

Calibrações Fotométricas UBVRI para o Sítio do Observatório Astronômico Antares

Toni Cordeiro de Almeida¹; Vera Aparecida Fernandes Martin²; Paulo Cesar da Rocha Poppe³

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: tonialmeida10@hotmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br
3. Coorientador do projeto, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: redução; dados; fotometria; iraf.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo determinar os coeficientes de extinção atmosférica e de transformação para o sítio do Observatório Astronômico Antares (OAA) localizado na cidade de Feira de Santana. Uma vez que, na maioria das vezes, a luz passa boa parte do seu trajeto sem sofrer nenhuma alteração, porém ao atravessar a atmosfera terrestre ela sofre uma perda significativa no seu brilho, sendo necessário fazer uma correção no valor medido de sua magnitude e esta correção se refere ao coeficiente de extinção atmosférica. A magnitude aparente é uma grandeza inversamente proporcional ao brilho do objeto em estudo, e depende das condições de observação pelo fato de que a depender do sítio pode ter mais ou menos poluição luminosa ou massa de ar além de que ao próprio instrumento utilizado altera os resultados da medição. Para os astrônomos e cosmólogos poderem trocar informações e criarem tabelas de referência, foi criada uma escala de magnitude que não depende das condições de observação, e essa escala é chamada de magnitude padrão. Logo, é necessário converter a magnitude obtida com uma determinada observação para a magnitude padrão, e o coeficiente angular dessa transformação é chamado de coeficiente de transformação, enquanto o linear é chamado de ponto zero.

Antes de ser realizar a fotometria, que é o processo de medição da quantidade de luz que recebemos de um objeto, é necessário realizar um processo chamado redução de dados. Ao ser realizada uma medição através de um telescópio, existem 3 principais correções que devem ser aplicadas à observação, são elas: bias, dark e flat, essas correções são chamadas de redução de dados. O bias diz respeito ao sinal ruído gerado pela Charged-coupled device (CCD) que é a parte do telescópio responsável para a captura de imagens. O dark é a correção responsável pelo fator temperatura, uma vez que ela está diretamente relacionada com a velocidade das partículas, então quanto maior ela for mais instável vão ser os fótons que estão chegando na CCD. E por último, mas não menos importante, o flat que é responsável pela uniformidade dos fótons que ocupam os pixels da CCD.

Para a realização deste trabalho, foi utilizado o software Image Reduction and Analysis Facility (IRAF). Ele reúne diversos pacotes essenciais para o processo de redução de dados e teve seu desenvolvimento iniciado em meados de 1982 por Doug Tody no National Optical Astronomy Observatories, em Tucson, Arizona. Mais tarde, em 1982, Doug e Peter Shames o fundiram com o Science Data Analysis System (SDAS), e assim resultou o atual IRAF e o STSDAS, ambos compatíveis um com o outro. Sendo o IRAF totalmente gratuito e disponível para o sistema operacional Linux.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Utilizamos o telescópio CDK20 do Observatório Astronômico Antares para adquirir as imagens observacionais de 6 estrelas situadas no aglomerado aberto Messier 41 (M41 ou NGC 2287 (Gaia DR2 (2018), referente ao New General Catalog). As estrelas escolhidas foram as seguintes : BD-20 1542 (1), BD-20 1548 (2), BD-20 1546 (3), BD-20 1543 (4), BD-20 1550 (5) e BD-20 1540 (6). O termo “HD” se refere ao catálogo Henry Draper. Os filtros utilizados para fazer a observação foram o ultravioleta (U), azul (B), visível (V), vermelho (R) e infravermelho (I). Além das imagens das estrelas, também foram obtidas as imagens de calibração (bias, dark e flat-field) necessárias para a realização da redução de dados. A Figura 1 ilustra as imagens nas bandas UBVRI e também a do flat-field na banda V como exemplo.

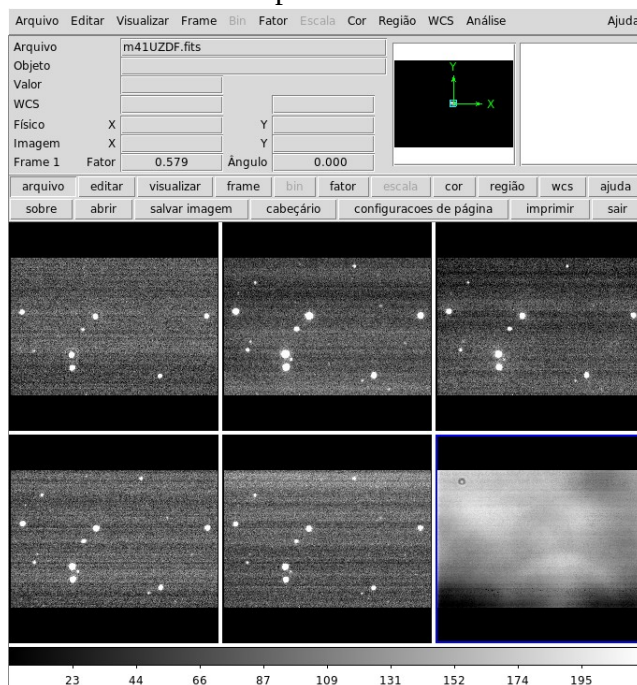


Figura 1: Imagens de algumas estrelas do aglomerado nas bandas UBVRI (sentido horário). A última imagem (canto inferior esquerdo) ilustra uma imagem flat-field na banda V.

Ao total, foram feitas 50 imagens de bias com tempo de exposição de 0,001 segundo, sendo este necessário para corrigir variações pixel-a-pixel no ponto zero de uma câmera CCD. Já o dark trata principalmente de correções em relação à temperatura da CCD e do ambiente de modo que são necessários diferentes darks para cada tempo de exposição utilizado nas obtenções das imagens observacionais. Foram feitas 3 imagens de darks correspondentes para cada um dos tempos de exposição (em segundos) empregados nas imagens do aglomerado M41: U (15s), B (10s), V (4s), R (2s) e I (2s). Empregamos o telescópio CDK20 de 50,8cm, a CCD SBIG ST-7, roda de filtros SBIG (SFW9), filtros UBVRI de Bessel, um desktop para controle e aquisição das imagens, e o pacote IRAF (Image Reduction and Analysis Facility, Massey & Davies 1992)

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

O objetivo principal do trabalho foi o de obter as calibrações fotométricas para o sítio do Observatório Astronômico Antares, empregando observações de estrelas no aglomerado M41. Duas estrelas padrões espectrofotométricas foram observadas para

esse propósito: HR A Figura 2 ilustra o aglomerado com as estrelas marcadas. A Tabela 1 fornece as estrelas observadas em M41. Para as padrões espectrofotométricas, empregamos: SA 98-(185, 284, 562, 618, 624, 978).

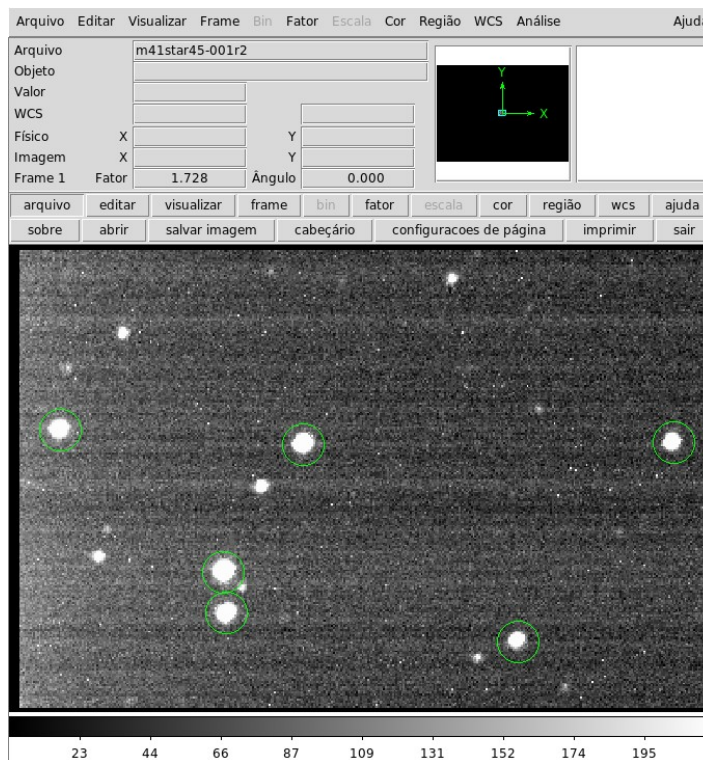


Figura 2: Aglomerado M41. Os números identificam as estrelas da Tabela 1 (imagem em R).

Tabela 1. Estrelas observadas em M41.

ID	Estrela	A.R. (hms)	Dec. (dms)	Filtro	Data	X=sec z
1	BD-20 1542	06 45 35.0	-20 43 14.5	UBVRI	20/12/2017	1,324
2	BD-20 1548	06 45 42.6	-20 41 35.4	UBVRI	20/12/2017	1,333
3	BD-20 1546	06 45 40.8	-20 41 37.0	UBVRI	20/12/2017	1,345
4	BD-20 1543	06 45 35.5	-20 40 51.4	UBVRI	20/12/2017	1,325
5	BD-20 1550	06 45 43.6	-20 38 44.9	UBVRI	20/12/2017	1,345
6	BD-20 1540	06 45 35.3	-20 37 15.1	UBVRI	20/12/2017	1,345

Coordenadas Equatoriais: A.R. Ascensão Reta, DEC. Declinação, T.E., Tipo Espectral, X, a massa de ar no instante da observação, para uma dada distância zenital (z).

Coefficientes de Extinção Atmosférica

Estrelas padrões espectrofotométricas observadas em diferentes massas de ar são empregadas para a determinação dos coeficientes de extinção atmosféricas. No entanto, para obtermos um ótimo resultado, tal procedimento necessita de um número considerável de observações durante a noite, em distintas massas de ar. Logo, dependendo das condições atmosféricas, isso pode representar um problema. No caso do sítio do Observatório Astronômico Antares, além do mesmo estar localizado no centro da cidade com uma alta concentração de luz artificial, o começo da noite apresenta geralmente nuvens próximas do horizonte, com uma concentração maior a partir da meia-noite. Essa é uma característica que atravessa boa parte dos meses do ano.

No caso da abertura fotométrica, a magnitude instrumental (m_{instr}), ou seja, as magnitudes medidas a partir das imagens, é definida pela equação:

$$m_{instr} = A - 2,5 \log_{10} \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^n C_i \right) - C_{céu}}{t} \right]$$

onde A é uma constante arbitrária adicionada as magnitudes instrumentais calculadas (u,b,v,r,i); C_i é a contagem do i ésimo pixel dentro da abertura; $C_{céu}$ é a contagem média em um pixel do fundo de céu; n é o número de pixels na abertura; t é o tempo de integração equivalente em cada filtro. Ou seja, as magnitudes instrumentais são calculadas a partir da soma dos pixels dentro da abertura com a média do fundo de céu subtraído.

A Tabela 3 reúne as estimativas dos coeficientes de extinção obtidos a partir das observações das estrelas do aglomerado M41 e das estrelas padrões.

Tabela 3. Coeficientes de Extinção (OAA: Observatório Astronômico Antares).

OAA	K_U	K_B	K_V	K_R	K_I
CDK20	0,531	0,353	0,280	0,158	0,139

No que concerne a fotometria das estrelas selecionadas no aglomerado M41, a Tabela 4 fornece a magnitude e os índices de cores, sendo estes definidos como a razão entre os fluxos em duas bandas diferentes; de forma equivalente, significa a diferença entre duas magnitudes do sistema fotométrico usado. Entre parênteses, alguns valores de referência empregados na literatura, Gaia DR2 (2018).

Tabela 4. Magnitudes CCD e Índices de Cores para as estrelas selecionadas na Figura 2.

ID	Estrela	V	U-B	B-V	V-R	R-I
1	BD-20 1542	8,72 (8,98)	-0,18	-0,06 (-0,07)	-0,03	-0,01
2	BD-20 1548	8,43 (8,51)	-0,21	-0,05 (-0,05)	-0,04	-0,01
3	BD-20 1546	7,75 (7,85)	-0,24	-0,08 (-0,11)	-0,04	-0,02
4	BD-20 1543	8,38 (8,36)	-0,28	-0,04 (-0,04)	-0,02	-0,03
5	BD-20 1550	9,34 (9,58)	-0,19	-0,04 (-0,06)	-0,05	-0,01
6	BD-20 1540	9,08 (9,14)	-0,24	-0,03 (-0,04)	-0,03	-0,02

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Uma excelente determinação dos coeficientes de extinção atmosférico implica em uma série de observações ao longo da noite, o que não é representativo para a nossa amostra de estrelas. Ainda, também é importante a distribuição ao longo do ano, pois é perceptível a variação sazonal na cidade de Feira de Santana. No entanto, o resultado apresentado revela uma primeira estimativa para os coeficientes no Observatório Astronômico Antares. Podemos notar um valor mais alto para o filtro U, o que pode estar associado a qualidade das noites e das imagens obtidas, uma vez que os filtros empregados apresentavam fungos devido a falta de estrutura de conservação.

REFERÊNCIAS

- Gaia Collaboration, Gaia DR2, “CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues”, 1345, 0 (2018)
P. Massey, L. E. Davies, “A User’s Guide to Stellar CCD Photometry with IRAF”, April (1992)