



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

CARACTERIZAÇÃO FOTOMÉTRICA DE AGLOMERADOS ABERTOS

Humberto Soares Boaventura Júnior¹; **Vera Aparecida Fernandes Martin²**
Paulo César da Rocha Poppe³

1. Bolsista – Modalidade PIBIC/FAPESB, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: humberto.sboaventura@gmail.com
2. Vera Aparecida Fernandes Martin, Departamento de física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br
3. Paulo César da Rocha Poppe, Departamento de física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Aglomerados Abertos; Fotometria; Redução de Dados,

INTRODUÇÃO

O principal objetivo do presente trabalho foi demonstrar a capacidade dos telescópios da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios) de realizar observações fotométricas para caracterizar aglomerados abertos, ou seja, objetos resultantes do colapso de nuvens de gás e poeira, que podem apresentar uma mesma abundância, metalicidade e idades relativamente iguais. Porém o que de fato diferencia as estrelas de um aglomerado é a sua massa, critério com papel crucial para evolução das estrelas (Freedman & Kaufmann, 2005). Em geral, são classificados como pobres (menos de 50 estrelas), medianos (de 50 a 100 estrelas) e ricos (com mais de 100 estrelas). O aglomerado escolhido para o estudo foi o NGC 2632 (Presépio ou Aglomerado da Colmeia), situado na constelação de Câncer e brilhante o suficientemente para ser observado com o telescópio MEADE LX200 GPS (23,5 cm). O aglomerado é classificado como rico (+ de 1000 estrelas), com coordenadas equatoriais (J2000,0), $\alpha = 08^{\text{h}}40^{\text{m}}13^{\text{s}}$ e $\delta = +19^{\circ}37'16''$. Está localizado a cerca de 600 anos-luz de distância, sendo um dos aglomerados estelares mais próximos do nosso Sistema Solar (Tarricq et al., 2024) e bastante estudado (Joshi et al, 2022).

Os aglomerados abertos estão localizados no disco da Via Láctea, de modo que também são chamados de “aglomerados galácticos”. Quando comparados com os aglomerados globulares que possuem de centenas até dezenas de milhares de objetos gravitacionalmente unidos, os abertos são bem mais difíceis de serem visualizados. Por exemplo, pelo fato de estarem localizados no plano da Galáxia, podem ser encobertos pela poeira interestelar. No entanto, devido a grande presença de gás nesse região, nota-se a presença de estrelas de População I (mais jovens), associados a regiões de formação estelar (Phelp & Janes 1994). Quanto aos dimensões angulares, podem chegar a alguns parsecs. Logo, por serem relativamente grandes, atingindo alguns graus no céu, apenas parte do aglomerado NGC 2632 foi mapeado nesse estudo de Iniciação Científica. Não utilizamos redutor focal. As principais propriedades de um aglomerado aberto podem ser extraídas da referência Trumpler (1930).

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

O aglomerado NGC 2632 foi observado em Janeiro de 2022 no OAA/MACT-UEFS com a seguinte instrumentação (Figura 1): telescópio MEADE LX200 GPS (24,5 cm), CCD SBIG ST-7 XME-D (765 X 510 pixels) e filtros BV(RI)_c. Os tempos de integração variaram para cada filtro: B (45s), V (30s), R=I (25s). O filtro U, pode demandar um alto tempo de integração, não foi usado neste trabalho. O principal fator está relacionado ao acompanhamento do telescópio. Para aumentar a razão sinal/ruído, foram realizadas no mínimo 5 imagens em cada filtro. Estrelas padrão de Landolt (1992) também foram observadas na mesma noite para a devida transformação das magnitudes ao sistema padrão. Imagens de calibração (bias, dark e flat) também foram obtidas para a remoção do perfil instrumental.

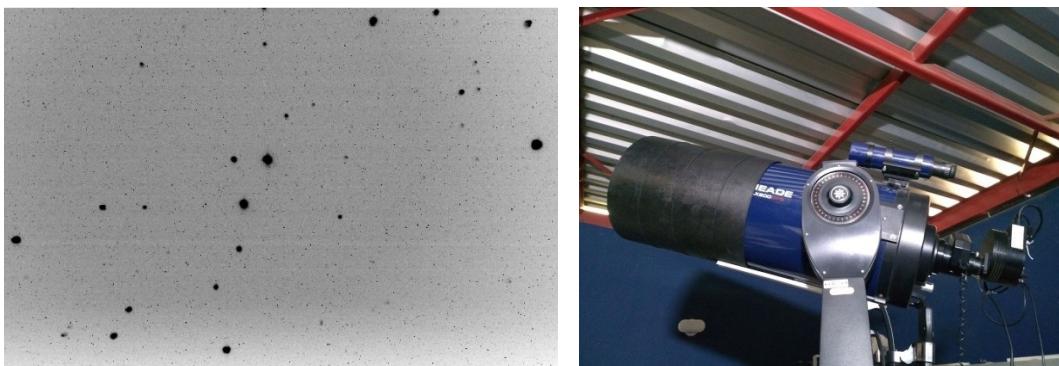


Figura1: Parte do campo do aglomerado observado com o telescópio MEADE LX200 GPS.

As observações foram realizadas com o software comercial MaxIm DL, no qual fornece as imagens devidamente corrigidas do perfil instrumental. No entanto, as etapas que envolvem a transformação ao sistema padrão, envolvendo a construção da curva de crescimento, determinação das magnitudes instrumentais, dos coeficientes de extinção, das equações de transformação e das magnitudes ao sistema padrão, foram realizadas no ambiente IRAF (Image Reduction and Analysis Facility), Tody (1986).

As transformações aplicadas às magnitudes instrumentais para determinação das magnitudes padrão incluem um termo linear no índice de cor, podendo ainda possuir termos de 1^a e 2^a ordens na extinção. Empregamos as equações de transformação referentes aos catálogo “nlandolt” (Landolt, 1992), presente na base de dados do IRAF:

$$\begin{aligned} b &= B + \text{constante} + \text{cor} \times (B-V) + \text{extinção} \times (2^{\text{a}}) \times (B-V) \times \text{massa de ar} \\ v &= V + \text{constante} + \text{cor} \times (B-V) + \text{extinção} \times (2^{\text{a}}) \times (B-V) \times \text{massa de ar} \\ r &= R + \text{constante} + \text{cor} \times (V-R) + \text{extinção} \times (2^{\text{a}}) \times (V-R) \times \text{massa de ar} \\ i &= I + \text{constante} + \text{cor} \times (V-I) + \text{extinção} \times (2^{\text{a}}) \times (V-I) \times \text{massa de ar} \end{aligned}$$

As equações acima foram resolvidas por meio do ajuste múltiplo dos termos de cor e a extinção, buscando sempre os melhores valores para os coeficientes de ponto zero, cor e extinção. Portanto, as soluções obtidas para cada filtro (todas convergentes) apresentaram valores de desvio padrão inferiores a 0,04, com um total de 15 iterações (Figura 2). A qualidade dos ajustes obtidos pode ser verificada pelos valores dos erros quadráticos médios de cada ajuste. Tal resultado revela uma boa qualidade dos dados observacionais, embora o sítio observational esteja no centro da cidade de Feira de Santana, com um alto índice de poluição luminosa.

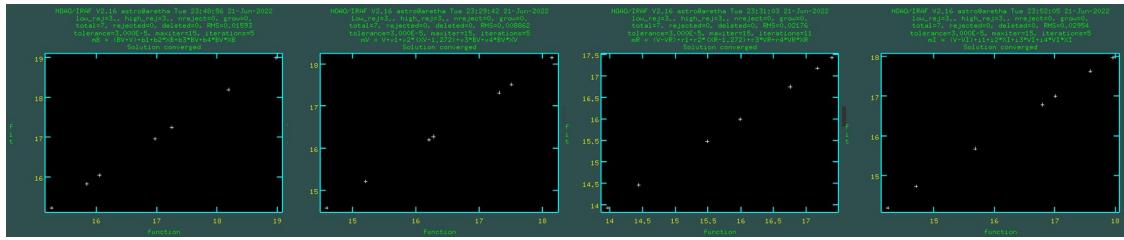


Figura 2: Ajuste das equações de transformação para cada filtro, $BV(RI)_c$.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A Figura 3 ilustra os diagramas cor-magnitude (do inglês, CMD) para as estrelas observadas no aglomerado. Os diagramas representam uma importante ferramenta para entender as propriedades dos aglomerados estelares. Na figura, o eixo das abscissas representa a cor das estrelas (que reflete as temperaturas). Na ordenada, a magnitude absoluta, que representa seu brilho intrínseco.

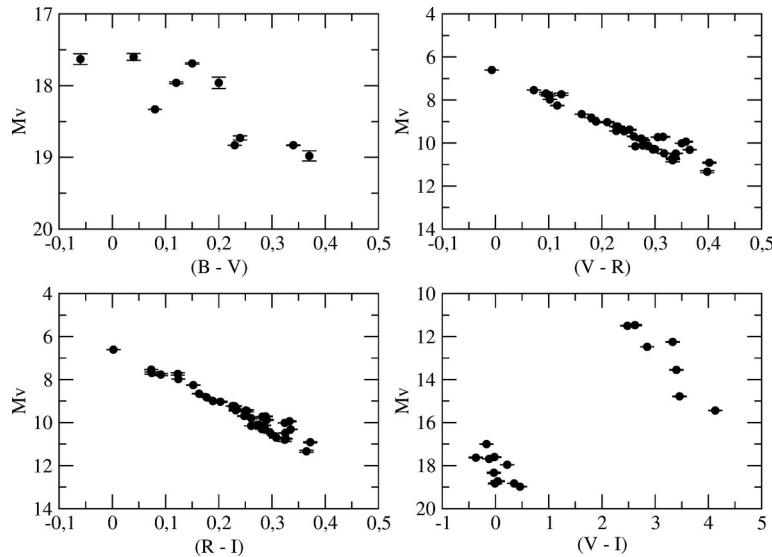


Figura 3: Diagramas cor x magnitude para as estrelas observadas no aglomerado NGC 2632.

Cor na Astronomia significa, geralmente, a diferença de brilho entre dois comprimentos de onda diferentes, como $B-V$ (a diferença entre luz azul e visível). Este índice de cor atua como um indicador para a temperatura da superfície de uma estrela. Estrelas mais azuis vão apresentar valores $B-V$ mais baixos, portanto, são mais quentes. Estrelas mais vermelhas (valores $B-V$ mais altos) são mais frias. De acordo com resultado, as estrelas observadas são relativamente mais quentes. A magnitude é uma medida do brilho intrínseco ou luminosidade da estrela, com números menores indicando estrelas mais brilhantes e números maiores indicando estrelas mais fracas. Às vezes, a magnitude aparente (m , conforme observada da superfície da Terra) é usada, mas a magnitude absoluta (M_V) permite uma comparação direta do brilho intrínseco.

A maioria das estrelas em um aglomerado estelar ficará em uma linha diagonal chamada de Sequência Principal, como visto na Figura 3, indicando que as estrelas estão transformando Hidrogênio em Hélio em seus núcleos. Uma Sequência Principal proeminente com estrelas variando de azul a vermelho, como observado na CMD obtida, indica uma ampla gama de massas estelares.

As estrelas mais azuis e brilhantes (canto superior esquerdo) são mais quentes, mais massivas e mais jovens; as estrelas mais vermelhas e fracas (canto inferior direito) são mais frias, menos massivas e mais velhas. Para o NGC 2632, muitas de suas estrelas estão localizadas ao longo desta Sequência Principal, refletindo estrelas em diferentes estágios de sua vida, mas ainda na fase de queima de Hidrogênio, embora não tenhamos plotadas as isócronas indicando as faixas de idade estelar, variando, por exemplo, desde 0,5 milhões de anos até chegar na Sequência Principal de idade Zero (ZAMS).

Depois que as estrelas evoluem da Sequência Principal, elas se movem para o ramo das gigantes vermelhas, onde são mais brilhantes, porém, mais frias. No CMD de M44, as estrelas no canto superior direito do diagrama M_V x ($V - I$) são as estrelas mais velhas e evoluídas que se expandiram para gigantes vermelhas. Por outro lado, também temos estrelas que completaram seus ciclos de vida e se tornaram anãs brancas, muito quentes (azuis), mas também muito fracas, localizadas no canto inferior esquerdo do mesmo diagrama. Com o tempo, elas vão desaparecer e esfriar, movendo-se mais para baixo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Realizamos neste trabalho a fotometria $BV(RI)_c$ para o aglomerado NGC 2632, indicando a possibilidade de iniciarmos um projeto observacional visando a caracterização de aglomerados. No entanto, devemos ter uma melhor atenção (quanto ao tempo de exposição) na fotometria do filtro B, indispensável na determinação do avermelhamento. Também devemos reunir um conjunto maior de padrões, necessário para a transformação ao sistema padrão de forma mais precisa, permitindo o cálculo do coeficiente de extinção e dos termos de cor separadamente. Este projeto foi financiado pela FAPESB, da qual agradecemos o apoio, e realizado dentro da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios), também financiada pela FAPESB, (Universal FAPESB/SECTI N.012/2022, projeto 5017/2022). O projeto também contou com o apoio da UEFS por meio dos projetos UEFS/PPPG (FINAPESQ 01/2021, 01/2023).

REFERÊNCIAS

- FREEDMAN R. A. & KAUFMANN, W. J., 2005, Universe, seventh edition, W. H. Freeman and Company, New York
- JOSHI S., TRUST O., SEMENKO E., et al., 2022, Study of chemically peculiar stars - I. High-resolution spectroscopy and K2 photometry of Am stars in the region of M44. MNRAS, 510, 5854-5871.
- LANDOLT, A. U, 1992, UVBRI photometric standard stars in the magnitude range 11.5-16.0 around the celestial equator. AJ, vol. 104, no. 1, p. 340-371, 436-491.
- PHELPS, R. L., JANES, K. A., 1994, Young open clusters as probes of the star formation process. 1: An atlas of open cluster photometry, ApJSS, 90, 1, 31
- TARRICQ Y., SOUBIRAN C., CASAMIQUELA L., et al., 2021, 3D kinematics and age distribution of the open cluster population. A&A, volume 647A19-19.
- TODY, D., 1986, The IRAF Data Reduction and Analysis System, in: Instrumentation in astronomy VI; Proceedings of the Meeting, Tucson, AZ, Mar. 4-8, 1986. Part 2 (A87-36376 15-35). Bellingham, WA, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1986, p. 733.
- TRUMPLER, R. J., 1930, Lick Observatory Bulletin, 420, 154.