

Estudo sobre a Binária NP Pavonis

Alexandre Amorim e Avelino A. Alves, REA/SC

Resumo

Muitas binárias eclipsantes austrais tem sido negligenciadas desde a publicação de artigos originais anunciando seus elementos para previsão de mínimos. NP Pavonis é uma exceção. Dados de fotometria fotoelétrica de boa qualidade foram obtidos em 1984 e novamente em 1995 e foram utilizados para refinar o período. No entanto, o número de ciclos decorridos naquele intervalo de 11 anos foi mal-calculado. Observação visual persistente mostra este erro e provê elementos corrigidos.

1. HISTÓRICO:

A estrela NP Pavonis foi catalogada como binária eclipsante pela primeira vez por Hoffmeister em 1949. Em 1970 Shaw e Sievers a classificaram como uma Binária Algóica (EA) com período de 1.266821 dias e com profundo secundário. A 5ª edição do GCVS alista os seguintes parâmetros:

Binária Eclipsante Algóica (EA) do tipo KE

RA = 20h 48m 01.54s

Dec = -69° 06' 03.2" (2000.0)

Variação de brilho 10.7 - 11.7

Época = 2438234.400

Período= 1.2668210268 dias

Em 1994 Avelino Alves recebeu diversas cartas de binárias eclipsantes do Sr. Marvin Baldwin (coordenador de Binárias Eclipsantes da AAVSO), entre elas a NP Pavonis. Sem tomar conhecimento de um eclipse anterior, e usando o período de 1.26 dias, Alves iniciou as observações dessa estrela em 24 de novembro de 1994, quando a estimou em 11.5 - a variável se encontrava eclipsada.

Normalmente o observador de binárias eclipsantes calcula os eclipses subseqüentes após a observação do primeiro eclipse. Mas um descuido providencial foi importante para que Alves descobrisse o real período desta binária. Simplesmente ele desconsiderou o cálculo para a previsão dos eclipses futuros e seguiu suas observações. Somente após um intervalo maior de dados que Alves decidiu montar a curva de luz com base no período do GCVS (neste caso

ele usou a informação da carta fornecida por Baldwin, isto é, 1.26 dias).

A partir de então Avelino percebeu que o secundário era profundo o suficiente para que fosse, na verdade, um eclipse primário. Dessa forma, o período seria reduzido pela metade ficando em torno de 0.6335 dias. Durante o período de observação de 1997, Avelino ajusta o período para 0.63336 dias, mas refina para 0.6334375 dias durante a campanha de observação em 1998-1999. Esta indefinição do período estaria relacionada com uma provável variação deste parâmetro, hipótese que foi descartada conforme veremos mais adiante.

No jornal de divulgação astronômica "Cosmos", ano VII (1998), n°1, p.5 lemos:

"NP Pavonis também é uma eclipsante, mas com período curto: apenas 1.267 dias. Na realidade, ela apresenta dois eclipses, a intervalos de 0.6335 dias. Porém, através da coleta de muitas medidas de magnitude ao longo de 466 eclipses entre agosto de 1996 e julho de 1997, Avelino descobriu uma diferença de 0.066 dias, cerca de 0.00014 dias por ciclo a menos que o período catalogado. Pode parecer pouco mas, em apenas um ano, os eclipses se adiantaram em mais de uma hora. As observações realizadas por [Avelino] permitiram a obtenção de uma fórmula melhorada para a predição de futuros eclipses desta variável." Estas informações também foram publicadas no periódico "A Notícia" de 18 de abril de 1999. Vale ressaltar que Alves não observou 466 eclipses como o texto dos periódicos sugerem. Alves apenas continuou suas observações abrangendo um intervalo em que ocorreram 466 eclipses de NP Pavonis.

Em 13 de setembro de 2000, Miguel A. Cerruti publicou um trabalho sobre NP Pavonis no IBVS n° 4956 intitulado "*First Determinations of Photoelectric Minima, Real Period and Study of the Period of NP Pav*" onde calculou o período desta variável em 0.63353658 dias. Cerruti usou medidas fotoelétricas tomadas em 1984 e 1995, bem como as datas de mínimos publicados na literatura disponível até então, apontando um adiantamento dos eclipses.

De acordo com Cerruti, a fórmula do eclipse é:

$$\text{Min I} = 2445984.7095 + 0.63353658 \times E \quad (1)$$

Mesmo assim Cerruti mostrou informações contraditórias em seu artigo ao afirmar que “não foi possível encontrar uma solução comum entre os mínimos fotográficos e fotoelétricos” e “comparando os períodos da solução fotográfica com aquele correspondente da solução fotoelétrica, o período varia... Consideramos que numa primeira aproximação o período tem permanecido constante durante toda a ‘história’ deste sistema”. Cerruti usou esta fórmula (1) para seu segundo trabalho sobre NP Pavonis, publicado em 2003.

Usando a fórmula (1) não era possível obter consistência nas curvas de luz com os dados visuais de Alves, Amorim e, mais recentemente, das medidas CCD do ASAS3.

2. O CICLO MAL-CALCULADO

Um aspecto interessante apontado por S. Otero, M. Baldwin e A. Amorim foi que a tabela de Cerruti no IBVS nº 4956 apresenta ciclos incorretos. Ao determinar os valores de O-C para as medidas fotográficas, Cerruti confundiu os valores de todos os ciclos anteriores a época 2445984.7098. A Tabela 1 mostra uma comparação entre os valores corrigidos e os valores de Cerruti, usando o fórmula (1):

Min I	E	E'
2438234.4080	-12233	-12236
2438258.4520	-12195	-12198
2438260.3610	-12192	-12195
2438307.2330	-12118	-12121
2438314.2310	-12107	-12110
2438555.5490	-11726	-11729
2438562.5120	-11715	-11718
2438614.4370	-11633	-11636
2438614.4650	-11633	-11636
2438621.4280	-11623	-11625
2438640.3980	-11593	-11595
2438642.3110	-11590	-11592
2438649.3110	-11578	-11581
2438675.2400	-11538	-11540
2438694.2500	-11508	-11510
2439029.3330	-10979	-10981
2439373.2820	-10436	-10438
2439378.3280	-10428	-10430
2439385.3340	-10417	-10419
2440089.0310	-9306	-9308
2440096.0070	-9295	-9297
2440419.0310	-8785	-8787
2440450.0620	-8736	-8738
2445984.7098	0	0

Tabela 1

Cálculo do ciclo E para a DJ = 2440450.0620

$$E = (t - E_p) / P$$

$$E = (2440450.062 - 2445984.7098) /$$

$$0.63353658$$

$$E = -8736.11$$

$$E \sim -8736$$

E = ciclo (ou nº de eclipses)

E_p = Época inicial

P = Período

E' = ciclo, segundo tabela de Cerruti (2000)

3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE NP PAVONIS COM BASE NOS DADOS DE AVELINO ALVES:

Usando 189 estimativas tomadas entre nov/1994 e ago/1999 e utilizando o método de redução de período para estrelas variáveis dispostos no livro “Variable Stars” de Hoffmeister *et alli* (1985), notamos que o período de NP Pavonis não sofreu alteração, mesmo usando a época inicial do GCVS.

Resolvemos partir do zero e calcular o período recente de NP Pavonis com base exclusivamente nos dados de Alves. O primeiro eclipse desta estrela foi bem acompanhado na data juliana de 2450657.529 e seu mínimo foi determinado pelo método das cordas biseccionadas (Pogson). Outros 6 mínimos resultaram na curva O-C da Figura 1.

Usamos a metade do período fornecido pelo GCVS:

$$P = 1.2668210268 \text{ d}$$

$$P/2 \sim 0.6334105 \text{ d}$$

A Tabela 2 mostra as etapas do cálculo.

O cálculo de regressão apontou a fórmula $y = -0.0024 + x \cdot 6 \cdot 10^{-6}$.

1173 ciclos após o primeiro eclipse escolhido, a razão calculada foi 0.000004 dias. Como o coeficiente angular da fórmula de regressão é positivo, somamos esta razão ao período inicial:

$$P' = 0.6334105 + 0.000004$$

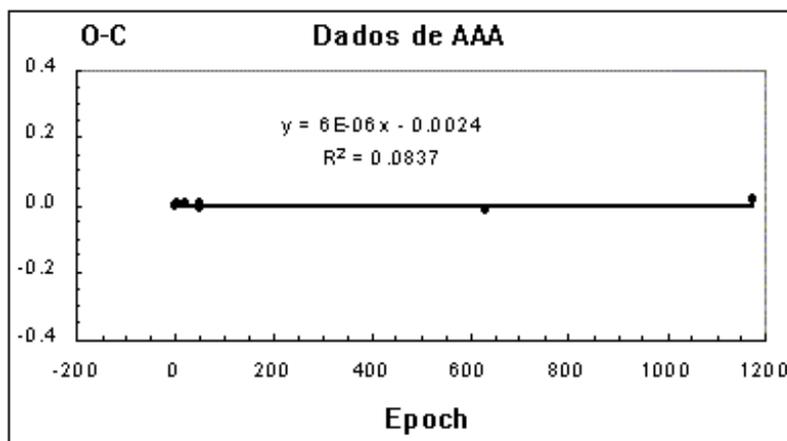


Figura 1 - Diagrama O-C usando apenas dados de Alves

$$P' = 0.6334145$$

$P' = 0.633414$ (valor satisfatório para observações visuais)

As efemérides de Alves apontam para a fórmula:

$$\text{Min I} = 2450657.529 + 0.633414 E \quad (2)$$

Mínimos OBS	Dias	Dif.E	E	C1	O-C1	C2	O-C2
2450657.5290			0	2450657.5290	0,000	2450657.5290	0,000
	1.9	3.0					
2450659.4300			3	2450659.4292	0,001	2450659.4292	0,001
	12.0	19.0					
2450671.4660			22	2450659.4292	0,002	2450671.4641	0,002
	17.1	27.0					
2450688.5580			49	2450688.5661	-0,008	2450688.5662	-0,008
	1.9	3.0					
2450690.4690			52	2450690.4663	0,003	2450690.4665	0,003
	366.1	578.0					
2451056.5610			630	2451056.5776	-0,017	2451056.5789	-0,018
	344.0	543.0					
2451400.5340			1173	2451400.5195	0,014	2451400.5219	0,012

Tabela 2 - Etapas do cálculo do período para NP Pavonis

Usando esta fórmula e aplicando a todos os mínimos disponíveis (incluindo dados de Amorim e ASAS3) obtivemos o valor final de 0.633413 dias, de modo que a fórmula apropriada para todas estas observações fica assim estabelecida:

$$\text{Min I} = 2438234.400 + 0.633413 E \quad (3)$$

Construindo curvas de luz com base na época do GCVS e no período refinado obtivemos boa consistência em todas as observações exceto em 2 (duas) datas de mínimos, a saber: 2445984.7098 (Cerruti) e 2452093.6656 (ASAS3). Notamos na Figura 2 que os pontos destas duas datas estão respectivamente abaixo e acima dos demais. No entanto isto é resultado do arredondamento usado ao calcularmos o ciclo para cada mínimo. Uma vez utilizando valores decimais, tais pontos ficam consistentes com os demais.

A Figura 3 mostra uma curva de luz fasada contendo as observações de Alves (x) e do ASAS3 (pontos).

Já a Figura 4 mostra outra curva de luz fasada comparando as observações de Amorim (círculos), dados do IBVS n°s 4956 (triângulos) e 5542 (quadrado preto) e ASAS3 (pontos). As curvas das Figuras 3 e 4 foram montadas usando a fórmula (3).

4. ASPECTOS FÍSICOS DE NP PAVONIS

Utilizando a fotometria UBV Cerruti publicou outro interessante trabalho sobre NP Pavonis na Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Vol. 39 (2003).

Duas informações interessantes podemos destacar deste trabalho:

1) Cerruti afirma que as observações mostram uma curva do tipo β -Lyr. Ele sugere que o sistema possa ser classificado entre uma binária algoólica e β -Lyrae. De fato isto pode ser verificado nos pontos observacionais do ASAS3 nas Figuras 3 e 4.

2) O artigo mostra uma configuração do sistema (Figura 5) com as seguintes características:

	estrela primária	secundária
massa (Sol = 1)	1.82	0.89
raio (Sol = 1)	1.35	1.01
distância entre centros	3.84 raios solares	

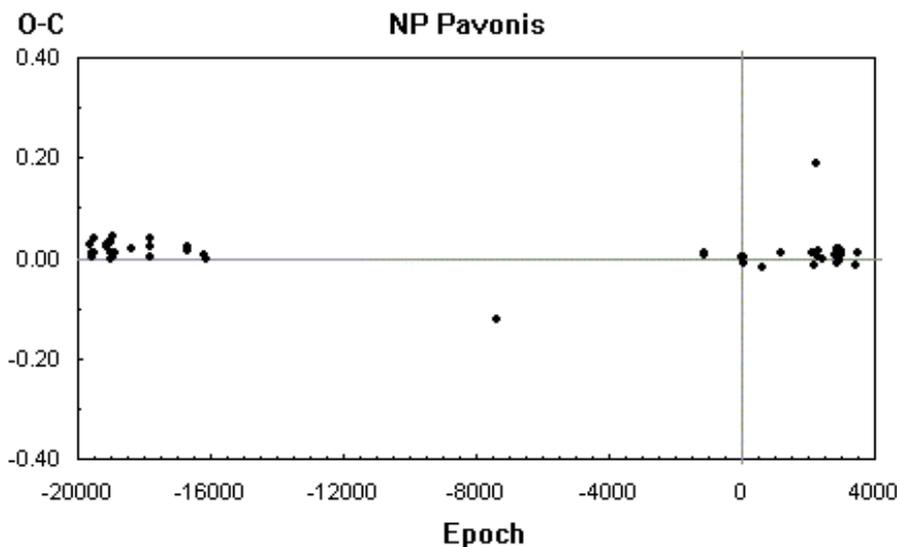


Figura 2 - Diagrama O-C usando a fórmula (2)

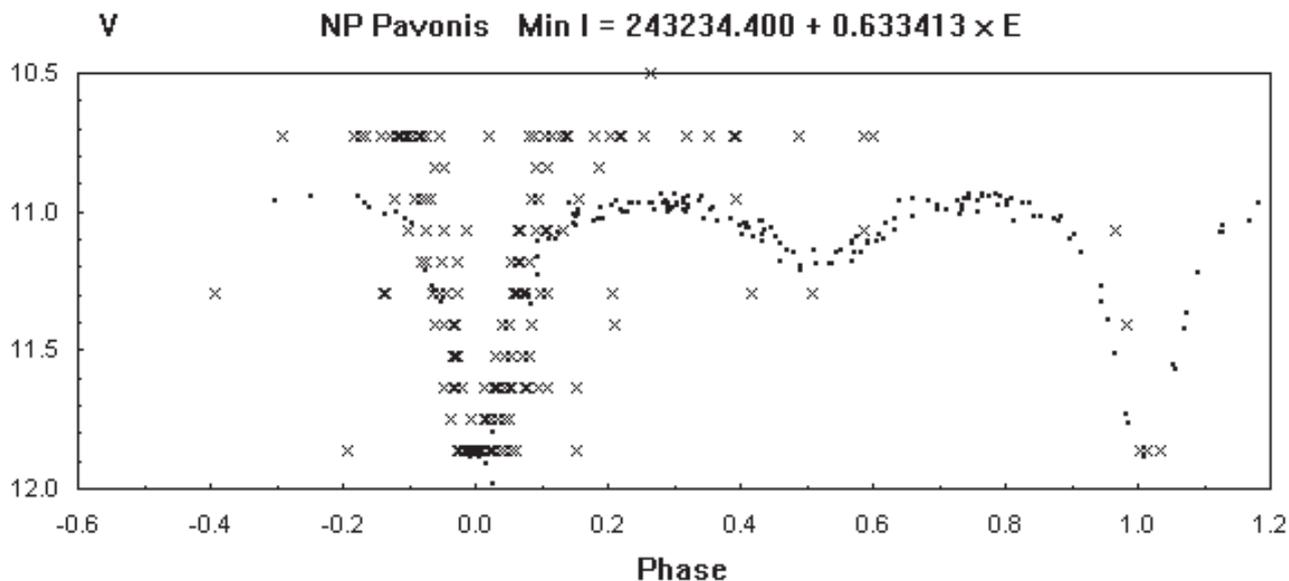


Figura 3 - Curva de luz com dados de Alves (x) e ASAS3 (.)

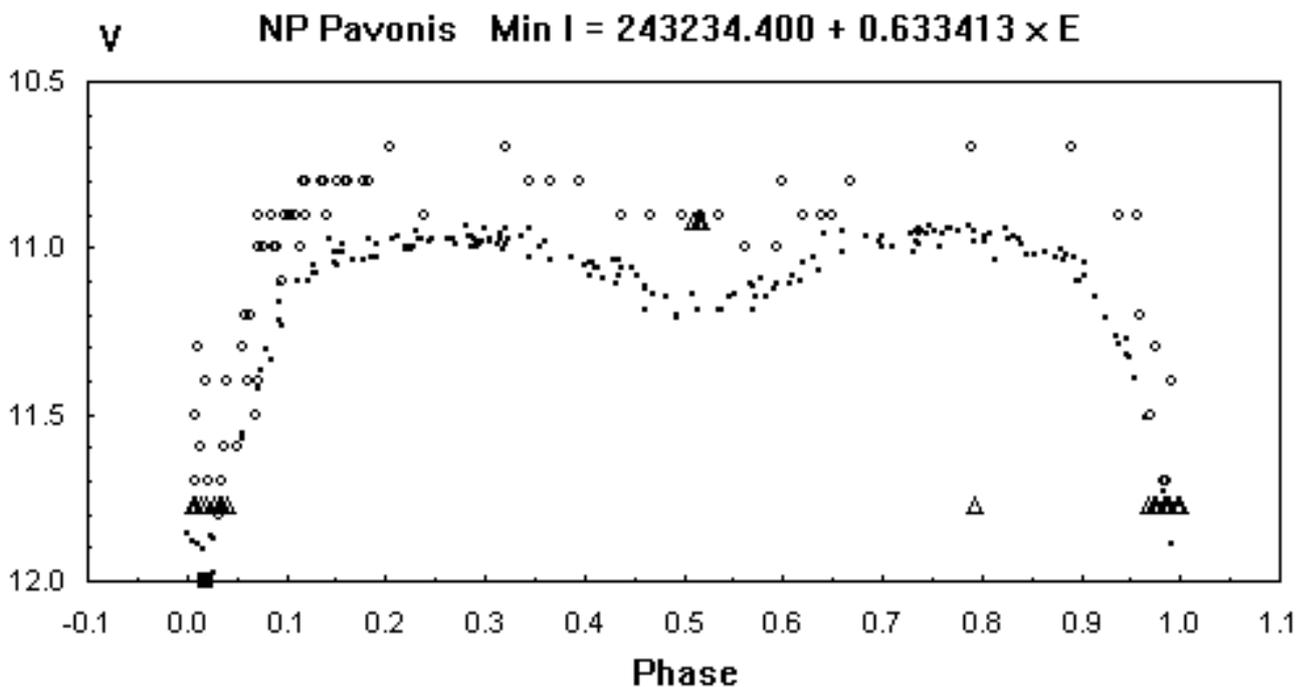


Figura 4

5. CONCLUSÃO

NP Pavonis é mais um exemplo de como podemos calcular importantes parâmetros, neste caso a fórmula para efemérides, com base em observações visuais. E conforme a literatura disponível, esta binária possui bons dados fotográficos e fotoelétricos. No entanto foi baseado em observações visuais que a binária chamou a atenção da comunidade astronômica. Simultaneamente a estas observações visuais temos o trabalho profissional de Cerruti, permitindo uma compreensão melhor desta binária. Se a fórmula (3) continuará válida, só o tempo e mais observações, visuais ou fotometria CCD, dirão. Por isso publicamos uma carta de localização de NP Pavonis e

algumas estrelas de comparação para futuros trabalhos observacionais (Figura 6).

Agradecemos a colaboração e comentários de Marv Baldwin e S. Otero.

6. BIBLIOGRAFIA

ALVES, A.A, comunicações em privado e fichas de observações.

ALVES, A.A. e AMORIM, A., "NP Pavonis - A Mislacing Cycle", JAAVSO, Vol.31, Nº 2 p. 174.

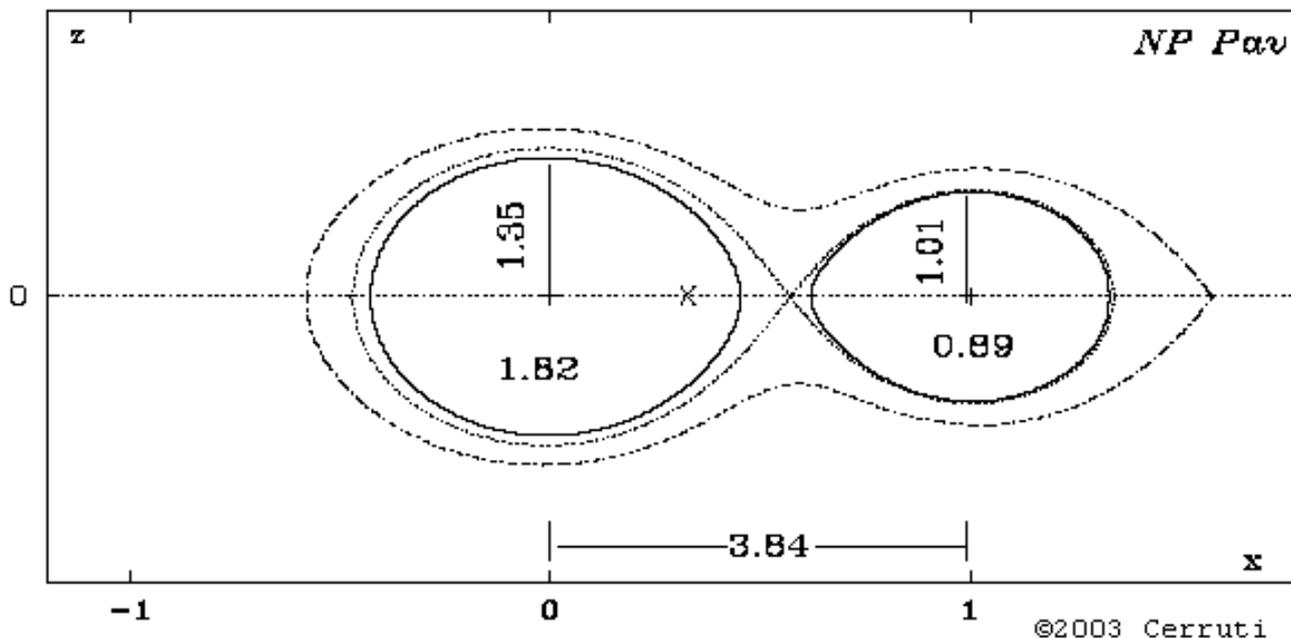


Figura 5 - Modelo para NP Pavonis (Cerruti, 2003)

ALVES, A.A. e AMORIM, A., "NP Pavonis", <http://geocities.yahoo.com.br/costeiral/variaveis/nppav.htm> em 26 de julho de 2002.

BALDWIN, M., comunicações em privado.

CERRUTI, M.A., in IBVS 4956, 13 de setembro de 2000.

CERRUTI, M.A., "Differential Corrections Analysis of the UBV Observations", Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica Vol. 39, pp. 141-148 (2003).

DVORAK, S.W., in IBVS 5542, 8 de julho de 2004.

HOFFMEISTER, C., RICHTER, G. and WENZEL, W., "Variable Stars", 1985.

KHOLOPOV *et alii*, GCVS 5th Edition, disponível no software "Carte du Ciel", ©P.Chevalley.

OLIVEIRA, M., "Astronomia de Quintal", A Notícia, 18 de abril de 1999.

OTERO, S., comunicações em privado.

POJMANSKI, G. 2002, Acta Astronomica, 52, 397 - "The All Sky Automated Survey".

SILVA, L.A.L., Cosmos, ano VII, n°1, p.5 (1998).

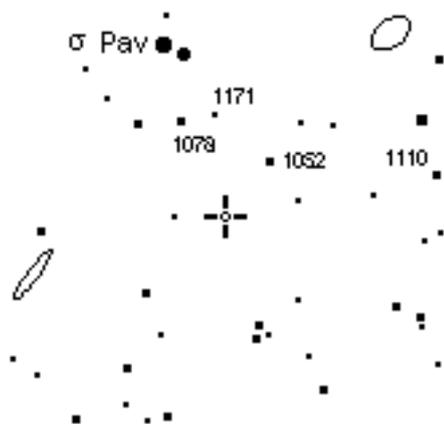


Figura 6 - Carta para NP Pavonis