

## INTRODUÇÃO.

As estrelas da classe R Coronae Borealis constituem um grupo extremamente raro de variáveis peculiares, com características irregulares e imprevisíveis. Menos de 40 variáveis tipo R CrB são conhecidas em todo o firmamento, e apenas um terço dentre elas possui características espectrais e fotométricas bem determinadas. Sabe-se que a maior parte delas correspondem às classes espectrais F, G ou R - supergigantes bastante evoluídas e que apresentam como traço em comum uma alta abundância de carbono em sua composição atmosférica. É de se supor que tais estrelas já tenham “queimado” todo o hidrogênio de seus núcleos e estejam atualmente na fase de conversão de hélio para carbono, em seus interiores.

As curvas de luz das variáveis tipo R CrB, de forma geral, se assemelham a “novas reversas”: as estrelas permanecem em seus máximos durante a maior parte do tempo, apresentando com frequência pequenas flutuações da ordem de poucos décimos de magnitude. Esta situação poderá perdurar por vários anos. Então, de forma inteiramente aleatória, seu brilho cai abruptamente, num processo que tipicamente leva semanas, ou poucos meses. A taxa de decaimento de brilho varia de estrela para estrela e mesmo de “crise” para “crise”. Também a amplitude da queda de brilho é imprevisível: há mínimos “rasos”, intermediários e “profundos”. Nos casos extremos observados, entretanto, a queda de brilho chega a 9 magnitudes (o que, por coincidência apenas, é equivalente ao incremento de brilho observado nas erupções de novas clássicas). Uma vez atingido o mínimo, a variável poderá permanecer nele por semanas, meses ou até mesmo anos. A recuperação de brilho, geralmente, é mais demorada que a queda, e com frequência é interrompida por oscilações.

Até meados de 1990, três estrelas R CrB constaram do programa permanente de variáveis da REA: a própria R Coronae Borealis (desde 1988), RY Sagitarii (desde 1988) e RS Telescopii (desde maio de 1990). Com exceção da última, cujo período de observação é obviamente insuficiente para a construção de qualquer curva de luz, os resultados do monitoramento de R CrB e RY Sgr durante os dois primeiros anos de monitoramento são demonstrados no presente texto. Os resultados da observação continuada de RS Tel e de outras estrelas da mesma classe a serem incluídas futuramente no programa de variáveis da REA aparecerão nos “Reportes” posteriores.

## 1. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS.

O modelo teórico mais aceito para o comportamento das variáveis R CrB foi desenvolvido por J. A. O’Keefe em 1939 e envolve a expulsão de uma nuvem de partículas de carbono desde o interior da estrela, recobrando sua fotosfera. Ao se condensarem, os grãos de carbono (grafite) agiriam como excelentes absorvedores: pode-se calcular que é suficiente um teor de  $3 \times 10^{-4}$  g/cm<sup>2</sup> de grafite em uma coluna através da nuvem de absorção, para explicar uma variação de brilho de 8 magnitudes na curva de luz.

A recuperação do brilho original da estrela, naturalmente, se daria através da dissipação da nuvem de carbono - provocada pela pressão do “vento” estelar, aliada à queda de temperatura à medida que o envelope se dispersa. Assim, a radiação que percebemos nos mínimos é o resultado da soma das emissões da estrela (através do envelope) e do próprio envelope. Este deverá irradiar a uma temperatura efetiva tal que as energias absorvida e re-emitida sejam iguais.

Se este modelo estiver correto, as linhas de emissão poderão se originar na atmosfera estelar, à mesma altura ou logo acima das partículas sólidas. Esperar-se-ia também excessos no fluxo infravermelho, correspondentes à energia (no visual) que falta no mínimo. Nos últimos anos, medidas espectroscópicas tem demonstrado compatibilidade com essas expectativas, e parecem evidenciar que a teoria de O’Keefe é coerente com o observado para as estrelas desta classe. Ainda se desconhece, no entanto, o mecanismo pelo qual a nuvem de carbono é gerada no interior da estrela.

## 2. CARACTERÍSTICAS GERAIS.

Há muita semelhança entre RY Sagittarii e R Coronae Borealis, a ponto de a primeira costumar ser considerada a “contra-partida austral” da segunda. R Cr. B, naturalmente, é bem mais conhecida: além de sua declinação boreal, ela foi uma das primeiras variáveis descobertas (em 1795, por E. Pigott) e uma das quais a AAVSO tem maior número de dados brutos. Por outro lado, RY Sgr foi descoberta somente mais de um século após (em 1896, por E. E. Markwick).

Ambas as estrelas são da população II, portanto, bastante evoluídas, antigas e provavelmente situadas fora do plano do disco galáctico. Sua massa é da ordem da solar - nos dois casos. Também as classes espectrais são muito próximas: F7p para R Coronae Borealis e G0p para RY Sagittarii.

Infelizmente, para nenhuma das duas estrelas a distância é conhecida com precisão - o que impede também exatidão maior na determinação de suas magnitudes absolutas (não há consenso em que as estrelas R CrB sejam um conjunto homogêneo em termos de luminosidade). As melhores estimativas disponíveis entretanto, colocam R Cr B à distância de 0.8 kiloparsecs, correspondendo a uma magnitude absoluta aproximada de -5 (nos máximos). Já RY Sgr estaria a cerca de 1.0 Kpc de distância, com correspondente magnitude absoluta de -4 (também nos máximos).

A temperatura efetiva de R CrB (cerca de 6500°K) supera a RY Sgr (aproximadamente 4900°K), o que provavelmente se relaciona a diferença nas extensões atmosféricas das duas estrelas nos máximos (500 milhões de km para a primeira e 400 milhões para a segunda), bem como ao comportamento (descrito por algumas fontes) como sendo geralmente mais “lento” para RY Sgr nas quedas de brilho: Strohmeier (1972) indica um “declínio típico” de 50 dias de duração par RY Sgr versus 30 dias para R CrB. Esses valores, no entanto, são, a nosso ver, passíveis de críticas, por muito genéricos.

Finalmente, os parâmetros relativos às curvas de luz indicam para R CrB magnitude aparente de 5.8 mag nos máximos mais brilhantes e de 14.8 mag nos mínimos mais profundos. Com maior frequência, mínimos “intermediários”, até 12.0 - 12.5 mag são atingidos por este estrela. Mínimos “rasos”, com queda de brilho da ordem de duas magnitudes, tem ocorrido também ao longo dos anos.

Já RY Sgr apresenta-se em geral com máximos em torno de 6.5 magnitudes, chegando a 14 magnitudes nas “crises” mais profundas. Mínimos intermediários também tem sido observados com frequência.

### 3. MONITORAMENTO DE R CORONAE BOREALIS.

#### 3.1. ESTIMATIVAS.

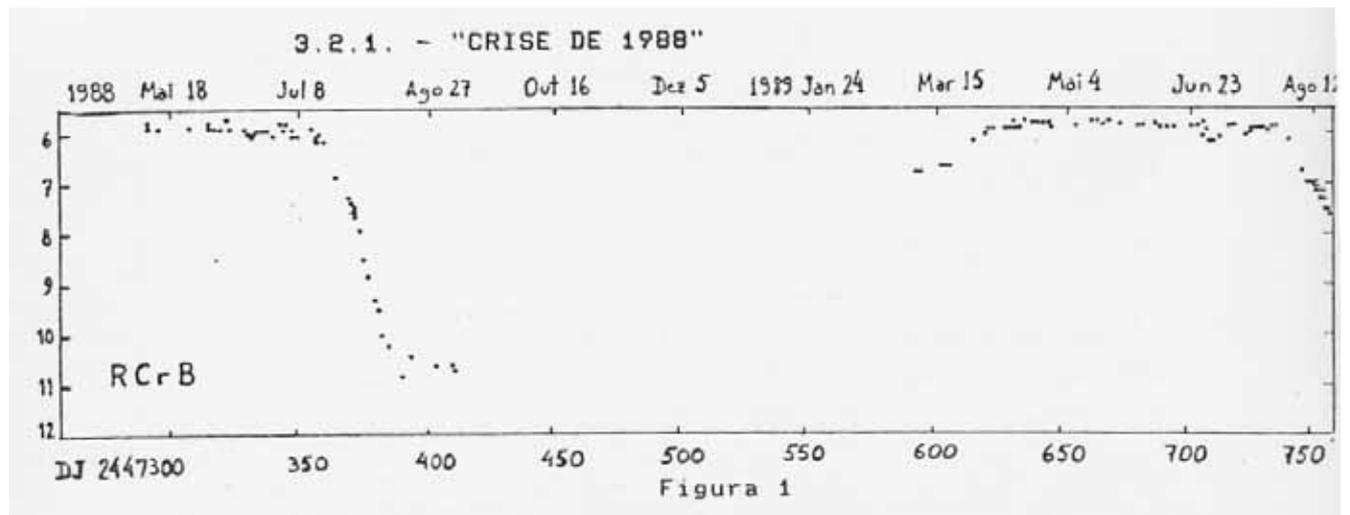
Desde maio de 1988 até julho de 1990, a REA efetuou um total de 187 estimativas da magnitude de R CrB. Os observadores, bem como os instrumentos utilizados por cada um, são vistos a seguir:

OBSERVADOR	LOCAL	Nº DE ESTIMATIVAS	INSTRUMENTO
Antonio Padilla Fo.	R.Janeiro	68	B08x30, L60mm
Tasso A. Napoleão	S.Paulo	54	B07x50, SC 200mm
Marcos F. Lara	R.Janeiro	37	B04x50
Andre L. Silva	S.Vicente	23	B07x50
Edvaldo J. Trevisan	S.Paulo	03	B10x50
Carlos A. Colesanti	S.Paulo	01	B09x63
Bernardo Landro	Montevideo	<u>01</u>	B07x50
		Total	187

#### 3.2. CURVAS DE LUZ.

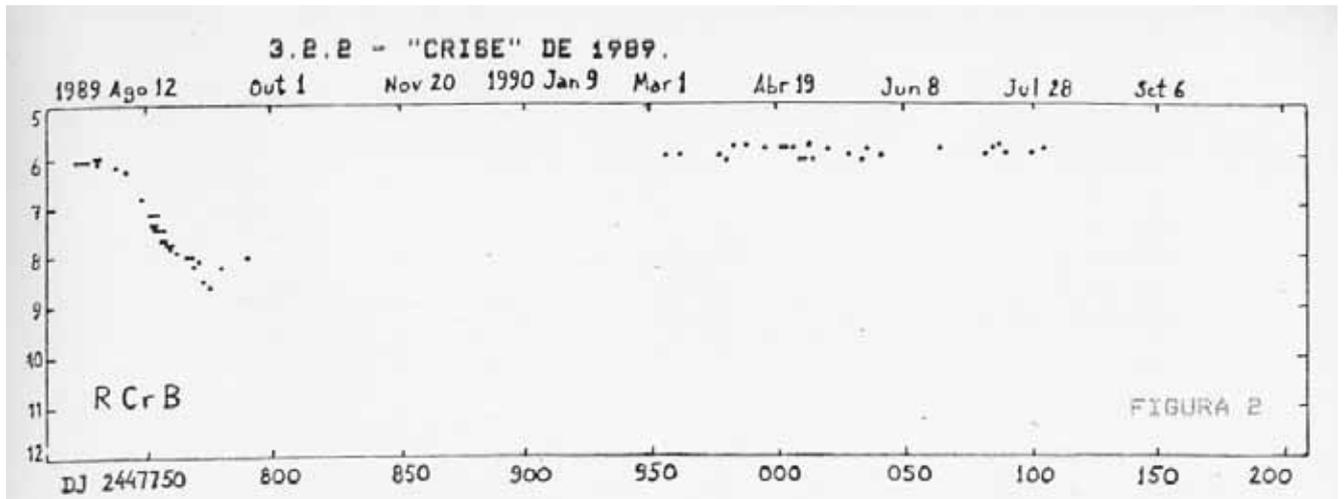
Para efeito de clareza, dividimos a curva de luz correspondente às observações acima em duas figuras: a primeira, cobrindo o período de DJ 2447300 até 2447750 (maio de 1988 a agosto de 1989) e onde a primeira “crise” de R CrB foi observada; e a segunda, de DJ 2447750 a 2448100, onde se registrou a segunda “crise”. Ambas são descritas a seguir em detalhes.

##### 3.2.1. - “CRISE DE 1988”



Até meados de julho, 1988, R Coronae Borealis apresentou-se no máximo, com flutuações de dois a três décimos de magnitude. Em 29 de julho de 1988, Antonio Padilla Fo. (RJ) registrou-a com magnitude 6.9, configurando o início de uma crise. Nas semanas subsequentes, a taxa média de decaimento de brilho foi de 0.17 magnitudes/dia, tendo sido registrado o mínimo do período observado em 20 de agosto (T.A.Napoleão, magnitude 10.8). A partir de meados de setembro, devido à proximidade da conjunção solar, a estrela não pôde ser mais monitorada por alguns meses. Em fevereiro de 1989 a estrela voltou a ser acompanhada, já na fase final de recuperação da “crise”. Entre abril e julho, R Coronae Borealis permaneceu no máximo, registrando-se flutuações entre magnitudes 5.9 a 6.2.

### 3.2.2. - "CRISE" DE 1989



Em 10 de agosto d 1989, Tasso Napoleão (SP) estimou a magnitude de 6.9 para R CrB, configurando o início de nova "crise". Desta feita, entretanto, a queda de brilho se deu a taxas mais baixas (0.06 magnitudes/dia), e o mínimo observado no período (8.6, em 06/9/89, por A.Padilla Fo.) foi mais raso que na crise do ano anterior.

Entre março e julho de 1990, a estrela apresentou-se novamente no máximo, com as flutuações de brilho habituais nessa fase.

### 3.2.3. - DADOS DA BAA.

Em abril de 1989 e janeiro de 1990 a Variable Star Section (VSS) da British Astronomical Association (BAA) apresentou, no "Journal" da BAA os resultados das campanhas observacionais de R CrB em 1988 e 1989, (respectivamente), realizadas por aquela associação.

Reproduzimos as curvas de luz da BAA nas figuras 3 e 4. Observe-se a concordância perfeita obtida com os dados da REA, bem como a elevada dispersão das estimativas da VSS-BAA entre

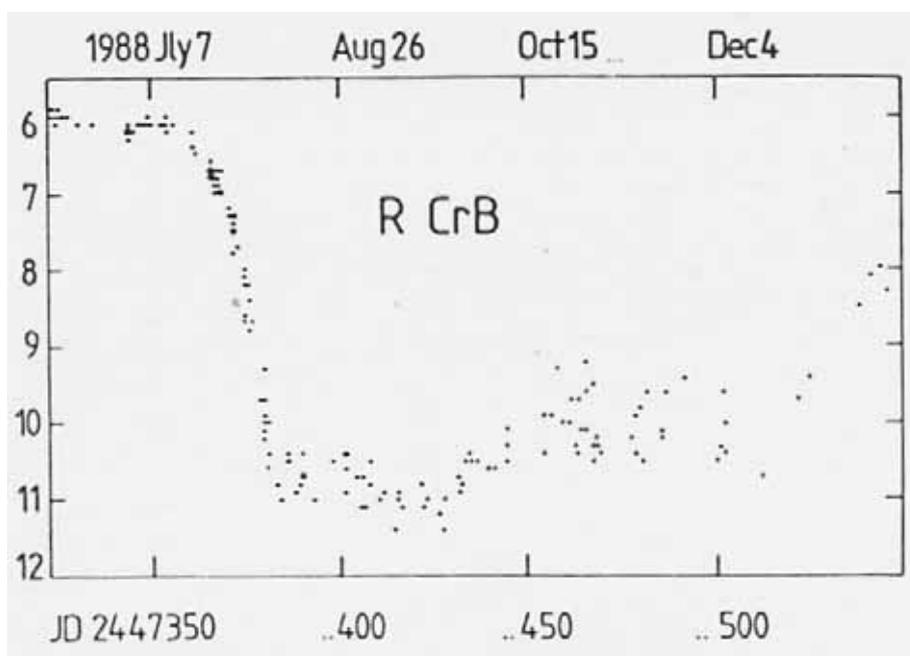


Figura 3

outubro e dezembro de 1988, possivelmente resultante dos efeitos da baixa altura de R CrB sobre o horizonte na época para os observadores britânicos.

Na crise de 1988, a BAA não define a data precisa de seu início, embora haja indícios, a partir de 13 de julho. A taxa medida para a queda de brilho foi de 0,13 mag/dia e o mínimo, registrado em 23 de setembro (já fora do alcance dos observadores da REA), com magnitude 11.4.

Em fins de dezembro, a estrela já se encontrava na nona magnitude, atingindo a oitava no final de janeiro de 1989.

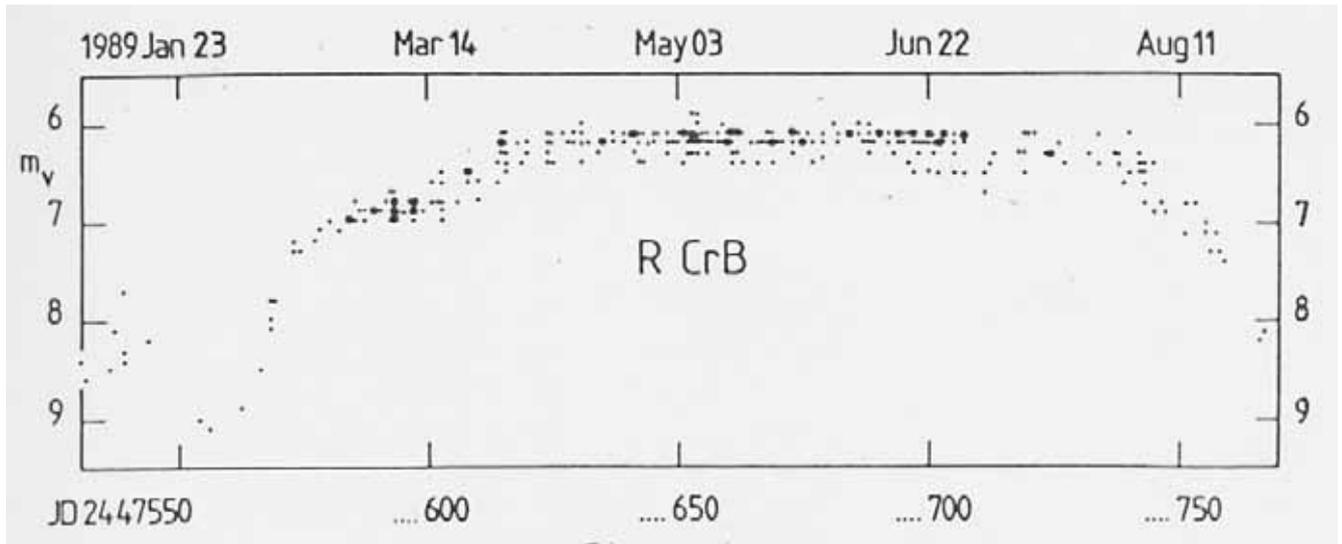


Figura 4

O início da crise de 1989 foi registrado na BAA em 6 de agosto, por N. Kernan, com magnitude 6.8. A partir daí, a estrela apresentou uma taxa de queda de brilho de 0.07 magnitude/dia.

A consistência dos dados da BAA e da REA é evidente pela simples comparação das figuras 1 e 3 (no caso da crise de 1988), ou das figura 2 e 4 (para a crise de 1989).

#### 4. MONITORAMENTO DE RY SAGITARIII.

##### 4.1. ESTIMATIVAS.

Desde junho de 1988 até julho de 1990, a REA realizou um total de 107 estimativas de magnitude de RY Sgr. Os observadores e os instrumentos usados são vistos abaixo:

OBSERVADOR	LOCAL	Nº DE ESTIMATIVA	INSTRUMENTO
Marcos F. Lara	RJ	36	B04X50
Tasso A. Napoleão	SP	26	B07x50, SC200mm
Andre L. Silva	SP	25	B07x50
Antonio Padilla Fo.	RJ	07	B08x30, L60mm
Avelino A. Alves	SC	06	R110mm, R200mm
Raul Salvo	UR	03	B07x50
S.Paolantonio/ E. Minitti	AR	03	N/A
Helio C. Vital	RJ	<u>01</u>	SC 200mm
	TOTAL	107	

## 4.2. CURVAS DE LUZ.

Da mesma forma adotada para R CrB, as curvas de luz correspondentes a RY Sgr foram divididas em dois trechos com base nos períodos entre DJ 2447300 a DJ 2447750 e entre DJ 2447750 a DJ 2448100.

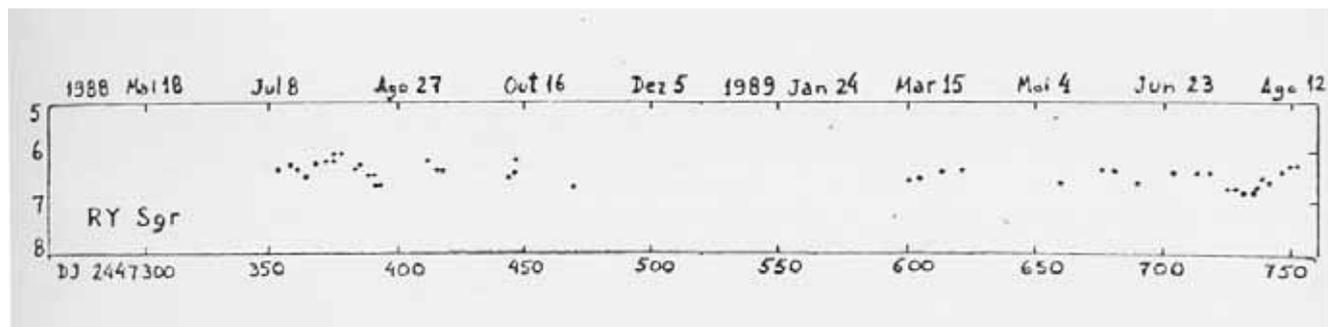


Figura 5

Observa-se, inicialmente, que no primeiro trecho (que compreende as datas-calendário até meados de agosto de 1989) a estrela não apresentou crises, porém apenas oscilações sensíveis de brilho (entre 0.3 e 0.4 magnitudes) por três ocasiões.

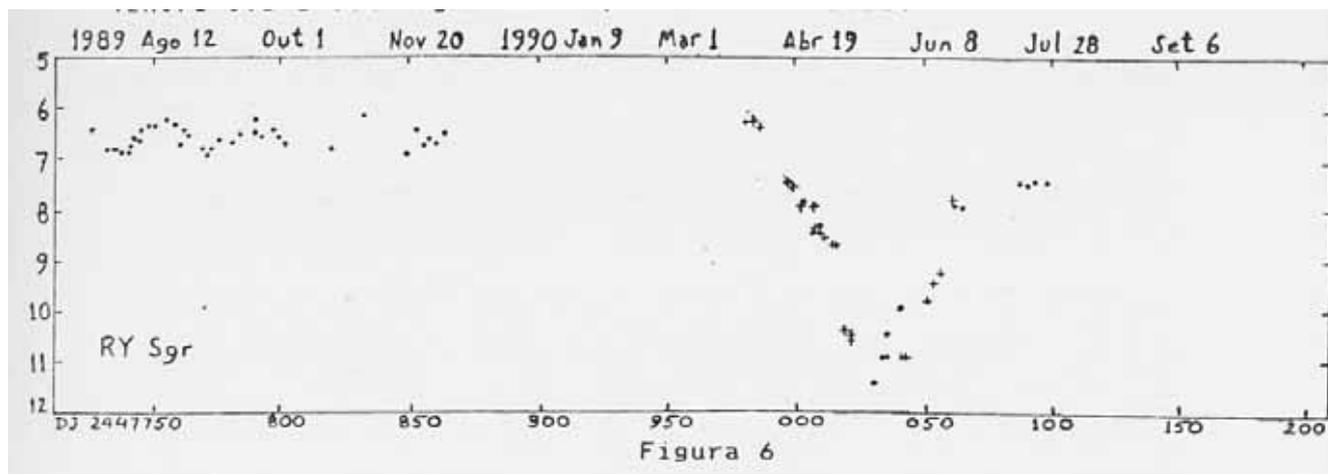


Figura 6

No período entre julho a novembro de 1989, essas oscilações foram mais intensas, como que prenunciando uma crise iminente.... porém que acabou não se materializando em 1989.

Apenas em 1990 a estrela iniciou um declínio abrupto de brilho, percebido desta feita por Marcos Lara (RJ), em 24 de abril, com magnitude 7.9. Nas semanas seguintes a estrela decaiu rapidamente (a taxa média de 0.14 magnitudes/dia) até atingir o mínimo observado pela REA em 19 de maio (T.A.Napoleão, magnitude 11.5). Em junho e julho a estrela recuperou parcialmente o brilho, atingindo magnitudes em torno de 7.5 por fins de julho.

Na figura acima, os pontos representam as estimativas fitas pelos associados da REA, enquanto que as cruzes correspondem aos dados dos observadores mencionados nas IAU Circulars. O primeiro registro de queda (pela IAUC 4999) foi feito pelo observador japonês A. Narumi, em 17 de abril, com magnitude 7.5.

Na época em que este texto é escrito (inícios de agosto/90) a estrela ainda não havia se recuperado totalmente da crise; o monitoramento, é claro, persiste e seus resultados continuam sendo reportados mensalmente nas Circulares da REA.

O acompanhamento prolongado de estrelas da classe R Coronae Borealis pela REA e por entidades congêneres em outros países - particularmente aquelas variáveis situadas em declinações bastante austrais poderá lançar novas luzes sobre este raro e pouco conhecido grupo de estrelas, e certamente será de utilidade científica. Novos observadores para estes programas, portanto, serão altamente bem-vindos!

## **5. REFERÊNCIAS.**

- 1- BAA (British Astronomical Association) - JBAA, abril 1989; jan 1990.
- 2- HOFFMEISTER, RICHTER, WENZEL - Variable Stars. Springer Verlag, 1985.
- 3- IAU CIRCULARS nº 4999, 5000, 5016.
- 4- IAU COMMISSION 27 - Bulletin 3439 - Konkoly Obsv., Budapest, 1990.
- 5- KUKARKIN ET AL - General Catalog of Variable Stars, Moscou, 1970.
- 6- REA - Projetos de Observação nº 18/88, 28/88, 97/90.
- 7- STROHMEIER - Variable Stars, Pergamon, 1972.