



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – 2024**

ESTRELAS VARIÁVEIS PULSANTES DELTA SCUTI: **DESCOBERTA E CARACTERIZAÇÃO FOTOMÉTRICA**

Matheus de Almeida Fernandes¹; Vera Aparecida Fernandes Martin²;

Paulo César da Rocha Poppe³

1. Bolsita – PROBIC/UEFS, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: matheusalmeidaf2912@gmail.com
2. Orientadora, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br
3. Coorientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade Estelar; Aglomerados Abertos; Fotometria.

INTRODUÇÃO

O projeto observacional em atividade no OAA/MACT-UEFS (Observatório Astronômico Antares/Museu Antares de Ciência e Tecnologia– UEFS) é baseado nas técnicas de fotometria e espectroscopia na banda do visível e envolve objetos do Sistema Solar, estrelas e galáxias brilhantes do Universo local. Como parte da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios), vem sendo desenvolvido com a instrumentação financiada por vários projetos de pesquisa (CAPES, FAPESB, UEFS e VITAE) e envolve os grupos do LNA (Laboratório Nacional de Astrofísica), UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba), UESC (Universidade de Santa Cruz) e ULS (Departamento de Astronomía, Instituto de Investigación Multidisciplinar en Ciencia y Tecnología, Universidad de La Serena – Chile).

No caso das estrelas, a variabilidade estelar representa um dos campos de investigação científica de grande interesse astrofísico. Em particular, as pesquisas neste campo de estudo vem sendo realizadas na parceria UEFS-UESC e envolve estrelas variáveis de curto período do tipo Delta-Scuti, escolhidas em função da qualidade do céu (nuvens). Estrelas variáveis, por definição, são aquelas que apresentam flutuações no brilho ao longo do tempo, associadas a fatores físicos (intrínsecos) ou geométricos (extrínsecos). Nas intrínsecas, as flutuações de brilho estão associadas diretamente aos fenômenos físicos da própria estrela, enquanto nas extrínsecas a variabilidade surge da interação com outras estrelas ou ainda com o próprio meio interestelar (Carroll & Ostlie, 2017). O *General Catalogue of Variable Stars* (GCVS – <http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/>) foi empregado nesse estudo, assim como o *American Association of Variable Star Observers* (AAOVS – <https://www.aavso.org/>).

As observações fotométricas realizadas neste projeto de Iniciação Científica foram fundamentais para validar o programa observacional a partir da instrumentação disponível e as condições climáticas no sítio do OAA/MACT-UEFS, no qual se encontra dentro da cidade de Feira de Santana com um alto grau de poluição luminosa. Tal fato limita em magnitude as observações e introduz um considerável fundo de céu. Neste trabalho, apresentamos as curvas de luz no filtro fotométrico V para um grupo de 5 (cinco) estrelas variáveis: HD40536 (*2Mon), HD79889 (V*Be Lyn), HD94033 (V*KZ Hya), SAO140257 (EH Lib), V* 1162 Ori e o aglomerado aberto NGC6910.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA

Ao se tratar de um projeto observacional que envolve um tipo particular de instrumentação, iniciamos com o conhecimento do telescópio Meade LX 200 GPS (24,5 cm), do detector CCD SBIG ST-7 XMED (765x510 pixels) e dos filtros fotométricos (BVRI). O software residente (AutoStar Suite) foi usado para controlar o telescópio, enquanto o de uso comercial MaxIm DL foi empregado para realizar a aquisição e processamento das imagens fotométricas. A Figura 1 mostra o conjunto instrumental usado no projeto com um dos campos observacionais estudados.

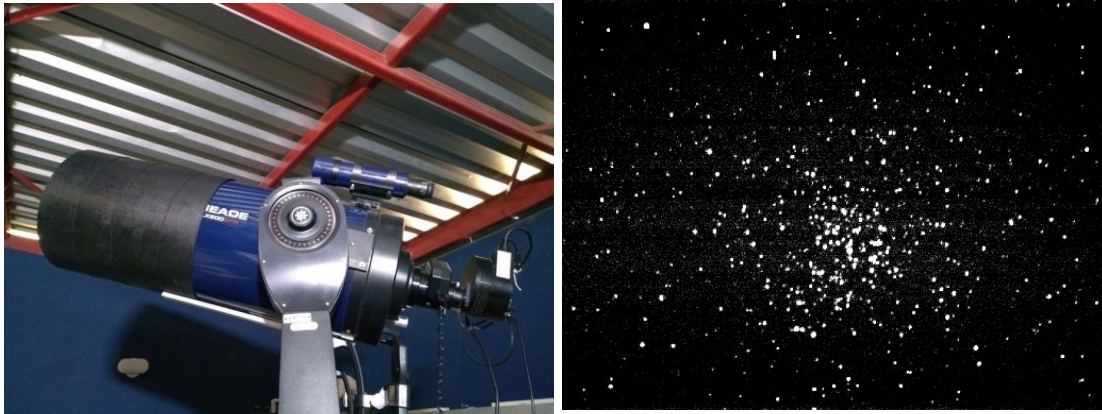


Figura 1: Telescópio Meade LX200 GPS (24,5 cm) acoplado com o detector CCD SBIG ST-7 XMED. Um dos campos estudados, o aglomerado M37 (NGC 2099) na Constelação de Auriga (Cocheiro), situado no Hemisfério Norte (HN), com coordenadas equatoriais J2000.0 ($\alpha = 5^h 52^m 26^s$, $\delta = 32^\circ 32' 56''$). Encontra-se a uma distância de 4400 anos-luz (1,3 kp) com magnitude aparente no visível é de 5,8.

O software MaxIm DL, ilustrado na Figura 2, permite que o conjunto de várias observações (frames individuais) realizadas ao longo da noite sejam todas devidamente alinhadas e processadas das calibrações fundamentais de bias, dark e flat-field. O resultado final são as respectivas curvas de luz com colorações variadas para diferenciar o(s) objeto(s) de interesse no campo, neste caso, azul e violeta (estrelas variáveis). A curva preta representa uma estrela de referência que, a princípio, não varia ao longo do tempo. As demais cores representam estrelas de verificação.

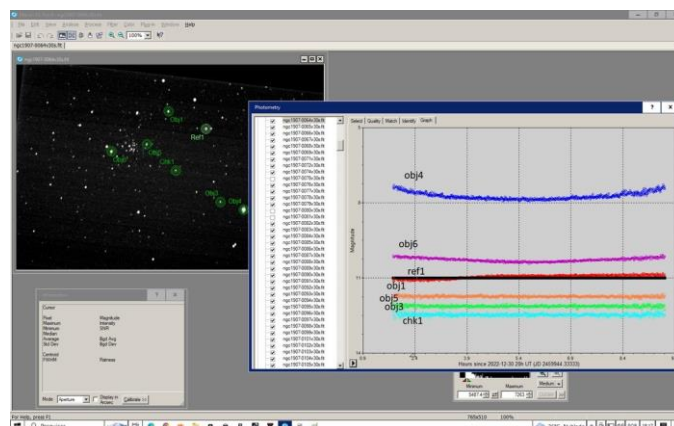


Figura 2: Parte da interface do software MaxIm DL sendo empregado para processar o campo do aglomerado NGC1907 na Constelação de Auriga (HN). As curvas azul e violeta representam estrelas variáveis no campo. A curva preta uma estrela de referência (não variável) e as demais de verificação.

No caso descrito acima para o aglomerado NGC1907, as observações foram feitas com tempos de exposição de 30 segundos, o que conduziu a um conjunto de 960 imagens (8 horas de observação). A magnitude aparente média é da ordem 8,2. No entanto, para objetos brilhantes (magnitudes menores que 5), os tempos individuais de exposição são da ordem de 5 segundos, o que podem fornecer mais de 5 frames individuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma fração significativa das estrelas em aglomerados abertos e globulares apresentam algum tipo de variabilidade. A partir da latitude geográfica ($f = -12,2733^\circ$) do sítio do OAA/MACT-UEFS, torna-se possível observar uma parte considerável de objetos do Hemisfério Norte [até declinação (δ) $+50^\circ$], o que possibilita uma maior abrangência de estudos. Por exemplo, temos para a estrela HD79889 ($\delta = +46,16^\circ$) e o aglomerado NGC6910 ($\delta = +40,77^\circ$). Obviamente, estamos levando em consideração uma razoável massa de ar, o que leva, nesse caso, a uma maior correção para a refração atmosférica. Ainda, diante das características dos nossos telescópios, de pequenas aberturas, faz-se também a seleção dos objetos mais brilhantes, ou seja, inferiores a 11 magnitudes para o telescópio Meade LX200 GPS.

A Figura 3 ilustra as curvas de luz para os 5 (cinco) objetos observados no programa de Iniciação Científica. As mesmas descrições anteriores são igualmente aplicadas, ou seja, estrela variável, estrela de referência e estrela de verificação.

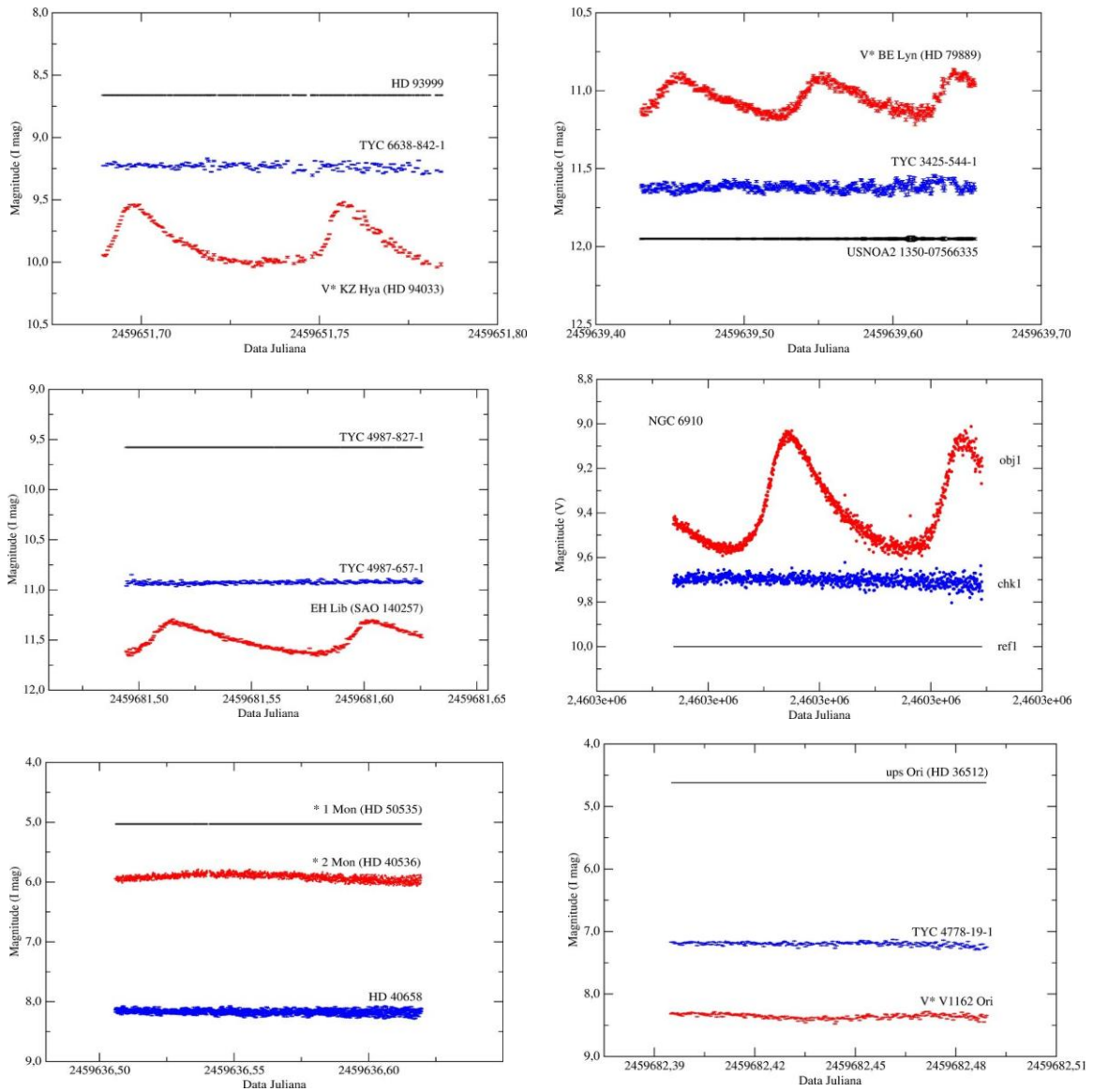


Figura 3: Curvas de luz para as variáveis observadas no OAA/MACT-UEFS. Em vermelho, estrelas variáveis tipo Delta Scuti. As curvas (retas) pretas representam as estrelas tomadas como referência (não variáveis em princípio). Em azul, estrelas de verificação. Todos os objetos encontram-se no mesmo campo de observação, portanto, todas com a mesma extinção e massa de ar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido ratificou a viabilidade de execução de um projeto observacional sistemático de variabilidade estelar no sítio do OAA/MACT-UEFS. A proposta futura consiste em explorar campos de aglomerados estelares não observados, tornando, assim, um excelente projeto para telescópios de pequeno porte.

Embora pareça que a frequência de estudos de aglomerados abertos esteja aumentando, muitos permanecem sem estudo, e as questões mais importantes ainda não têm respostas definitivas. Até agora, há pesquisas limitadas como o *WIYN Open Cluster Study*, que investiga 14 aglomerados do Hemisfério Norte (Geller & Mathieu, 2012), ou o *Southern Open Cluster Study* (SOCS), que inclui 24 aglomerados abertos do Hemisfério Sul (Kinemuchi et al. 2010). Um dos bancos de dados mais completo dedicados a aglomerados abertos é o WEBDA 2 (<http://webda.physics.muni.cz>, Mermilliod & Paunzen, 2003), no qual inclui dados astrométricos na forma de coordenadas, posições retangulares, movimentos próprios, medições fotométricas e dados espectroscópicos, como classificação espectral, velocidades radiais e velocidades rotacionais. Além disso, ele contém diversos tipos de outros dados, como probabilidades de associação, elementos orbitais de binários espectroscópicos e períodos de variabilidade para diferentes tipos de estrelas variáveis, incluindo um conjunto completo de referências bibliográficas. Atualmente, o WEBDA inclui informações sobre 1100 aglomerados abertos em nossa Galáxia e na Pequena Nuvem de Magalhães.

Finalmente, não devemos esquecer os dados do satélite Gaia que estão revolucionando nossa compreensão da Via Láctea (DIAS et al., 2022; Hunt & Reffert, 2023). Logo, a cada nova publicação de dados, há uma necessidade direta de atualizar o censo existente de aglomerados abertos. Portanto, temos uma excelente perspectiva envolvendo projetos de variabilidade estelar no OAA/UEFS-MACT dentro da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios) financiada pela FAPESB, (Universal FAPESP/SECTI N.012/2022, proj. 5017/2022) e UEFS/PPPG (FINAPESQ 01/2021, 01/2023).

REFERÊNCIAS

- CARROLL, B.W., OSTLIE, D.A. 2017. *An Introduction to Modern Astrophysics*. Cambridge University Press; 2nd Revised ed. edição. 1359 pp.
- DIAS, W.S., MONTEIRO, H., CAETANO, T. et al. 2022. 58 open clusters investigated with UBVRi and Gaia eDR3 data. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 512, Issue 3, pp.4464-4483.
- GELLER, A.M., MATHIEU, R D. 2012. *WIYN Open Cluster Study. XLVIII. The Hard-binary Population of NGC 188*. *The Astronomical Journal*, Vol. 144, Issue 2, 54, 22 pp.
- HUNT, E.L., REFFERT, S. 2023. *Improving the open cluster census. II. An all-sky cluster catalogue with Gaia DR3*. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 673, 114, pp.
- MERMILLIOD, J.C., PAUNZEN, E. 2003. *Analysing the database for stars in open clusters. I. General methods and description of the data*. *Astronomy and Astrophysics*, v.410, p.511-518 (2003)
- KINEMUCHI, K., SARAJEDINI, A., et al. 2010. *First results of the Southern Open Cluster Study*. *Star clusters: basic galactic building blocks throughout time and space*, *Proceedings of the International Astronomical Union, Symposium*, Vol. 266, p. 429.