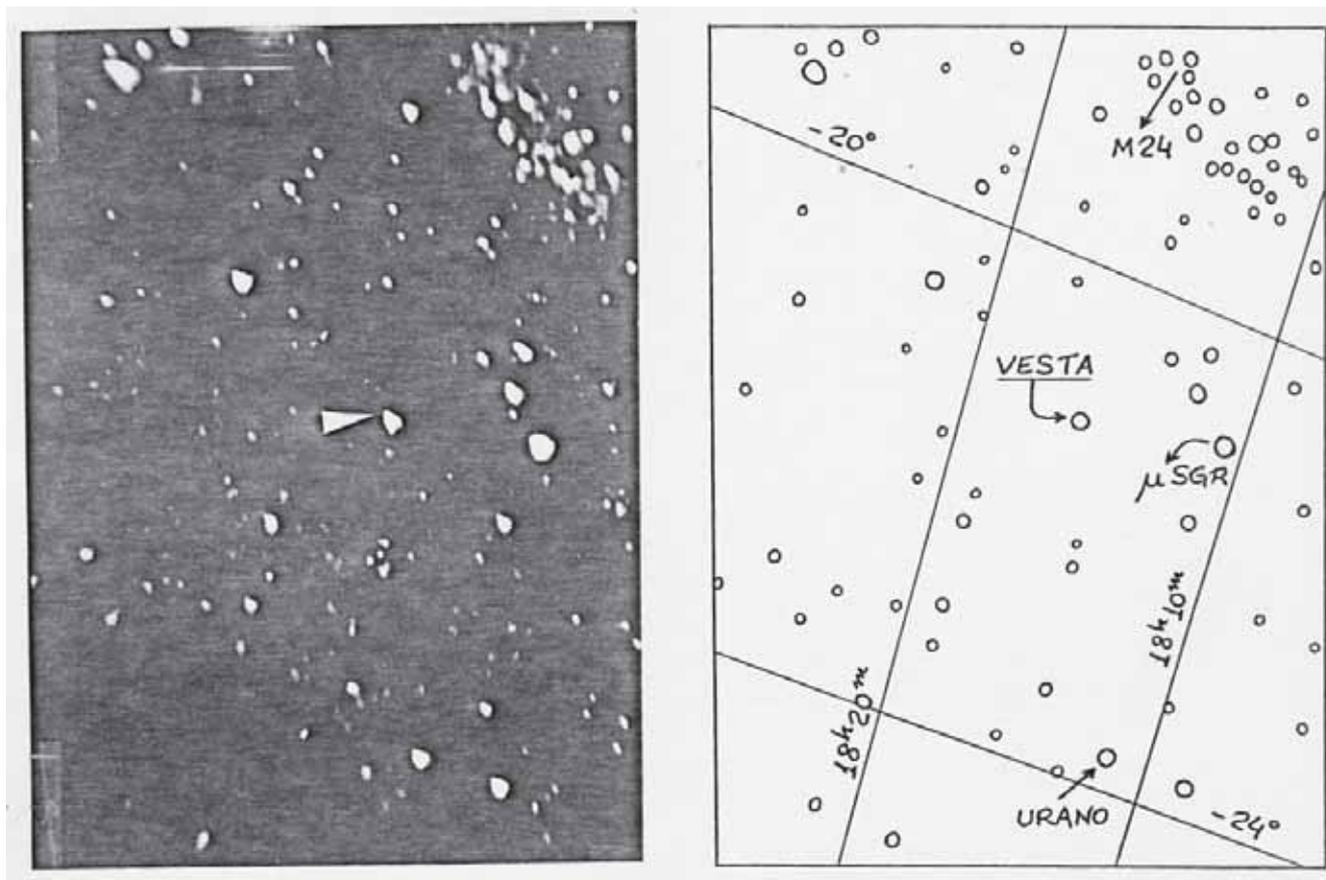


Figura 3 - Vesta no campo estelar de Sagitário, em foto de Nelson Falsarella (câmera 50 mm, filme VR 400, exposição 3,5 min), processada em CCD. (Junho 27,1989 - 0h4 TU). À direita, a interpretação da foto.

Ainda na temporada 89 de Vesta estavam previstos dois eventos ocultivos: o 1° em jul/12 (21h30m TU) com uma estrela de mag. 9,4 e queda de brilho desprezível; o 2° em ago/19 (4h30 TU) com uma estrela de mag. 6,2, queda de brilho de 1,0 mag. (duração 112 seg) e centralidade na região amazônica. Do 1° evento, praticamente inobservável de nossa região, R. Levai reportou em jul/13 (1h00 TU), portanto 3,5 horas após o evento, Vesta a 0,7' oeste da estrela mag. 9,4 que por sinal pertence ao aglomerado M21. Do 2° evento, uma importante ocultação, R. Lourençon acompanhou de Jundiáí-SP (refrator 60mm), tendo registrado a máxima aproximação às 4h31, sem haver fusão das imagens. R. Levai em S. Paulo/SP, também observou o fenômeno (refletor 114mm), assinalando o apulso às 4h25-30; devido a turbulência (a 15° do horizonte), as imagens fundiram-se, assumindo o aspecto de uma mancha alongada.

Por fim, desejamos agradecer ao Nelson Falsarella pelas fotos; ao Marcos Lara pela pesquisa no “Journal of BAA”, e a todos os demais que contribuíram com suas observações.

4. REFERÊNCIAS.

- 1- “Ephemerides Astronomiques 1989” - Bureau des Longitudes, Paris.
- 2- “Ephemerides of Minor Planets, 1989” - CCCP.
- 3- “18 Melpomene in 1981” - Journal of BAA, 1988, 98, 5.
- 4- “8 Flora in 1984” - Journal of BAA, 1987, 97, 4.
- 5- “4 Vesta in 1989” - Journal of BAA, 1987, 97, 6.
- 6- “The System of Minor Planets”, G. Roth - D. Van Nostrand Co., Great Britain 1962J.
- 7- “Da Terra às Galáxias” - R. Mourão - MEC/Melhoramentos, 1977.