

Analise preliminar das características da Nova Velorum 1999 (V382 Vel)

Tasso Augusto Napoleão - São Paulo/SP

1. Descoberta e fotos pré-descoberta.

No início da noite de 22 de maio de 1999 (aproximadamente às 21:30 TU), nosso colega Renato Levai, de São Paulo, SP, preparava-se para iniciar sua atividade costumeira de monitoramento de satélites artificiais, quando percebeu uma nova estrela, aproximadamente de terceira magnitude, a cerca de três graus ao Sul de Mu Velorum. Renato é seguramente um dos mais experientes astrônomos amadores brasileiros, acumulando ao longo de décadas um excelente conhecimento do céu – e portanto compreendeu imediatamente o significado potencial daquela descoberta. De imediato, ele comunicou-se com Cláudio Brasil Leitão Jr. (coordenador da área de Planetas Inferiores da REA), que por sua vez telefonou ao autor do presente trabalho. Com o céu em S. Paulo momentaneamente encoberto por nuvens baixas e rápidas, procuramos por telefone os colegas da REA no Rio de Janeiro, Hélio de Carvalho Vital e Antonio Padilla Filho para a confirmação; ao mesmo tempo que Cláudio alertava todos os membros da REANET através de email dirigido à lista.

Poucos minutos após, a descoberta de Renato já havia sido confirmada pelos colegas do Rio e também por nós (com as nuvens já dissipadas). Claudio e eu encaminhamos então ao Central Bureau of Astronomical Telegrams (CBAT) da IAU (União Astronômica Internacional) uma mensagem eletrônica ao Dr. Daniel Green, comunicando a descoberta de Renato Levai. Ao mesmo tempo, começavam a chegar de todas as partes do Brasil as estimativas de magnitude dos observadores da REANET (foram cerca de 70 apenas naquela noite). A experiência demonstrou drasticamente a eficiência da Internet como meio de comunicação entre os membros da REA.

Infelizmente, no entanto, os australianos tinham podido divisar a nova antes de Renato, enquanto no Brasil ainda era dia claro: minutos após nosso email ao Dr. Green, aparecia na Web a Circular IAU 7176, de 22 de maio de 1999:

“ *Independent visual discoveries of a bright nova have been made by Peter Williams, Heathcote, New South Wales (via S. Lee and A.*

Pearce) at mv = 3.1 on May 22.396 UT and Alan C. Gilmore, Mount John University Observatory, on May 22.451. Lee provides the following position from AAT encoders: R.A . = 10h44m49.5s.5 , Decl = - 52o25'35” (equinox 2000.0) .”

Entretanto, nem por esse motivo a IAU deixou de reconhecer a descoberta independente de Renato: três dias depois, na Circular IAU número 7179, de 25 de março, constava:

“ *Selected visual estimates : May 22.8958 UT, 3.0 (R. Levai, Sao Paulo, Brazil; independent discovery, forwarded by T. A. Napoleao); 23.917, 2.9 (T. A. Napoleao, Sao Paulo, Brazil); 24.334, 3.0 (D. A. J. Seargent, The Entrance, N.S.W.); 24.569, 3.4 (A .Pearce, Nedlands, W. Australia); 24.937, 3.2 (J. G. de S. Aguiar, Campinas, Brazil); 25.23, 3.8 (S. J. O’Meara, Volcano, HI); 25.43,3.8 (R. H. McNaught, Bugaldie, N.S.W.).”*

Dessa forma, a V382 Velorum (designação definitiva dada pela IAU à Nova Velorum 1999) teve desde o início seu nome ligado ao dos observadores brasileiros, e Renato tornou-se o segundo brasileiro a co-descobrir uma nova (o primeiro – Vicente Ferreira de Assis Neto, de Minas Gerais – havia co-descoberto a Nova Cygni 1975).

Mas havia mais ainda por vir...na semana precedente à da explosão da nova, nosso associado Márcio Mendes, de Dois Córregos, SP, havia iniciado um programa de monitoramento fotográfico da luminosa variável Eta Carinae, cujas coordenadas são próximas às de V382 Vel. Ao revelar o filme, Márcio percebeu que havia capturado a nova em duas de suas fotos: a primeira, feita em Maio 20.923 TU (um dia e meio, portanto, antes da primeira descoberta visual pelos australianos), apresentava a nova com magnitude de cerca de 7.3. A segunda exposição, feita em Maio 21.944 TU, mostrava a nova já brilhante, com magnitude 3.5. Ambas as fotos foram feitas com uma camera Praktica MTL 3 com lente Pentacon 1.8 / 50 e filme Fuji Super G Plus (ISO 800). Corretamente, Márcio buscou a confirmação das imagens, que foi feita de forma

independente por Hélio Vital e pelo autor. Novamente, foi enviada uma mensagem ao Dr. Green, e o reconhecimento das fotografias de Márcio pela IAU veio em 17 de junho, através da Circular IAU 7203.

Fotos pré-descoberta de novas são, como se sabe, extremamente raras e de alta importância científica, para o entendimento dos mecanismos de explosão. Em particular, a primeira foto obtida por Márcio tornou-se a primeiro registro da nova a nível mundial. As duas fotos são vistas nas figuras 1 e 2.

2. Campanha observacional da REA.

Durante os cento e vinte dias posteriores à explosão de V382 Vel, os observadores da REA no Brasil, Argentina, Uruguai e Peru monitoraram a evolução da magnitude da nova. Um total de 440 estimativas visuais foi obtido, desde a erupção até 20 de setembro de 1999, possibilitando a construção da curva de luz que se vê na figura 3. Naturalmente, no ano 2000 o monitoramento continuará. Vinte e nove observadores da REA participaram da campanha de 1999. Seus nomes são vistos abaixo, em ordem alfabética, e é graças ao esforço de todos eles que o presente trabalho pôde ser realizado.

Adriano Barros, Alexandre Amorim, Antonio Coelho, Antonio Padilla Fo., Avelino Alves, Carlos Colesanti, Claudio Brasil Jr., Claudio Melluzzi, Erwin Salazar, Felipe Hodar, Frederico Funari, Helio Vital, Jaime Garcia, José Guilherme Aguiar, Juan Hodar, Kiko Soares, Luiz Duczmal, Marcio Mendes, Marcos Lara, Marilena Mollaco, Moshe Bain, Paulo Sergio Fernandes, Peterson Oliveira, Raul Salvo, Renato Levai, Romualdo Caldas, Sergio Lomonaco, Tasso Napoleão e Willian Souza.

As estimativas da REA para a V382 Vel foram remetidas e publicadas e / ou passaram a integrar os bancos de dados das seguintes entidades :

IAU Circulars

AAVSO (American Association of Variable Stars Observers, USA)

AFOEV (Association Française des Observateurs d'Étoiles Variables, França)

VSNET (Universidade de Kyoto, Japão)

Norwegian Astronomical Society (Noruega)

Revista "Sky and Telescope" (USA)

Toda a discussão que se segue foi baseada nos dados observacionais obtidos pela equipe



Fig 1 : V382 Velorum : imagem pré-descoberta de Marcio Mendes; exposição feita em Maio 20.923 TU, cerca de trinta e cinco horas antes da descoberta visual. A nova é indicada pela seta, com magnitude estimada em 7.3 .



Fig. 2 : V382 Velorum : imagem pré-descoberta de Marcio Mendes; exposição feita em Maio 21.944 TU, cerca de onze horas antes da descoberta visual. A nova já apresenta magnitude em torno de 3.5 da REA.

3. Curvas de luz.

Nas figuras 3 e 4 demonstram-se as curvas de luz obtidas pela REA para V382 Velorum em cento e vinte dias de observação. A figura 3 corresponde à curva de luz completa a partir de todos os dados brutos obtidos (440 estimativas visuais e 4 fotográficas). Já a figura 4 é uma curva suavizada, obtida a partir das médias diárias das estimativas de magnitude dos observadores da REA. Nela, cada ponto representa em média cerca de 4 estimativas.

Como se depreende de ambas as figuras, a curva de luz visual de V382 Vel tem aparência característica e semelhante à de outras novas rápidas e brilhantes (tipo Na), cuja erupção ocorreu no século XX - particularmente a Nova Puppis 1942 e a Nova Cygni 1975. Nas três notam-se a queda acentuada de brilho nos dias imediatamente após a explosão; a mudança da taxa de decaimento após 20 a 30 dias; e a existência de variações irregulares de pequena amplitude (“flickering”) durante a fase de transição, em que o envelope gasoso resultante da explosão inicia a se dissipar.

Nota-se ainda que o máximo foi atingido por volta de 0h TU de 23 de maio. Da curva de luz suavizada, extraímos o valor da magnitude visual aparente no máximo ($m_v = 2.8$), que será usado em todos os cálculos posteriores. Vale ressaltar aqui que dois observadores da REA – Hélio Vital e este autor – registraram independentemente, entre Maio 22.996 TU

e Maio 23.011 TU, o valor de 2.5 para a magnitude no máximo. Preferimos aqui, no entanto, adotar o valor de 2.8 para os cálculos subsequentes, em virtude de ter sido a mediana de um número bem maior de observadores; por outro lado, a adoção do valor de 2.5 não traz conclusões significativamente diferentes daquelas mencionadas no presente trabalho.

4. Análise da curva de luz.

4.1. Cálculo da magnitude absoluta no máximo.

Para a determinação da magnitude absoluta visual, utilizamos as equações empíricas de T. Schmidt-Kaler (1956) e Mc Laughlin (1960), na seguinte forma :

$$M_o = - 11.8 + 2.5 \log t_3 \quad (1)$$

E ainda

$$\log t_3 = \log t_2 + 0.3 \quad (2)$$

que utilizamos para confirmação. Nessas equações, M_o representa a magnitude visual absoluta no máximo, e os parâmetros t_2 e t_3 representam o tempo (em dias) necessário para que a magnitude, a partir do máximo, caia respectivamente de duas e três magnitudes.

Da curva de luz suavizada obtivemos : $t_2 = 6.0$ dias e $t_3 = 12.0$ dias. Levando esses valores às equações (1) e (2), obtivemos para o valor da magnitude

Nova Velorum 1999 (V 382 Vel)

Dias desde 22 de maio de 1999

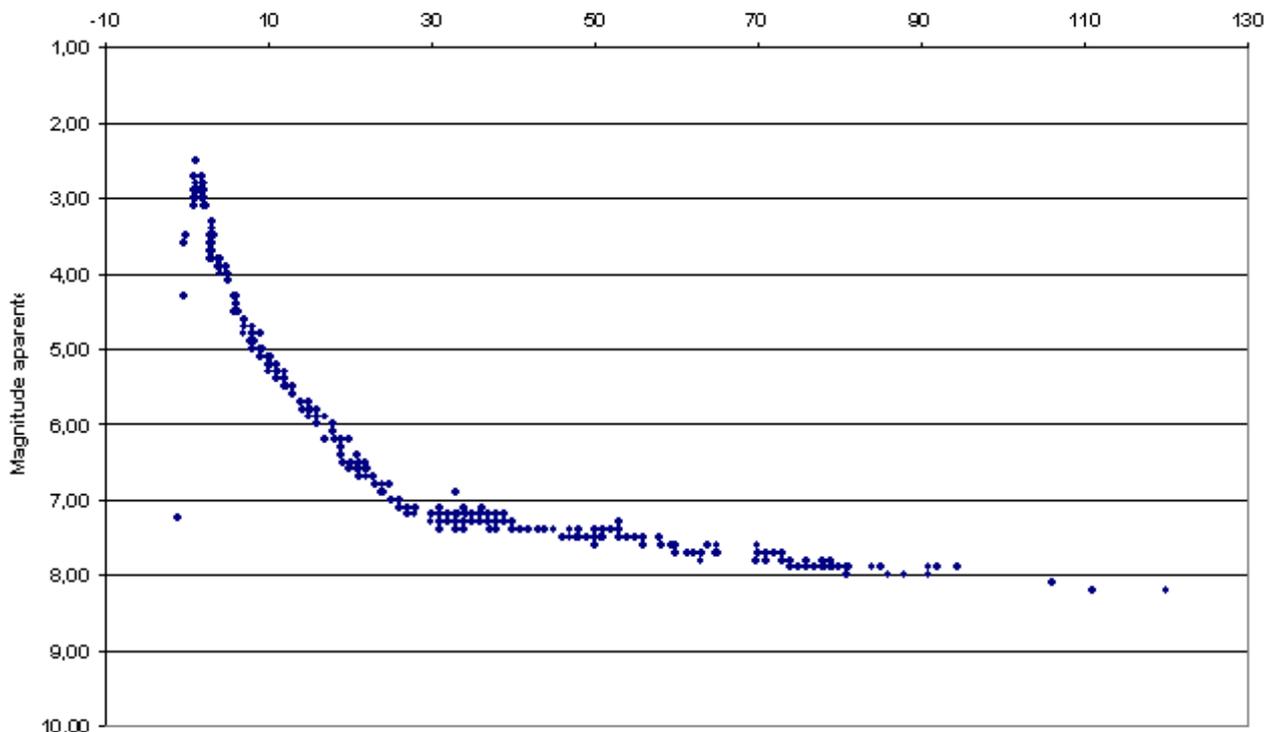


Fig. 3 – Curva de luz de V382 Velorum obtida pela REA no período de 20/05/99 a 20/09/99, a partir de 440 estimativas visuais e 4 fotográficas.

absoluta:

$$M_o = - 9.1 (+/- 0.2) \text{ mag}$$

4.2. Cálculo da luminosidade no máximo.

Para o cálculo da luminosidade, foi usada a equação :

$$(3) \quad M_s - M_o = 2.5 \log (L_o / L_s)$$

onde M_s representa a magnitude visual absoluta do Sol ($M_s = 4.76$); L_s representa a luminosidade solar, medida em erg/s ($L_s = 3.83 \times 10^{33}$); M_o é a magnitude absoluta da nova, calculada acima (usaremos o valor médio); e L_o a luminosidade da nova no máximo. Levando esses valores à equação (3), resulta para a V382 Vel:

$$L_o = 1.34 \times 10^{39} \text{ erg/s, ou ainda :}$$

$$L_o = 350\,000 L_s, \text{ aproximadamente.}$$

A nova atingiu, portanto, uma luminosidade da ordem de trezentos a quatrocentos mil vezes a luminosidade solar, no instante de seu máximo.

4.3. Cálculo da distância de V382 Vel.

A estimativa da distancia de V382 Vel foi um pouco mais demorada : como ponto de partida, utilizamos a equação do módulo de distância:

$$m_o - M_o = 5 \log D - 5 + D.A_v \quad (4)$$

onde m_o representa a magnitude visual aparente no máximo (aqui admitida como 2.8) ; M_o é a magnitude absoluta, calculada em 4.1; D é a distância da nova, tomada em parsecs; e A_v é o avermelhamento ou extinção interestelar na direção da nova (região do visível).

A dificuldade, obviamente, residia na estimativa do avermelhamento. Procuramos inicialmente o uso de um processo iterativo, tomando como extremos os valores de $A_v = 1.0 \text{ mag / Kpc}$ (avermelhamento médio galáctico) até 0.2 mag / Kpc . Resultou dessa primeira fase uma distância entre 1.3 e 2.0 Kpc, que consideramos uma faixa inicial razoável.

A estimativa pôde ser refinada quando se tornaram disponíveis as medidas do excesso de cor $E(B-V)$ na direção da nova, feitas por Shore et al com o Hubble Space Telescope (IAUC 7192). Estes profissionais estimaram o valor de $E(B-V)$ como 0.2. Ora, sabemos que vale a relação aproximada entre o excesso em $(B-V)$ e o avermelhamento:

Nova Velorum 1999 (V382 Vel)

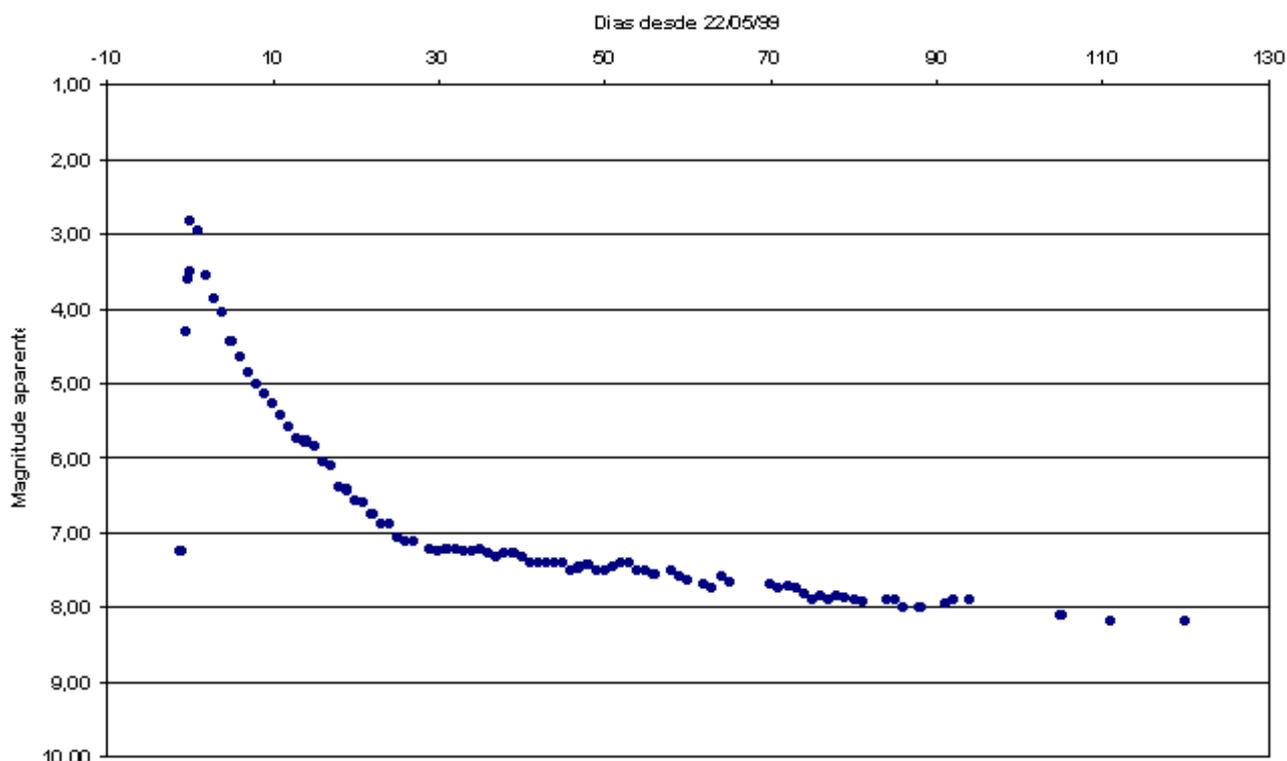


Fig. 4 – Curva de luz suavizada para a V382 Vel para as observações da REA entre 20/05/99 e 20/09/99. Cada ponto em média representa quatro estimativas.

(5)
$$A_v = 3 E (B-V)$$

Assim, ao excesso de cor de 0.2 corresponde obviamente uma extinção interestelar de 0.6 mag/Kpc, que levada à equação (4) resulta no valor aproximado de :

$$D = 1.8 (+/- 0.2) \text{ Kpc}$$

Ou, ainda, uma distância da ordem de 5900 anos-luz para a nova – com uma incerteza de cerca de 600 anos-luz)

4.4. Amplitude e magnitude absoluta da provável progenitora.

No dia seguinte ao da descoberta, P. Schmeer, de Bischmisheim, Alemanha, (IAUC 7177) havia identificado como progenitora mais provável uma estrela de magnitude aparente 16.4, listada no catálogo USNO-A2, e situada em A.R. 10h44m48.416s, Dec - 52o25'31.23" (equinócio 2000.0). Até hoje, esta permanece como a mais provável candidata.

Ora, neste caso, a amplitude (“range”) da nova estaria em torno de 13.6 magnitudes, considerando a magnitude aparente no máximo de 2.8

(obtida da curva de luz).

Por outro lado, a magnitude absoluta da progenitora pode ser deduzida diretamente a partir da magnitude absoluta no máximo (já calculada em 4.1), ou então estimada, como já visto, pelo módulo de distância (equação 4):

$$m_o - M_o = 5 \log D - 5 + D.A_v$$

De qualquer das formas, e considerando o valor da distância já estimado em 1.8 Kpc, resulta para a progenitora aproximadamente:

$$M_o = 4.5$$

Ou seja, uma magnitude absoluta não muito distante da solar. A estrela apresenta, portanto, luminosidade muito próxima à do Sol em seu estado de quiescência, e aumenta seu brilho em trezentos a quatrocentos mil vezes na erupção. Este resultado é bastante consistente com os citados na literatura (cf. Diaz and Bruch, 1997) : $M_v = 4.6$ (Bruch 1982) , ou $M_v = 4.3$ (Warner 1986) para o valor médio das magnitudes absolutas das novas galácticas no mínimo.

5. Conclusões.

5.1.

Essa suposição é corroborada pela comparação com as magnitudes absolutas e parâmetros

t3 obtidos para as outras novas brilhantes tipo Na e existentes na literatura, e vistas abaixo. Destas, apenas a Nova Herculis 1939 não se enquadraria na categoria Na:

<u>Nova</u>	<u>t3 (dias)</u>	<u>Mo</u>
Nova Persei 1901	22	-8.7
Nova Cygni 1920	22	-8.8
Nova Lacertae 1936	15	-8.6
Nova Aquilae 1939	12	-8.8
Nova Herculis 1939	100	-6.5
Nova Puppis 1942	7	-9.7
Nova Cygni 1975	3.9	-10.0
Nova Velorum 1999	12	-9.1

Observe-se aqui a semelhança com as novas Cygni 1975 e Puppis 1942 (já citada no comentário sobre a morfologia da curva de luz) e que, por sinal, foram as únicas mais luminosas que a V382 Vel neste século.

Podemos notar ainda que a amplitude da erupção da V382 Vel (“range”), que estimamos ter sido da ordem de 13.6 magnitudes, se encontra na faixa superior da curva de distribuição de amplitudes das novas clássicas (Payne-Gaposchkin, 1977), porém sem atingir os extremos representados novamente pela Nova Puppis 1942 (acima de 16 mag) ou da Nova Cygni 1975 (acima de 19 mag), segundo Andriolat, 1976.

5.2.

O valor obtido para a magnitude absoluta da V382 Velorum a partir dos dados da REA (9.1 +/- 0.2 mag) apresentou boa consistência com aquele estimado por profissionais (IAUC 7193, M. Della Valle e M. Pasquini, do ESO : - 8.7 +/- 0.2), valor este obtido por análises espectroscópicas e por fotometria diferencial).

Da mesma forma, a distância por nós calculada (1.8 + - 0.2 Kpc) é bastante compatível com a estimada por Della Valle e Shore, do ESO (cerca de 2000 pc) e citada na IAUC 7196 . Acreditamos que isto seja uma boa demonstração do que pode ser feito com a observação amadora sistemática e padronizada, ainda que com instrumentos de pequeno porte.

5.3.

Finalmente, e considerando o resultado obtido para a magnitude absoluta da progenitora, arriscaríamos esperar que a modelagem de V382 Velorum corresponda a um sistema com uma anã branca e uma estrela da sequencia principal. Neste caso, o fluxo

observado no estado de quiescência deveria vir principalmente do disco de acreção em torno da anã branca.

6. Bibliografia.

Andriolat, Yvette : Les Observations de Nova Cygni 1975, Observatoire de Haute Provence, in Novae and Related Stars, M. Friedjung (ed), 1977.

Della Valle, M., and Livio, M. : The calibration of novae as distance indicators; Astrophysical Journal, 452, 704-709 (1995)

Diaz, M.P. and Bruch, A. : The orbital period distribution of Novae; Astronomy and Astrophysics 322, 807-816 (1997)

Hoffmeister, Richter, Wenzel : Variable Stars, Springer-Verlag, (1985)

IAU Circulars nos. 7176, 7177, 7179, 7193, 7196 (1999)

Ostlie and Carroll, Modern Stellar Astrophysics, Addison-Wesley, 1996

Payne-Gaposchkin, Cecilia : Past and future novae, in Novae and Related Stars, M. Friedjung (ed), 1977

Payne-Gaposchkin, Cecilia : The Galactic Novae, North-Holland, 1957

Strohmeier, W. : Variable Stars, Pergamon Press, 1972

Whitelock, Patricia : Nova Centauri 1986, MNASSA, Vol. 46, 72

7. Agradecimentos.

Meus agradecimentos a toda a dedicada e competente equipe de observadores da REA, sem a qual este trabalho evidentemente não poderia ser apresentado. Em particular, ao amigo Helio Vital, do Rio de Janeiro, pela determinação das coordenadas galácticas da V382 Velorum e pelas numerosas e agradáveis trocas de idéias sobre este trabalho. Ao Dr. Daniel Green, da IAU, pelo interesse e boa-vontade demonstrada na publicação nas IAUCs dos resultados observacionais da REA, da descoberta de Renato Levai e das fotos pré-descoberta de Márcio Mendes.