

Determinação de Idade e Metalicidade de Aglomerado Globulares

Mateus Guimarães
Instituto de Física - UFRGS

4 de maio de 2022

Resumo

O presente relatório busca encontrar as metalicidades e idade de dois aglomerados $R0$ e $R3$ a partir do método de *fitar* dados teóricos de isócronas com características bem definidas. Desenvolveu-se um método para calcular computacionalmente as distâncias entre os dados das isócronas e os dados dos aglomerados para que a decisão fosse baseada na distância dos dados no gráfico CMD. Concluiu-se que o aglomerado $R0$ tem idade de $5000 Myr$ e metalicidade $z = 0.008$, para $R3$ chegou-se nos valores de $5000 Myr$ e $z = 0.008$.

1 Introdução

Dados dos primórdios da Via Láctea, o estudo dos aglomerados se dá na intenção de entendermos as estruturas e características do início da formação da nossa galáxia. Para facilitar a caracterização dos aglomerados, usam-se as Isócronas, uma vez que estas replicam o diagrama cor-magnitude em função de características teóricas intrínsecas dos aglomerados, fazendo com que necessite-se apenas comparar os dados teóricos das isócronas com os observados do aglomerado para definirmos as características do aglomerado.

2 Embasamento Teórico

Partindo de:

$$d = 10^{\frac{V - A_V - M_V + 5}{5}} [pc] \quad (1)$$

$$M_V = V - A_V - 5 \log[d(pc)] + 5 \quad (2)$$

Tal que, d é a distância do objeto, M_V é a magnitude absoluta na banda V em função da magnitude aparente V , distância e avermelhamento A_V . Define-se como índice de cor a diferença $(B - V)$ entre as magnitudes aparentes B e V , sendo que, para as magnitudes absolutas, temos: $(B - V)_0$. Segue-se então:

$$M_B - M_V = (B - V)_0 = (B - V) - (A_B - A_V) \quad (3)$$

Como $(A_B - A_V) = E_{B-V}$ (excesso de cor), temos:

$$E_{B-V} = (B - V) - (B - V)_0 \quad (4)$$

Tal que, para relacionar o excesso de cor com o avermelhamento no visível, regularmente, usa-se a expressão:

$$A_V = 3.1 \times E_{B-V} \quad (5)$$

Os dados disponibilizados pelo professor consistiam em: 2 arquivos com as informações dos aglomerados globulares (serão chamados de $R0$ e $R3$) e 108 arquivos com modelos de isócronas. Cada arquivo de isócrona contém no nome as informações de metalicidade e idade, sendo que, os valores para a metalicidade são: 0.001, 0.008, 0.016 e 0.020; para a idade temos: 1000, 1250, 1500, 1750, ..., 4500, 4750, 5000, 5500, 6000, 6500, ..., 8500, 9000 e 9999 Milhões de anos. Como os dados das isócronas representam a magnitude absoluta e o índice de cor intrínseco, precisamos calcular uma constante para cada eixo (D para o eixo da cor e C para a magnitude) do Diagrama de Cor-Magnitude (CMD) para que os dados estejam sobrepostos. Aplicando este fato na expressão (4) e (1) temos:

$$E_{B-V} = D \quad (6)$$

$$C = V - M_v = A_V + 5 \log[d(pc)] - 5 \quad (7)$$

$$d = 10^{\frac{C - 3.1D + 5}{5}} \quad (8)$$

3 Metodologia

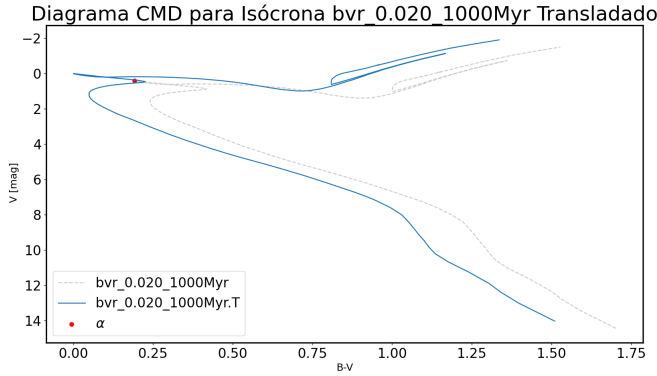


Figura 1: CMD para translação dos dados da isócrona e ponto α .

Calculando este *shift* para os dados do aglomerado em função do ponto mínimo ($\alpha : V, (B-V)$) dado pelo ponto de menor valor de $B-V$ e seu valor em V . Ajustando os dados com o programa disponível em [1] para que os dados ficassem sobrepostos e então pudesse medir corretamente a relação entre os dados do aglomerado e da isócrona. Para calcularmos computacionalmente qual seria a melhor isócrona para *fitar* os dados dos aglomerados, decidiu-se por utilizar do seguinte método apelidado pelo autor de **Método das Zonas**

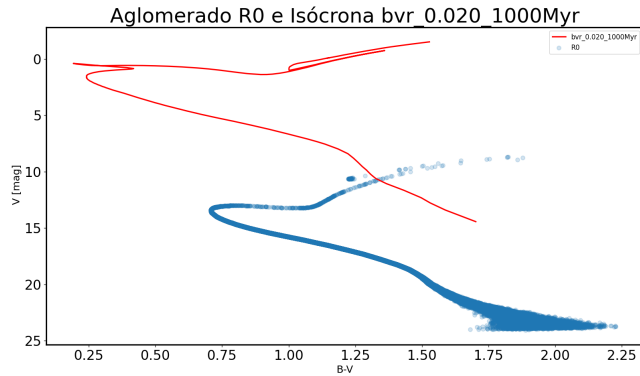


Figura 2: CMD para isócrona e aglomerado.

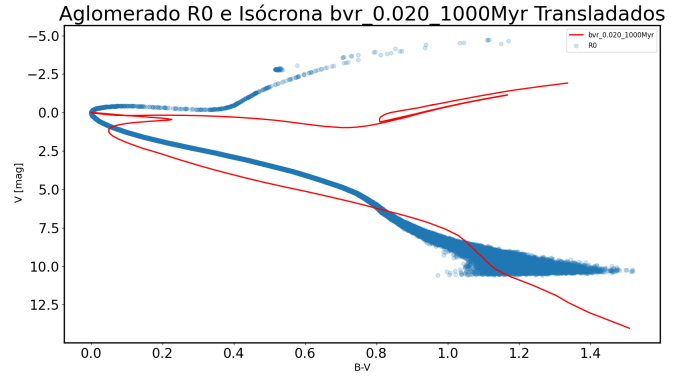


Figura 3: CMD para isócrona e aglomerado com os dados transladados.

3.1 Método das Zonas

Mesmo podendo considerar o *shift* dos dados do aglomerado para que ficasse sobreposto com os dados das isócronas, optou-se por centralizar o mínimo de ambas as fontes (isócronas e aglomerado) no ponto (0,0) do plano $V \times (B-V)$ (Gráfico CMD) tal como apresentado na figura (3). Com os dados sobrepostos, definiu-se uma tolerância no eixo X de 1% e de 5% no eixo Y tal que, calculou-se zonas para as quais os dados do aglomerado estavam na região com ΔX e ΔY em relação ao ponto da isócrona.

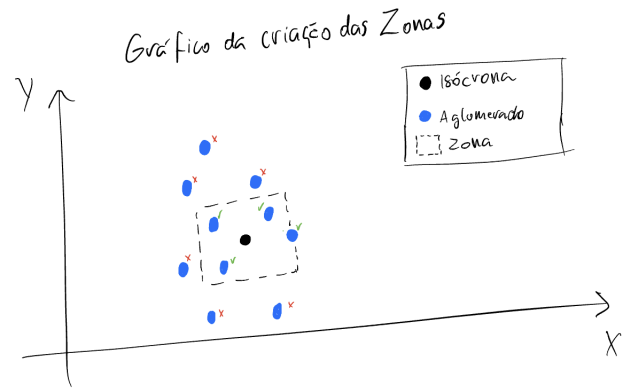


Figura 4: Esquematização da criação das zonas para cada ponto da isócrona.

Depois de definir as zonas, calculou-se por Pitágoras a distância de cada ponto da zona ao ponto da isócrona e fez-se a média, definindo então uma distância média da zona que posteriormente seria usada para calcular a distância média de todas as zonas que continham pelo menos um dado do aglomerado.

Com o algoritmo desenvolvido, conseguiu-se calcular uma distância média para as zonas e também a quantidade de zonas, visto que, uma isócrona poderia ter distância média por zona de 0 já que não teria nenhuma zona contendo pelo menos um dado do aglomerado. Considerou-se

como melhor *fit* então a isócrona que maximizasse o número de zonas e, em caso de empate, consideraria-se a distância média das zonas associadas as isócronas.

4 Resultados

Calculando as melhores isócronas para $R0$ e $R3$ encontrou-se:

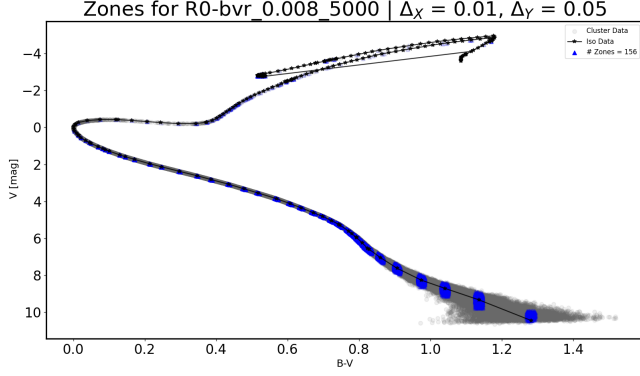


Figura 5: CMD para a melhor isócrona de $R0$.

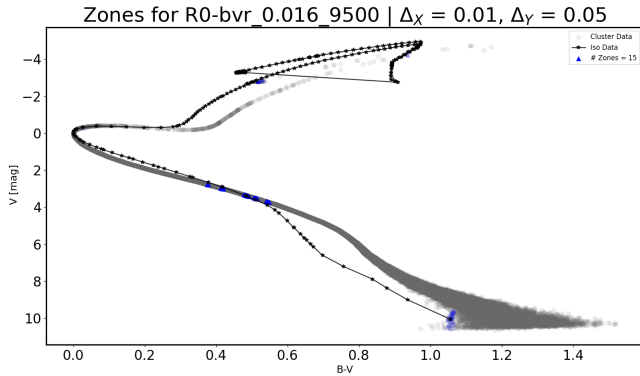


Figura 6: Exemplo de CMD para um fit não ótimo de $R0$.

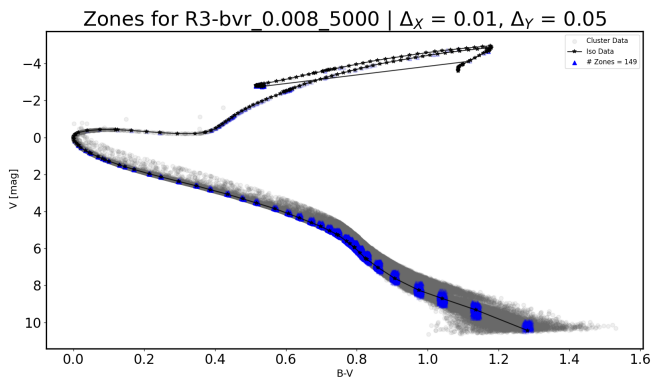


Figura 7: CMD para a melhor isócrona de $R3$.

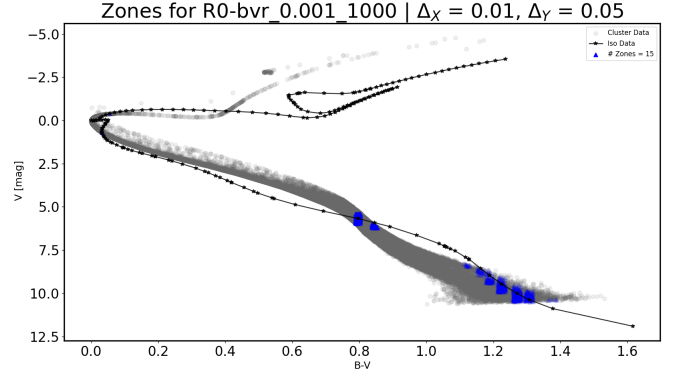


Figura 8: Exemplo de CMD para um fit não ótimo de $R3$.

A tabela de resultados para cada aglomerado está disponível em [1]. Depois de calculadas as melhores isócronas para cada aglomerado, calculou-se as seguintes constantes:

$$C_{R0} = 10,2189$$

$$D_{R0} = 0,1894$$

$$C_{R3} = 10,1772$$

$$D_{R3} = 0,1669$$

Utilizando as equações (5), (6) e (8), juntamente com as informações que o *fit* das isócronas chegou-se nos seguintes resultados:

	R0	R3
Metalicidade	0.008	0.008
Idade [Gyrs]	5.0	5.0
Excesso de cor	0.19	0.17
Avemelhamento na banda V	0.589	0.517
Distância [pc]	851.92	860.59

Tabela 1: Propriedades dos aglomerados obtidos com a análise dos dados observacionais.

5 Conclusão

Com o algoritmo desenvolvido, a caracterização dos aglomerado tornou-se mais robusta que uma conferência "no olho", porém, para as medidas de avermelhamento, distância e excesso de cor, não conseguiu-se elaborar uma maneira de gerar uma distribuição de dados para estes observáveis, fazendo com que não fosse possível ter um intervalo de confiança para os dados, apenas valores fixos associados ao melhor *fit* encontrado pelo algoritmo.

6 Referências

[1] Código em python usado disponível em : <https://github.com/mgteus/Astrophysics/tree/main/topics/R2>