

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO: O ESTUDO DA ESTRELA VARIÁVEL ETA AQUILAE

SCIENTIFIC LITERACY IN ASTRONOMY IN HIGH SCHOOL: THE STUDY OF THE VARIABLE STAR ETA AQUILAE

Julia Roberta Siqueira

UNESP Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Colégio Técnico Industrial, Curso de Mecânica, julia.roberta@unesp.br

Resumo: *Este artigo apresenta um recorte de uma pesquisa mais ampla que investiga os efeitos da participação de alunos do ensino médio em projetos de ciência cidadã, com foco no estudo de estrelas variáveis, como caminho para a alfabetização científica. Diante da escassez de conteúdos de Astronomia nas escolas, da formação deficiente de professores e da crescente desinformação e desvalorização da Ciência, a pesquisa aqui relatada promove o contato direto com o método científico por meio da observação astronômica. A atividade envolveu etapas de observações sistemáticas da estrela variável eta Aquilae, coleta de dados visuais e fotográficos, análise de curvas de luz e estimativas de magnitudes com auxílio de softwares especializados. Os resultados apontam para um processo efetivo de alfabetização científica, uma vez que o estudo sobre as estrelas durante o ensino médio aborda conteúdos conceituais de Física, Matemática e Astronomia, além de conteúdos atitudinais e procedimentais, pois a atividade partiu da observação e coleta de dados de estrelas reais – não de simulações ou laboratórios didáticos. Esse processo da metodologia científica é essencial para o estudante da Educação Básica compreender como o conhecimento científico se desenvolve e contribui para a valorização da Ciência.*

Palavras-chave: Educação em Astronomia; alfabetização científica; estrelas variáveis.

Abstract: *This article presents a section of a broader research project investigating the effects of high school students' participation in citizen science projects, focusing on the study of variable stars, as a path to scientific literacy. Given the scarcity of astronomy content in schools, the deficient training of teachers, and the growing misinformation and devaluation of science, the research reported here promotes direct contact with the scientific method through astronomical observation. The activity involved stages of systematic observations of the variable star eta Aquilae, collection of visual and photographic data, analysis of light curves, and magnitude estimates using specialized software. The results point to an effective process of scientific literacy, since the study of stars during high school addresses conceptual content from Physics, Mathematics, and Astronomy, as well as attitudinal and procedural content, because the activity started from the observation and collection of data from real stars – not from simulations or didactic laboratories. This process of scientific methodology is essential for students in basic education to understand how scientific knowledge develops and contributes to the appreciation of science.*

Keywords: Astronomy education; scientific literacy; variable stars.

INTRODUÇÃO

O estudo de temas sobre Astronomia, tais como a evolução das estrelas, no ensino de sala de aula nas escolas é quase nula ou pouco trabalhada (Langhi, 2012; Langhi, 2016), causando uma grande defasagem de conhecimentos científicos sobre as estrelas e o universo em geral. Por outro lado, autores como



Chassot (2003), Auler e Delizoivoc (2001), Sasseron e Carvalho (2011) mostram a importância da alfabetização científica na educação formal, pois, segundo eles, o não alfabetizado científico não sabe ler o universo. É neste contexto que emerge a seguinte questão de pesquisa: como conduzir episódios de alfabetização científica em Astronomia no Ensino Médio a partir do estudo de uma estrela variável? Esta pesquisa visa articular a alfabetização científica com um projeto de ciência cidadã, a partir de uma proposta de atividade de observação de estrelas variáveis por alunos do Ensino Médio, baseando-se em publicações semelhantes (Machado, 2019; Napoleão, 2018). Apresentamos neste trabalho o caso de apenas uma das alunas participantes a fim de exemplificar os resultados obtidos com a estrela eta Aquilae.

FUNDAMENTAÇÃO

O estudo de estrelas variáveis representa uma possibilidade de aprendizagem no âmbito da ciência cidadã que pode levar à alfabetização científica de alunos de ensino médio, seguindo as orientações da AAVSO (American Association of Variable Star Observers), o maior órgão do mundo nesta área. Justifica-se esta asserção pelo fato de o aluno envolver-se com o método científico básico, ao realizar observações, registrar medidas, coletar e tabular seus dados, reduzir e analisá-los, comparar com outros observadores (astrônomos amadores e profissionais), usar o ferramental matemático com seus próprios dados coletados, elaborar hipóteses, escrever um relatório científico e apresentar em congressos ou publicar em periódicos.

Estrelas variáveis alteram seu brilho ao longo do tempo, de forma periódica ou não. A variação de brilho (magnitude) ocorre basicamente por dois motivos: variações decorrentes de fatores relacionados à própria estrutura física das estrelas, ou variações decorrentes de fatores externos à constituição física estelar (Edgar, 2018). A nossa galáxia contém 300 bilhões de estrelas aproximadamente (ou mais) mas talvez menos de um milésimo delas sejam variáveis.

A primeira estrela variável descoberta foi Mira, da constelação Cetus ou Baleia. Esta estrela foi descoberta em 1595 a olho nu pelo astrônomo alemão David Fabricius, que notou uma variação em seu brilho; em um momento a estrela quase não brilhava, mas em poucos dias começou a brilhar mais do que as estrelas que a cercavam e depois, novamente perdeu seu brilho.

Uma estrela pode passar pelo estágio de variável em uma escala de tempo muito curta se considerarmos todo seu processo evolutivo, que é da ordem de bilhões de anos para uma estrela de massa equivalente a do Sol. Mas, ao recensear as estrelas variáveis conhecidas, compreendendo os processos físicos determinados pelo modo como variam suas magnitudes, é possível produzir novos conhecimentos sobre a estrutura e a evolução das estrelas de forma geral, pois as razões de diversos padrões de comportamento estelar ainda são completamente desconhecidas (AAVSO, 2011).

Estrelas variáveis requerem observações contínuas ao longo do tempo para avaliação de mudanças de curto, médio e longo prazos. A avaliação de magnitude pode ser realizada de forma visual direta, com a utilização de instrumental relativamente simples ou mesmo a olho nu (Napoleão, 2018). Algumas centenas de variáveis são brilhantes o suficiente para serem acompanhadas com binóculos 7x50, muitas delas situadas no hemisfério celeste austral, onde o número de

observações é reduzido quando se compara ao boreal (Napoleão, 2018), por isso, a importância deste trabalho.

No caso da estrela Mira, observar sua variação de luz foi relativamente fácil, já que era perfeitamente visível a olho nu; mas, não é sempre que isso acontece com a maior parte das estrelas variáveis. Uma ferramenta bastante usada é o telescópio juntamente com um fotômetro ou câmera digital que, ao direcioná-lo a uma estrela, podemos ver a sua magnitude visual a cada dia. Quanto menor o valor numérico da magnitude de uma estrela, maior o seu brilho. Por exemplo: uma estrela com magnitude visual de 3,0 é mais brilhante do que uma estrela de magnitude 4,5.

Ao registrar diariamente a variação do brilho da estrela, obtém-se um gráfico chamado Curva de Luz, que mostra a variação da magnitude em função do tempo. Muitas vezes, é muito difícil notar a variação da magnitude a olho nu, já que a maioria tem uma mudança muito sutil. O formato da curva de luz varia bastante de uma estrela para outra. As estrelas zeta Geminorum e Algol são um bom exemplo; sendo a primeira com pouca variação de magnitude (3,5 a 4,0) e Algol com uma variação de magnitude mais aparente (2,0 a 3,5).

Estrelas variáveis extrínsecas são aquelas cuja variação de seu brilho é causada por fatores externos. Um exemplo são as estrelas binárias eclipsantes, quando duas estrelas orbitam uma em torno da outra e em um certo momento uma estrela passa na frente da outra. Em alguns casos, as estrelas estão tão longe de nós que parecem ser apenas uma única estrela a olho nu. É o caso da estrela Algol, também conhecida como “A cabeça da Medusa”. À medida que uma estrela de brilho diferente passa na frente e atrás da outra estrela, nós daqui da Terra notamos uma variação do seu brilho conjunto de modo periódico.

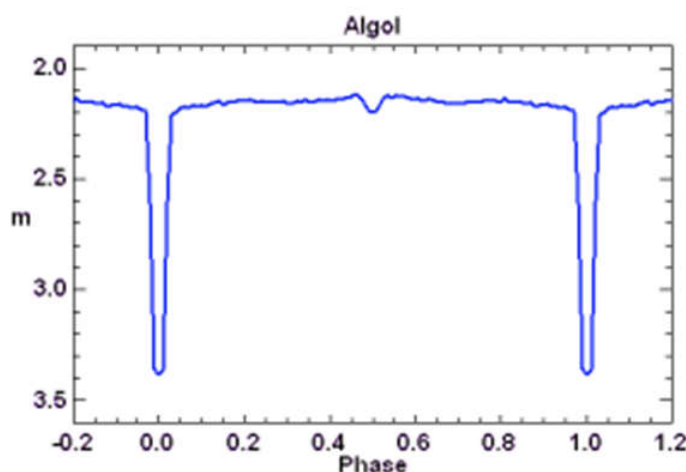


Figura 01: Gráfico da curva de luz da estrela Algol (fonte: Observatoire de Paris).

Outro tipo de variáveis extrínsecas são as nebulares, estrelas que estão dentro de uma nuvem de gás e poeira que, por causa de sua movimentação e sua mudança de densidade, nos dá a impressão de que o brilho da estrela muda. Outro fator bem presente é a rotação das estrelas. Algumas estrelas possuem manchas, semelhantes às manchas solares presentes no Sol. Assim, conforme a estrela gira,

suas manchas podem se voltar para a direção da Terra e produzir a alteração no brilho total da estrela.

As variáveis intrínsecas variam seu brilho por fatores associados à própria estrela. Um exemplo são as estrelas pulsantes, as quais sofrem variações em seu brilho devido à constante mudança em seu tamanho, pois elas expandem e contraem suas camadas externas periodicamente. Outro caso são as variáveis eruptivas, quando as estrelas apresentam explosões de brilho repentinos (supernovas e novas).

Mas, a categoria de estrela variável que nos interessa para nossa pesquisa é do tipo estrela cefeida clássica. A estrela de referência para esta categoria é a delta Cefeida, pertencente à constelação de Cepheus. A sua magnitude visual é cerca de 3,5 em sua fase mais brilhante, mas durante sua fase menos brilhante pode chegar a cerca de 4,4. Esta estrela foi descoberta em 1784 e é do tipo pulsante, assim como a estrela Mira. A já mencionada zeta Geminorum também é do tipo cefeida clássica.

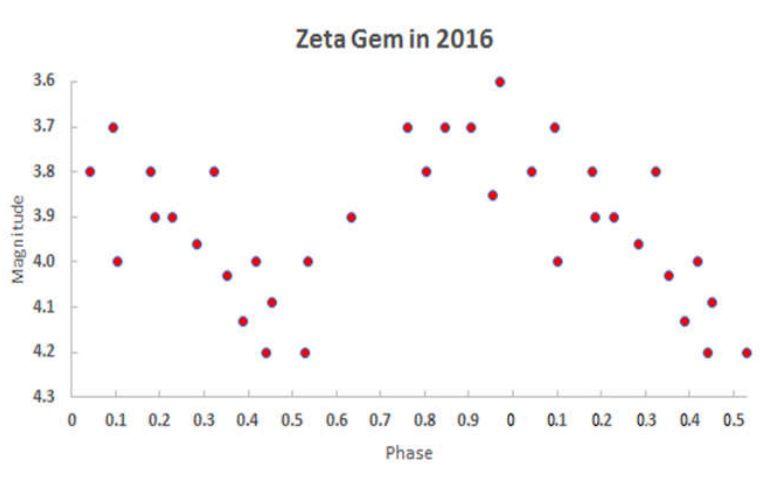


Figura 02: Gráfico da curva de luz da estrela Zeta Geminorum em 2016 (fonte: Society for Popular Astronomy).

O alvo de nosso estudo foi eta Aquilae, uma estrela variável do tipo cefeida clássica, localizada na constelação de Aquila ou Águia. As observações e os registros das variações da magnitude desta estrela produziram sua curva de luz. Como se pode notar nas figuras 1 e 2, na sua forma mais comum as curvas de luz são construídas tendo as magnitudes aparentes colocadas no eixo vertical (eixo das ordenadas, geralmente invertido) e as medidas do tempo, no eixo horizontal (eixo das abscissas). A interpretação das curvas de luz é uma ferramenta importante para entendermos os processos físicos que estão ocorrendo na estrela, bem como para determinar vários de seus parâmetros, como massa, luminosidade intrínseca, dimensão, distância etc.

Sendo uma estrela variável tipo cefeida, utilizamos as equações que possibilitam os cálculos de diversas características de eta Aquilae partindo do valor encontrado para seu período (Machado, 2019; Napoleão, 2018).

Por exemplo, o estudo de Henrietta Swan Leavitt (1912) levou à conclusão de que existe a seguinte relação de magnitude e luminosidade das cefeidas: “os

brilhos aparentes das variáveis cefeidas aumentam linearmente com os logaritmos de seus períodos”. Como ela estudou diversas cefeidas em uma galáxia vizinha, a Pequena Nuvem de Magalhães (PNM), partiu do princípio de que todas estas estrelas estavam praticamente à mesma distância de nós. Como as variáveis da PNM estão praticamente à mesma distância da Terra, seus períodos estão aparentemente associados à sua emissão real de luz, ou seja, à sua Luminosidade (L).

Devido a esta importante descoberta da relação Período-Luminosidade (P-L), foi possível estimar grandes distâncias no universo, pois a magnitude aparente de uma estrela (brilho visualizado daqui da Terra) depende de dois fatores principais: do brilho intrínseco (relacionado à Luminosidade ou Magnitude Absoluta) e da distância que ela está. Portanto, se medirmos daqui da Terra a magnitude aparente de uma estrela e descobrirmos sua Magnitude Absoluta, determinaremos sua distância. A relação matemática que possibilita esse cálculo é:

$$mv - Mv = 5 \log d(\text{pc}) - 5$$

onde:

mv = magnitude aparente

Mv = magnitude absoluta

d = distância até a estrela em parsecs (1 pc = 3,26 anos-luz)

Porém, como podemos descobrir a distância de uma estrela em uma galáxia? Medindo sua magnitude absoluta e sua magnitude aparente. Mas, como medir a magnitude absoluta? A descoberta de Henrietta Leavitt possibilita isso se soubermos o período de uma cefeida daquela galáxia.

Posteriormente, outros estudos e pesquisas, tais como as de Benedict et al. (2006) mostraram uma relação P-L matematicamente mais precisa:

$$Mv = -2,43 (\log P - 1) - 4,05$$

onde:

Mv = magnitude absoluta

P = período da cefeida (em dias)

Uma vez determinado o período da cefeida e calculada a distância da mesma, diversas propriedades das estrelas podem ser determinadas por meio das seguintes expressões:

Com a magnitude absoluta Mv e usando o Sol como padrão, calcula-se a luminosidade (L) pela equação de Pogson:

$$M_{\odot} - M_v = 2,5 \log (L_v / L_{\odot})$$

onde:

Mv = magnitude absoluta

$M_{\odot}$ = magnitude absoluta do Sol (4,83)

L_v = Luminosidade da estrela

$L_{\odot}$ = Luminosidade do Sol (=1)

O raio (R) da estrela é calculado pela equação que exprime a razão entre períodos e raios das cefeidas:

$$\log (R / R_{\odot}) = 1,064 + 0,750 \times \log P$$



onde:

R = raio da estrela variável cefeida

$R_{\odot}$ = raio do Sol (=1 ou 696.340 km)

P = período (em dias)

A temperatura efetiva (T) da estrela é calculada através da equação de Stefan-Boltzmann:

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

onde:

R = raio da estrela (em relação ao Sol)

$\sigma = 5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ (constante de Boltzmann)

T = temperatura efetiva (em relação ao Sol)

L = luminosidade da estrela (em relação ao Sol)

Finalmente, a massa (M) da estrela (em massas solares) é calculada pela relação entre massa e luminosidade para as cefeidas:

$$\log (M / M_{\odot}) = 0,28 \log (L_v / L_{\odot}) - 0,35$$

onde:

M = massa da cefeida

$M_{\odot}$ = massa do Sol (=1)

L_v = luminosidade da cefeida

$L_{\odot}$ = luminosidade do Sol (=1)

METODOLOGIA E ANÁLISE DOS DADOS

A primeira etapa da metodologia ocorreu com os procedimentos de observação do céu e reconhecimento das constelações usando mapas celestes e o *software* Stellarium, com a finalidade de localizar principalmente a constelação da Águia (Aquila) e a estrela variável η Aquilae.

Após a familiarização com o céu a partir do próprio quintal de casa, a fase seguinte foi usar uma câmera de celular com recursos fotográficos possíveis de registrar estrelas na imagem. No entanto, os testes mostraram que os melhores resultados foram obtidos com o uso de uma câmera Canon t5i, utilizada durante três meses de 2024 (abril a junho) quase que diariamente para produzir imagens da região de η Aquilae. Concomitantemente, foram registrados também a olho nu a magnitude desta estrela na mesma noite das fotos.



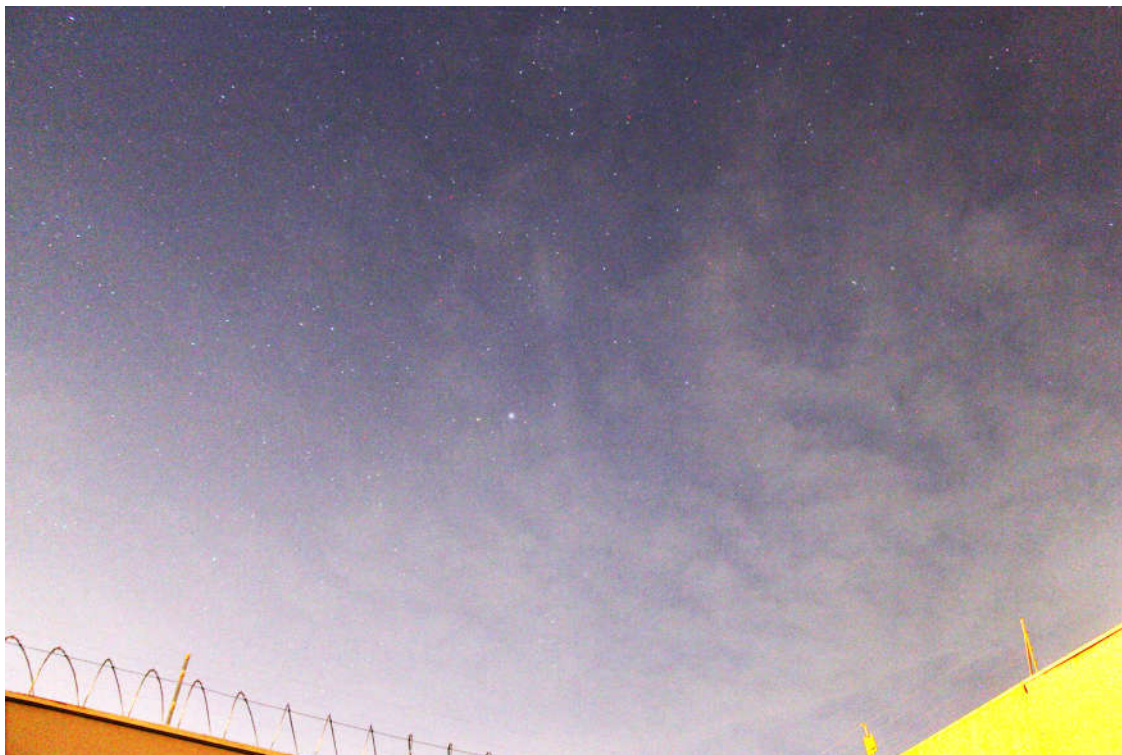


Figura 03: Foto obtida com uma câmera Canon t5i do céu da cidade de Bauru na direção da constelação de Aquila em 5 de abril de 2024 com algumas nuvens (fonte: a autora).

A partir do campo de visão presente na foto, a próxima tarefa foi identificar os asterismos da constelação de Aquila e a região da estrela η Aquilae, além de constelações adjacentes, além de também identificar com uma seta a estrela η Aquilae. Para isso, utilizou-se o *software* Stellarium, outros aplicativos de celulares que identificam as constelações e os mapas oficiais da AAVSO (American Association of Variable Star Observers).

As fotos foram obtidas desde 5 de abril até 12 de junho de 2024 e posteriormente analisadas a fim de registrar-se a magnitude visual de η Aquilae e de duas estrelas de referência cujas magnitudes eram fixas, ou seja, não eram estrelas variáveis.

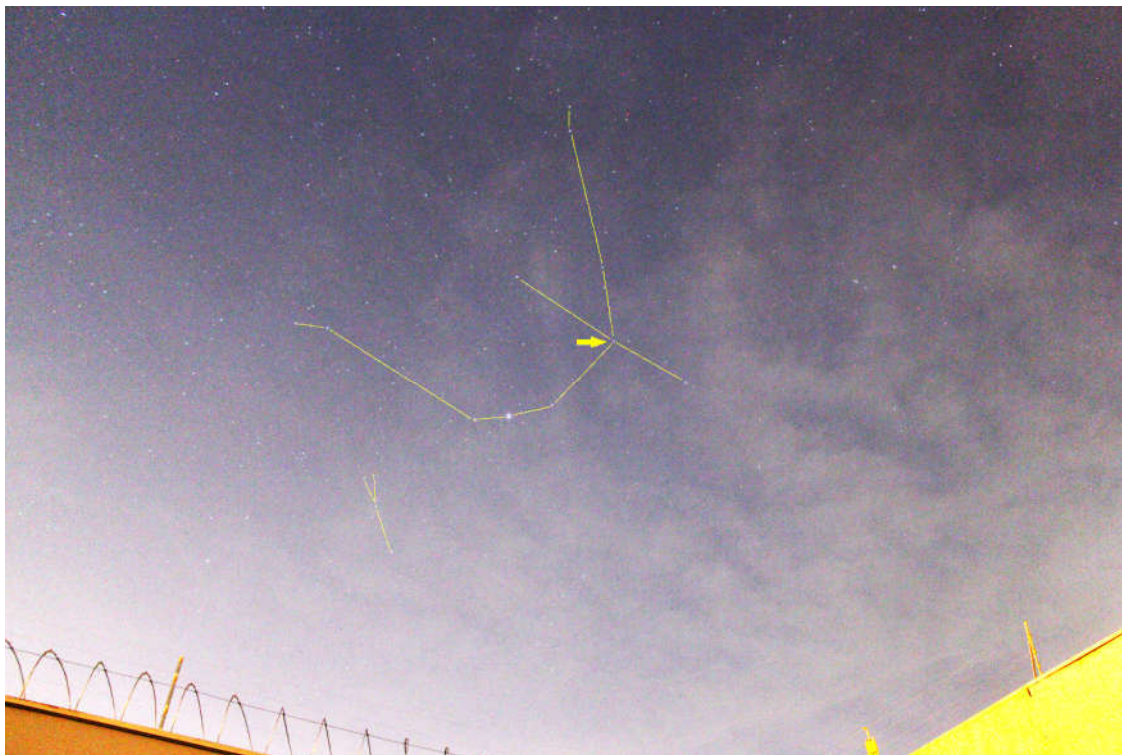


Figura 04: A mesma foto anterior com a identificação da constelação de Aquila e de Sagitta, a Flecha; a seta amarela indica eta Aquilae (fonte: a autora).

O objetivo da análise das magnitudes é compreender as principais características desta estrela variável por meio dos seus registros da variação do brilho (magnitude) em função do tempo (meses), a fim de extrair interpretações de suas curvas de luz resultantes. Vale salientar que a metodologia incluiu, por parte da autora, um levantamento bibliográfico inicial e paralelo à pesquisa, com leitura e estudo teórico sobre estrelas variáveis: classificação, principais tipos, comportamento, construção da curva de luz a partir das observações e interpretação do gráfico, a fim de obter informações sobre a estrela. O levantamento bibliográfico realizado foi apresentado no capítulo "Fundamentação" deste artigo.

As fotos obtidas com a câmera Canon t5i montada em um tripé foram descarregadas em um notebook, usando *softwares* para realizar as medições comparativas e relativas da magnitude de eta Aquilae. Inicialmente, as fotos eram capturadas de madrugada, com tempo de exposição de 10 segundos e ISO 12800, usando temporizador de 2 segundos para evitar vibrações. Com a captura das fotos em dias diferentes ao longo dos meses, realizou-se uma avaliação de magnitude visual, estimada com base em outras estrelas de magnitude fixa próximas da estrela estudada (eta Aquilae). A escolha das estrelas de comparação durante a análise depende da magnitude da variável, sendo normalmente as estrelas indicadas no mapa celeste com números. A observação visual foi obtida através da comparação de cada fotografia com o mapa de identificação do campo estelar de eta Aquilae fornecido pela AAVSO e adaptado por Alexandre Amorim (Amorim, s.d.).

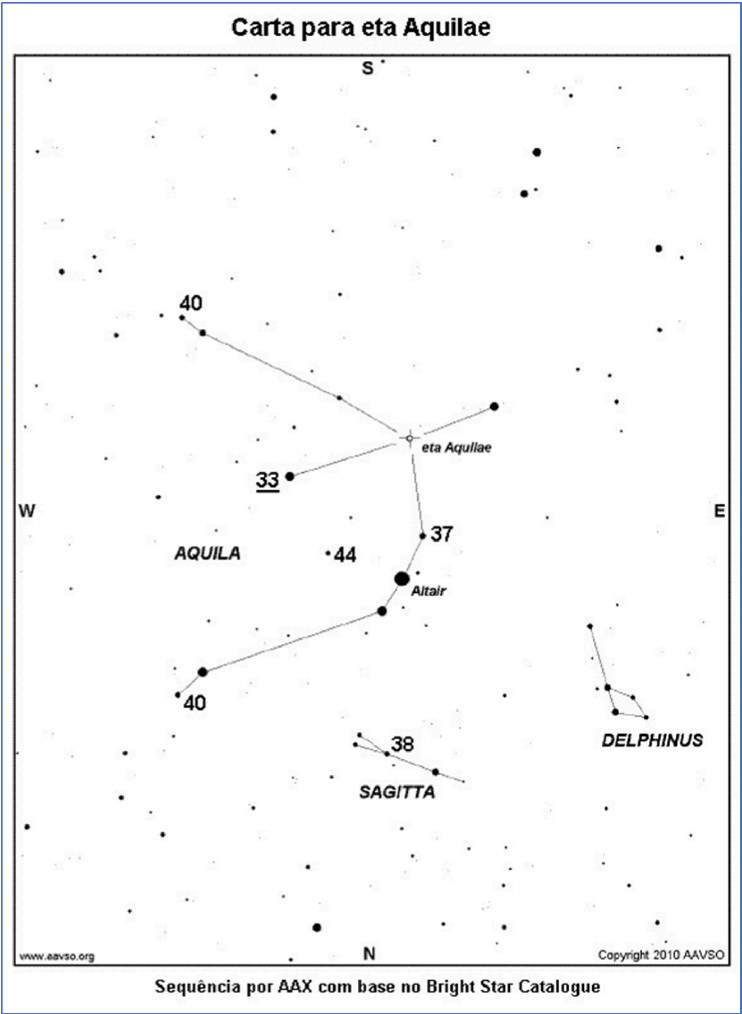


Figura 05: Mapa de reconhecimento de Aquila e identificação de eta Aquilae da AAVSO que pode ser usado a olho nu (fonte: Amorim, s/d).

Posteriormente, o uso dos *softwares* AIP4win e AstrolmageJ foi útil para medir e confirmar a magnitude da variável anteriormente estimada apenas visualmente, elaborando-se uma planilha referente aos valores obtidos, incluindo a data e hora de cada registro. Os valores medidos visualmente não foram muito diferentes dos obtidos pelos *softwares*.

Tabela 01: Dados obtidos a partir das fotos (fonte: autora).

nº	Data	Horário TL (fuso -3h)	Dia juliano	Mag. estimada (app)	Mag. estimada (visual)	Magnitudes de referência	Observações
1	05/04/2024	05:08:00	2460405,83889	4,07	4,3	4.0 e 4.4	
2	07/04/2024	05:43:00	2460407,86319	3,71	3,5	3.3 e 3.7	
3	12/04/2024	05:44:00	2460412,86389	3,80	3,8	3.3 e 3.7	
4	13/04/2024	05:43:00	2460413,86319	4,00	3,9	3.3, 3.7 e 4.4	
5	19/04/2024	05:43:00	2460419,86319	4,01	3,8	3.3 e 3.7	

nº	Data	Horário TL (fuso -3h)	Dia juliano	Mag. estimada (app)	Mag. estimada (visual)	Magnitudes de referência	Observações
6	20/04/2024	05:44:00	2460420,86389	3,37	3,4	3.3 e 3.7	
7	21/04/2024	05:45:00	2460421,86458	3,59	3,6	3.7	
8	22/04/2024	05:45:00	2460422,86458	3,64	3,5	3.3 e 3.7	
9	23/04/2024	05:41:00	2460423,86181	3,89	3,7	3.3	
10	24/04/2024	05:42:00	2460424,86250	3,95	3,7	3.7	Algumas nuvens.
11	25/04/2024	05:43:00	2460425,86319	3,78	3,8	3.7	Algumas nuvens.
12	26/04/2024	05:44:00	2460426,86389	3,86	3,4	3.3 e 3.7	
13	27/04/2024	05:44:00	2460427,86389	3,61	3,6	3.7	
14	29/04/2024	05:41:00	2460429,86181	3,81	3,7	3.7	
15	30/04/2024	05:44:00	2460430,86389	3,66	3,5	3.3 e 3.7	
16	01/05/2024	05:43:00	2460431,86319	3,87	3,6	3.3 e 3.7	
17	02/05/2024	05:47:00	2460432,86597	3,93	3,6	3.3 e 3.7	
18	03/05/2024	05:42:00	2460433,86250	3,96	3,8	3.7	
19	04/05/2024	05:41:00	2460434,86181	3,52	3,4	3.3 e 3.7	
20	06/05/2024	05:42:00	2460435,86250	3,70	3,4	3.3 e 3.7	
21	07/05/2024	05:41:00	2460437,86181	3,79	3,4	3.3 e 3.7	
22	08/05/2024	05:46:00	2460438,86528	4,08	4,0	3.4	
23	09/05/2024	04:32:00	2460439,81389	3,87	3,7	3.4 e 4.4	Algumas nuvens.
24	10/05/2024	05:42:00	2460440,86250	4,17	3,7	3.4, 3.7 e 4.4	
25	11/05/2024	05:44:00	2460441,86389	3,96	3,8	3.7 e 4.4	
26	12/05/2024	05:43:00	2460442,86319	3,81	3,6	3.7	
27	13/05/2024	03:07:00	2460443,75486	3,52	3,4	3.4 e 3.7	
28	14/05/2024	05:43:00	2460444,86319	4,27	3,9	3.4	
29	16/05/2024	05:42:00	2460446,86250	3,96	3,8	3.4 e 3.7	Algumas nuvens.
30	17/05/2024	05:45:00	2460447,86458	4,44	3,8	3.4 e 3.7	
31	18/05/2024	05:42:00	2460448,86250	3,83	3,7	3.4 e 3.7	
32	19/05/2024	05:44:00	2460449,86389	3,68	3,7	3.7	
33	20/05/2024	05:40:00	2460450,86111	3,75	3,4	3.4	
34	21/05/2024	05:42:00	2460451,86250	3,87	3,4	3.4	
35	22/05/2024	05:43:00	2460452,86319	3,64	3,5	3.4 e 3.7	
36	23/05/2024	05:42:00	2460453,86250	3,48	3,6	3.7	
37	24/05/2024	05:43:00	2460454,86319	3,62	3,6	3.4 e 3.7	
38	29/05/2024	05:43:00	2460459,86319	3,78	3,5	3.4	
39	30/05/2024	05:44:00	2460460,86389	3,61	3,6	3.4 e 3.7	
40	31/05/2024	05:41:00	2460461,86181	3,98	3,8	3.7	
41	01/06/2024	05:42:00	2460431,86181	3,78	3,7	3.7	
42	02/06/2024	05:42:00	2460432,86181	3,63	3,5	3.4	
43	05/06/2024	05:40:00	2460466,86111	3,76	3,7	3.7	
44	06/06/2024	05:43:00	2460467,86319	3,83	3,7	3.7	
45	07/06/2024	05:44:00	2460468,86319	3,75	3,8	3.7	
46	08/06/2024	05:40:00	2460469,86111	3,92	3,8	3.7	
47	12/06/2024	06:22:00	2460473,89722	3,45	3,7	3.7	

É importante salientar a necessidade do uso da Data Juliana, a qual é calculada a partir da data comum do nosso calendário gregoriano. A data juliana é adotada pelos astrônomos para padronização da contagem da passagem do tempo, incluindo os horários em TL (Tempo Legal do fuso horário de -3 horas).

O uso do *software* foi fundamental para a confirmação dos resultados, já que sua análise é mais precisa do que a estimativa visual. A ferramenta utilizada no AIP4win foi a Single Image Photometry Tool (SIPT), após selecionar as melhores fotos de cada noite. Para se obter a magnitude da estrela é necessário escolher, pelo menos, outras duas estrelas com *magnitude* fixa (ou magnitudes de referência, de acordo com a tabela), para que o software consiga realizar a comparação de forma precisa. A AAVSO fornece os valores das magnitudes das estrelas de comparação. A partir dos valores estimados, obtém-se a média das magnitudes no visual de 3,65532 ao passo que a média das magnitudes pelo aplicativo foi de 3,80766.

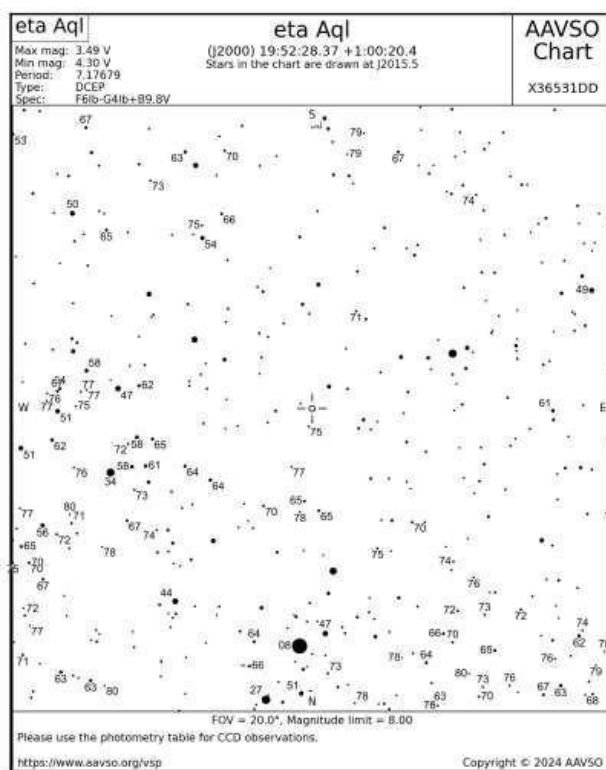


Figura 06: Mapa da região de eta Aquilae (fonte: AAVSO).

A partir destes dados, produziu-se dois gráficos, um para a magnitude visual e outro para a magnitude pelo *software*. Há pontos fora da curva média, provavelmente por erros de leitura ou medida, ou outros fatores. Mesmo assim, nota-se a existência de uma ciclicidade ou periodicidade. O gráfico a seguir mostra as duas estimativas na mesma figura, sendo os pontos vermelhos obtidos pelo aplicativo ao passo que os azuis são visuais.

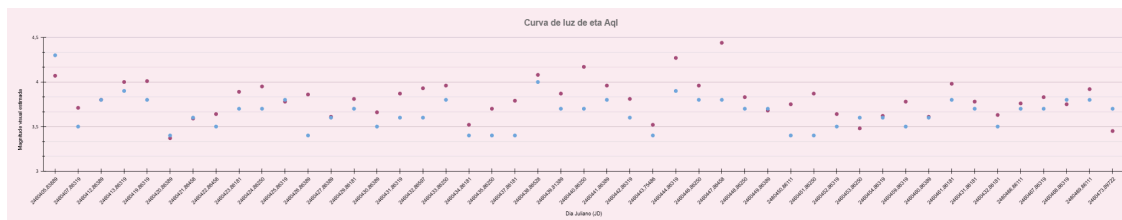


Figura 07: Gráfico com as magnitudes estimadas de eta Aquilae (fonte: a autora).

Os dados desta planilha alimentaram, a seguir, um aplicativo fornecido pela AAVSO chamado VStar. Este *software* analisa estatisticamente os pontos do gráfico, ou seja, as magnitudes medidas ao longo dos dias, e traça uma curva, por meio de cálculos com transformadas de Fourier, permitindo a produção automática de um diagrama de fase para estrelas variáveis (diagrama de fase é um gráfico que revela com mais precisão o período da variabilidade da magnitude). A partir deste cálculo, o software retorna com os pontos que indicam a “força” dos valores candidatos ao valor do período da variabilidade. Em nosso caso, o resultado obtido para eta Aquilae foi um período de 7,155 dias, conforme a figura a seguir. Os resultados obtidos ficaram razoavelmente próximos dos valores oficiais, já que o período de eta Aquilae na literatura é de 7,177 dias.

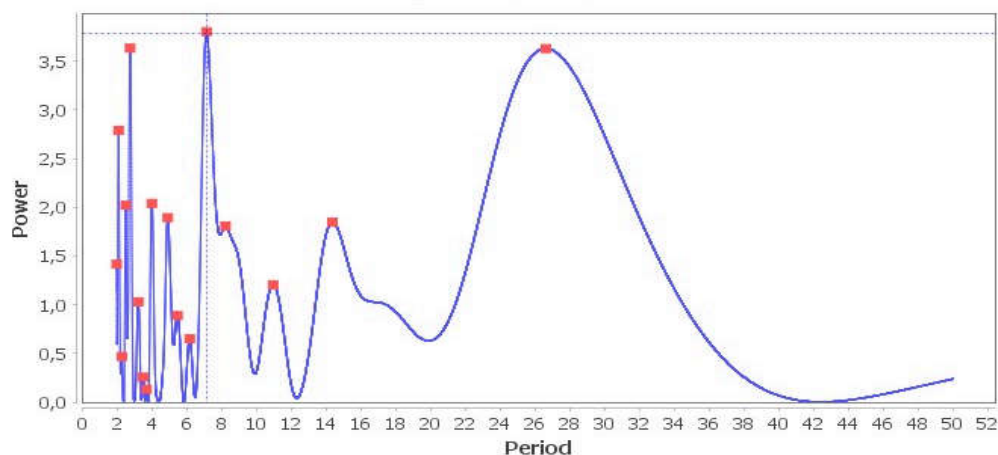


Figura 08: Gráfico obtido com o VStar a partir das magnitudes estimadas de eta Aquilae no período de coleta de dados (fonte: a autora).

Sendo eta Aquilae uma estrela variável tipo cefeida, utilizamos as equações que possibilitam os cálculos de suas diversas características partindo do valor encontrado para seu período, conforme já apresentado na fundamentação teórica (Machado, 2019; Napoleão, 2018).

RESULTADOS

Uma vez determinado o período da cefeida eta Aquilae por meio das nossas análises dos dados obtidos a partir das observações e registros, passamos a encontrar as demais propriedades físicas desta estrela. Sabendo que o período de eta Aquilae é de 7,155 dias, podemos calcular a magnitude absoluta desta estrela (M_v), usando a Relação Período-Luminosidade:

$$M_V = -2,43 (\log P - 1) - 4,05$$

Benedict et al. (2006)

$$M_V = -2,43 (\log 7,155 - 1) - 4,05$$

$$M_V = -3,6967$$

É importante saber a magnitude absoluta (relacionada com a Luminosidade da estrela, seu brilho intrínseco), pois possibilita encontrarmos a distância que eta Aquilae está de nós. Fazendo uma analogia: é como se soubéssemos a potência de brilho (em Watts) de uma lâmpada colocada a uma distância desconhecida e medíssemos o brilho aparente que recebemos dela a esta distância. No caso da estrela, a magnitude absoluta (M_V) seria analogamente a potência da lâmpada, e a magnitude aparente (m_V) seria a medida do brilho conforme a vemos daqui da Terra. Como se trata de uma estrela variável, usaremos a média aritmética das magnitudes aparentes de todas as datas de eta Aquilae, ou seja, $m_V = 3,80766$.

$$m_V - M_V = 5 \log d(\text{pc}) - 5$$

$$3,80766 - (-3,6967) = 5 \log d - 5$$

$$d = 316,86 \text{ pc}$$

A distância de eta Aquilae encontrada é de 316,86 parsecs ou cerca de 1033 anos-luz. A próxima característica a ser encontrada é a Luminosidade da estrela, ou seja, a potência energética intrínseca emitida pela sua superfície. Os valores são dados usando o Sol como padrão (sua magnitude absoluta é de 4,83 e usamos a luminosidade solar com valor unitário).

$$M_{\odot} - M_V = 2,5 \log (L_V / L_{\odot})$$

$$4,83 - (-3,6967) = 2,5 \log (L_V / 1)$$

$$L_V = 2574,42$$

Este valor mostra que eta Aquilae é uma estrela cuja luminosidade é cerca de 2500 vezes maior que a do nosso Sol, ou seja, ela é 2500 vezes mais brilhante. O raio da estrela variável cefeida clássica pode ser obtido a partir da seguinte equação:

$$\log (R_V / R_{\odot}) = 1,064 + 0,750 \times \log P$$

$$\log (R_V / 1) = 1,064 + 0,750 \times \log 7,155$$

$$R_V = 50,69$$

A estrela eta Aquilae é, portanto, cerca de 50 vezes maior do que o Sol em diâmetro, ou seja, uma gigante pulsante. Note, porém, que se trata de um valor médio, já que a estrela muda constantemente de raio. Quanto à sua temperatura

efetiva (ou da superfície estelar), pode ser calculada usando a relação de Stefan-Boltzmann em função do Sol:

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

$$L/L_o = (4 \pi \sigma / 4 \pi \sigma) (R/R_o)^2 (T/T_o)^4$$

$$L / 1 = (R/1)^2 (T/1)^4$$

$$L = R^2 T^4$$

$$2574,42 = 50,69^2 \times T^4$$

$$T = 1,00048$$

A temperatura efetiva de eta Aquilae é praticamente igual a do Sol, 5.774,77 K na média. Por último, encontramos a massa total da estrela:

$$\log (M / M_{\odot}) = 0,28 \log (L_v / L_{\odot}) - 0,35$$

$$\log (M / 1) = 0,28 \log (2574,42 / 1) - 0,35$$

$$M = 4,027$$

Portanto, a variável eta Aquilae é cerca de 4 vezes mais massiva do que o nosso Sol.

A seguir, apresentamos uma tabela que resume os resultados obtidos e os valores aceitos pela comunidade científica de acordo com a literatura.

CARACTERÍSTICAS	Nossos cálculos	Valores da literatura
P (período)	7,155 dias	7,177 dias
Mv (mag absoluta)	-3,6967	-3,5 a -4,3
d (distância)	1033 anos-luz	1030 a 1170 anos-luz
L (luminosidade)	2574,42 L _☉	3368±195 L _☉
R (raio)	50,69 R _☉	até 60 R _☉
T (temperatura eff)	5774,77 K	5300 K e 6200 K
M (massa)	4,027 M _☉	4 a 5 M _☉

CONSIDERAÇÕES

A partir destes episódios formativos direcionados a conteúdos de astrofísica estelar para o Ensino Médio, possibilitou-se uma imersão no âmago do trabalho científico, ao perpassar pelas etapas de estudo bibliográfico, observação do fenômeno, registro de dados, análise e interpretação. É difícil imaginar quais outras metodologias escolares possibilitariam o contato direto do aluno com os métodos que os cientistas usam para a produção do conhecimento.



Os resultados obtidos e apresentados neste artigo apontam para a possibilidade de não-cientistas (público não especializado e comunidade escolar) atuarem na coleta e análise de dados, contribuindo com a produção coletiva do conhecimento, assim como atestam Rumenos et al (2023), Martins e Cabral (2021), Andrade, Langhi e Paglianti (2025). Obviamente, os valores para eta Aquilae são bem estabelecidos e consensuais no contexto acadêmico e aqui não fizemos nenhuma nova descoberta científica, porém, o mais importante neste trabalho foi o processo científico ao qual o indivíduo foi submetido pela ciência cidadã, pois o indivíduo pode ser claramente alfabetizado cientificamente por meio desta atividade.

Esta aprendizagem, sob a abordagem da ciência cidadã sobre as estrelas variáveis no Ensino Médio, ultrapassa o ensino conteudista de Astronomia, pois não se trata de simulações, exercícios memorizados ou de laboratórios didáticos engessados. O aluno experimenta, de fato, o processo científico e a coleta de dados reais do céu, nosso laboratório natural e gratuito. Não são experimentos com roteiros fechados e com resultados já esperados ou pré-conhecidos, como normalmente acontece em laboratórios didáticos em faculdades e escolas.

Portanto, a participação de alunos em projetos de ciência cidadã como este proporcionam a oportunidade de alfabetização científica em todas as etapas do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que o aluno passa a ser o protagonista deste processo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à Reitoria da UNESP (ProPe) pela bolsa atribuída a esta pesquisa de Iniciação Científica de Ensino Médio, e ao Observatório Didático de Astronomia da UNESP pela orientação e colaboração mediante o Prof. Dr. Rodolfo Langhi.

REFERÊNCIAS

- AAVSO. **Manual para Observação Visual de Estrelas Variáveis**. American Association of Variable Star Observers. Ed. em português. USA: AAVSO, 2011.
- AMORIM, A. **Observação visual de Eta Aquilae**: uma atividade multidisciplinar. Org.br, [s. d.]. Disponível em: https://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/04/SNEA2011_TCP39.pdf. Acesso em: 27 ago. 2025.
- ANDRADE, T. B.; LANGHI, R.; PAGLIANTI, I. C. A apropriação social da ciência dos meteoros: quando a Ciência Cidadã vai à escola. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, p. e025027-e025027, 2025.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, n. 02, p. 122-134, 2001.
- CHASSOT, A. **Alfabetização Científica**: questões e desafios para educação. Ijuí, Editora UNIJUÍ, 2001.
- EDGAR, J. S. **Observer's Handbook of the RASC 2019**. Canadá: Webcom Inc., 2018.



LANGHI, R. **Aprendendo a ler o céu:** pequeno guia prático para a astronomia observacional. 2. ed. São Paulo: LF Editorial, 2016

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia:** repensando a formação de professores. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

MACHADO, D. I. Estrelas variáveis no contexto educacional: uma proposta envolvendo a observação de cefeidas clássicas no ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 28, p. 7-25, 2019.

MARTINS, D. G. M.; CABRAL, E. H. S. Panorama dos principais estudos sobre ciência cidadã. **ForScience**, v. 9, n. 2, p. e01030-e01030, 2021.

NAPOLEÃO, T. A. **Astrofísica estelar para o ensino médio:** uma abordagem empírica baseada na observação visual das estrelas variáveis. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RUMENOS, N. N. *et al.* Ciência cidadã no Brasil: caracterização da produção acadêmica. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 10, p. 14592-14608, 2023.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, V16(1), pp. 59-77, 2011.

Como citar este artigo (ABNT):

SIQUEIRA, J. R. Alfabetização científica em Astronomia no Ensino Médio: o estudo da estrela variável eta Aquilae. **Informativo do Observatório Didático de Astronomia (IODA)**, v. 6, n.1, p. 13-28, jun 2026.

