

ESCOLA DE INVERNO DO OBSERVATÓRIO NACIONAL

AGLOMERADOS ESTELARES

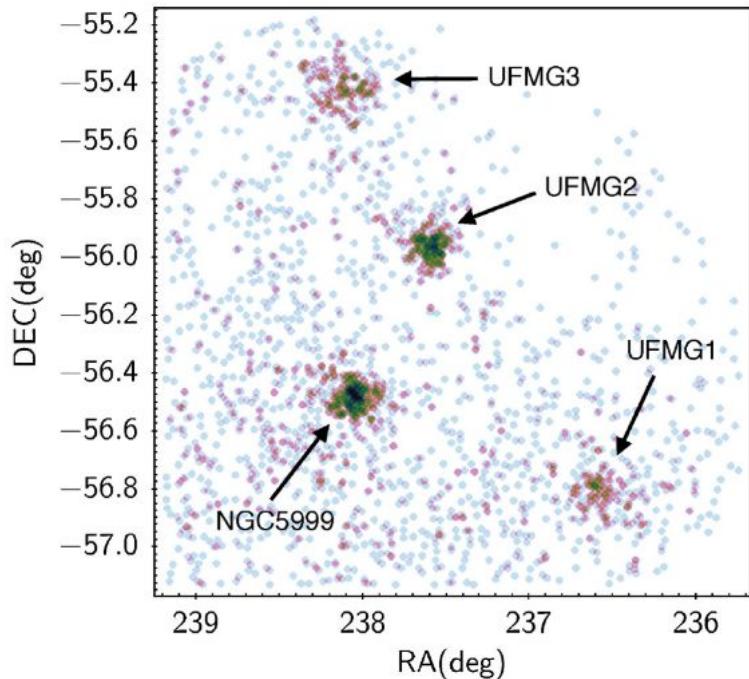
Simone Daflon



Observatório
Nacional

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

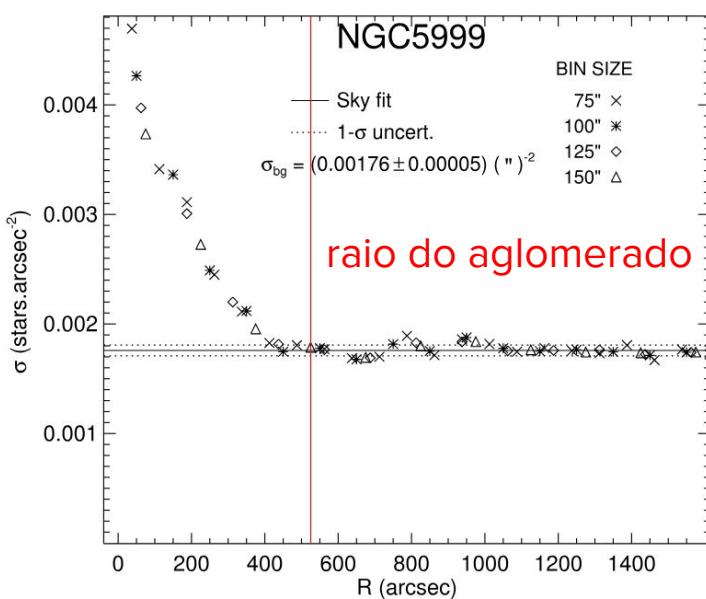




Perfil de densidade radial

perfil de densidade radial mostra a densidade de estrelas (número de estrelas por unidade de volume ou área, dependendo da análise) em função da distância ao centro do aglomerado.

$$\frac{\text{número de estrelas em anéis concêntricos}}{\text{área de cada anel}}$$



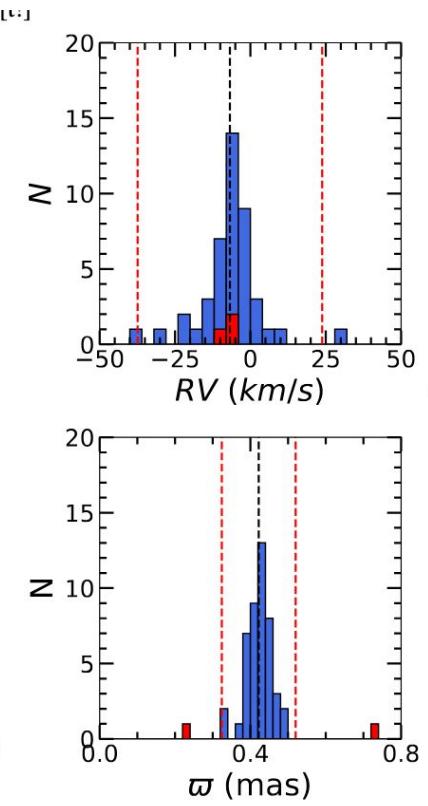
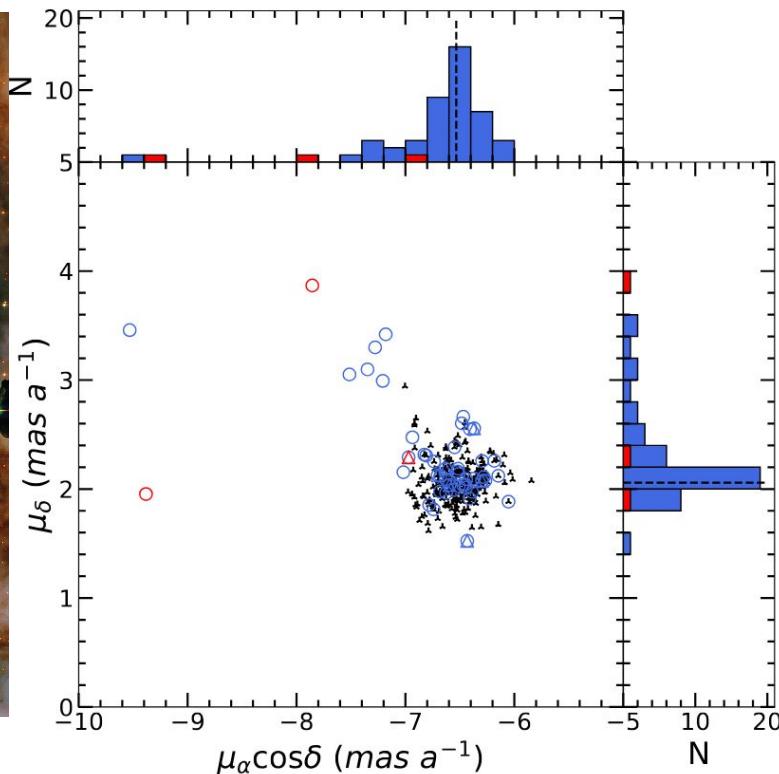
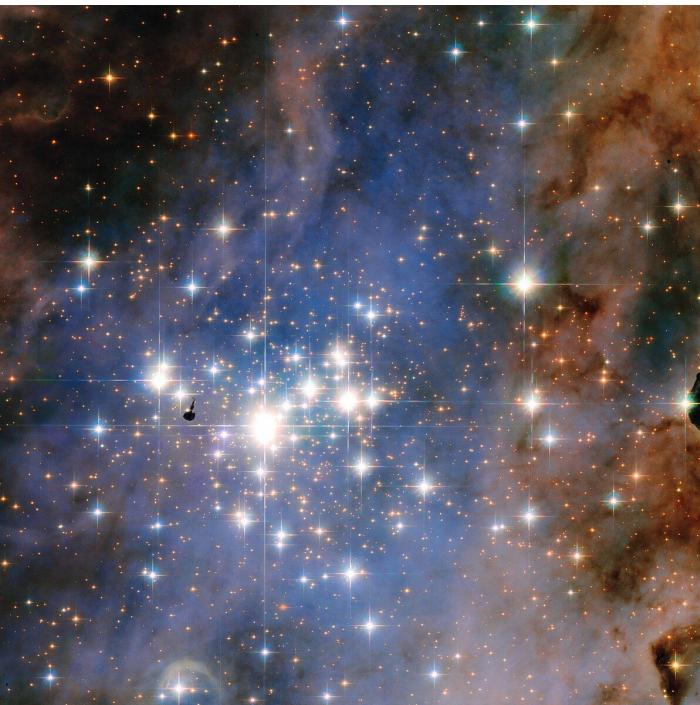
Importante para a definição do Raio do núcleo de um aglomerado

densidade média de estrelas no background

(Ferreira et al 2019)

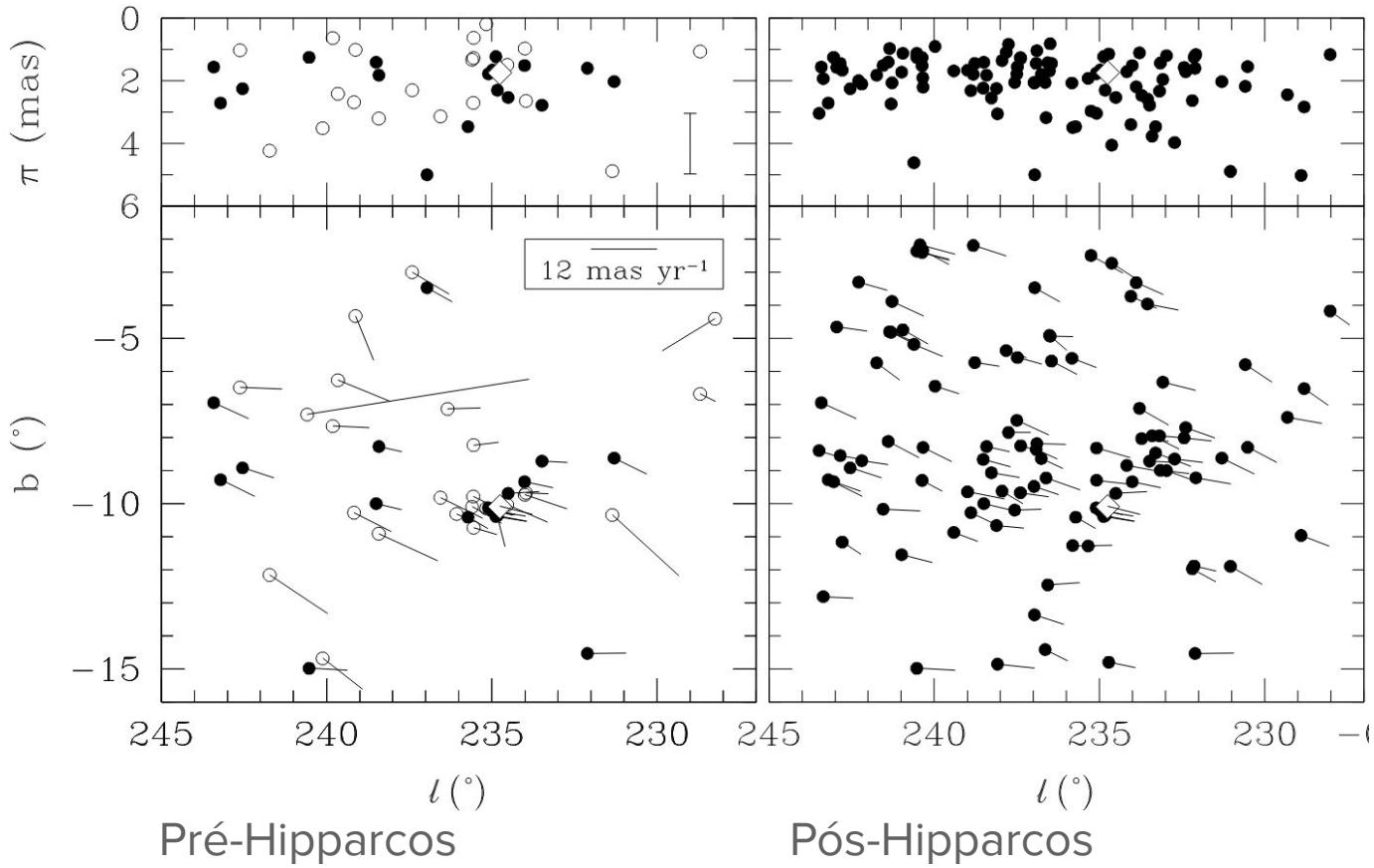
Análise de adesão de membros (*membership*): identificação das estrelas que pertencem a um aglomerado

Análise de propriedades cinemáticas (movimento próprio, velocidade radial) e distância (paralaxe)



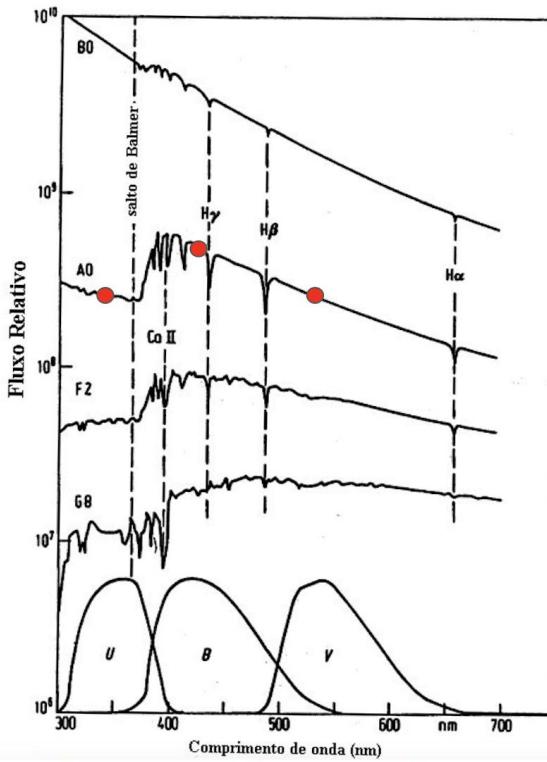
Trumpler 14 (Santos et al 2025)

Análise de associações ou *moving groups*



Método do ponto convergente: O movimento comum de estrelas em um *moving group* resulta na convergência dos seus movimentos próprios em um ponto no céu.

Collinder 121
(Zeeuw et al 1999)

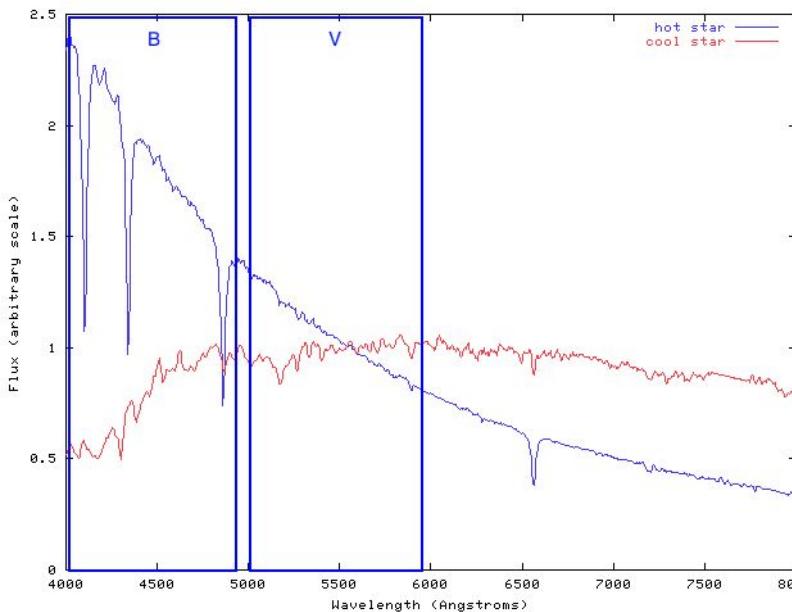


Fotometria

Medidas da luz proveniente de um objeto → medidas do fluxo em determinadas porções do contínuo estelar definidas por filtros fotométricos

Existem vários sistemas fotométricos; o mais comum é o Sistema Johnson ou UBV

Filtro	$\Delta\lambda$ (Å)	λ_0 (Å)
U	~700	3640
B	~900	4420
V	~900	5400



índice de cor

- Estrela quente: mais brilhante em B (magnitude menor, mais negativa) do que em V (magnitude maior) → B-V será negativo
- Estrela fria: mais fraca em B (magnitude maior) do que em V (magnitude menor) → B-V será positivo

Diagrama Cor x magnitude (CMD)

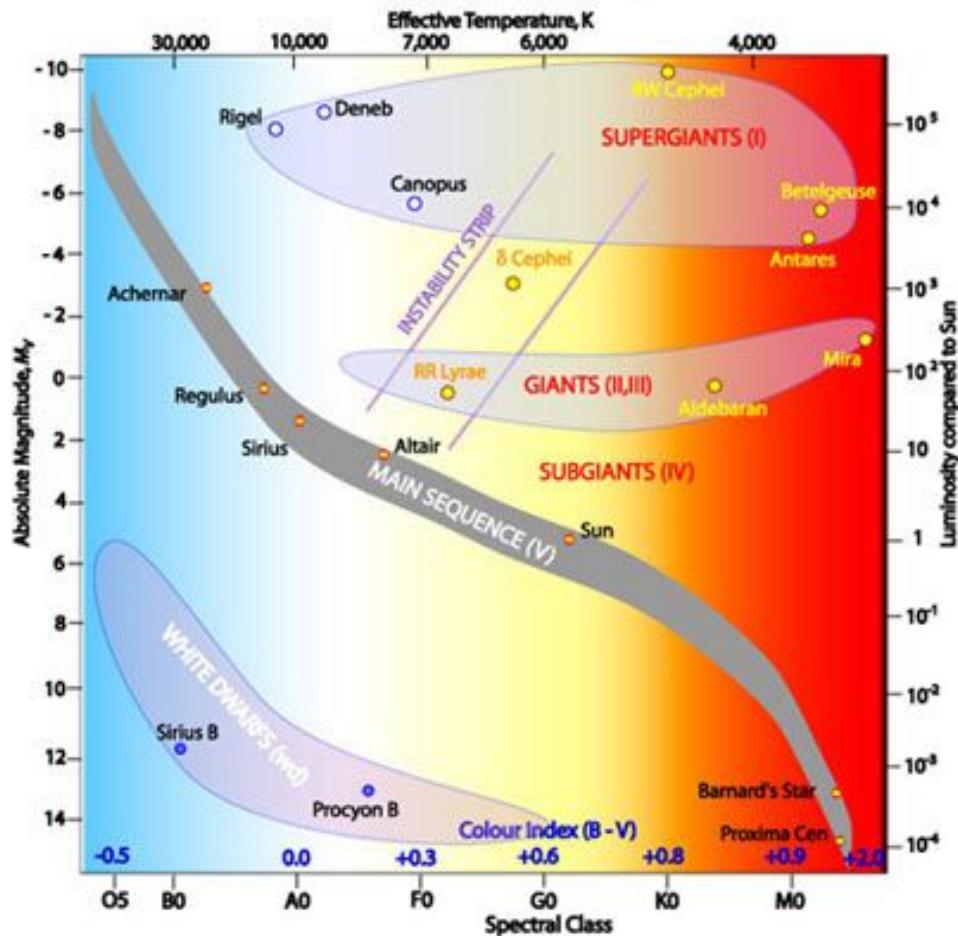
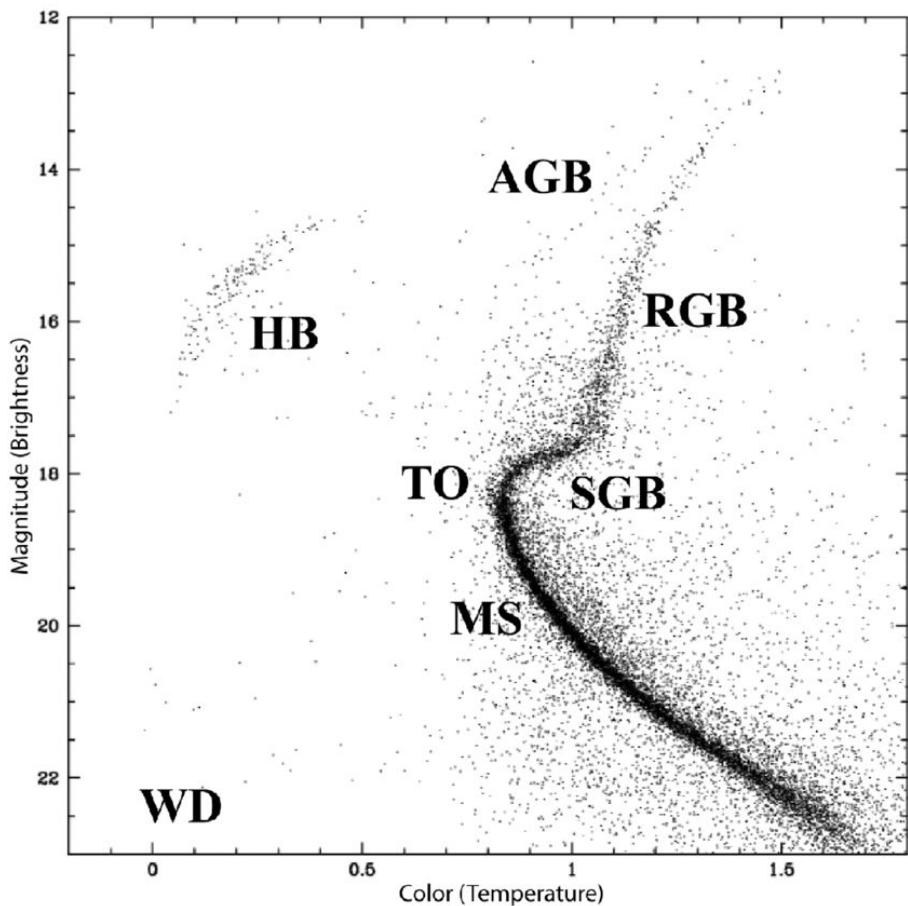
- Eixo x: cor, indicadora de temperatura
- Eixo y: magnitude absoluta, indicadora de luminosidade ou $\log g$

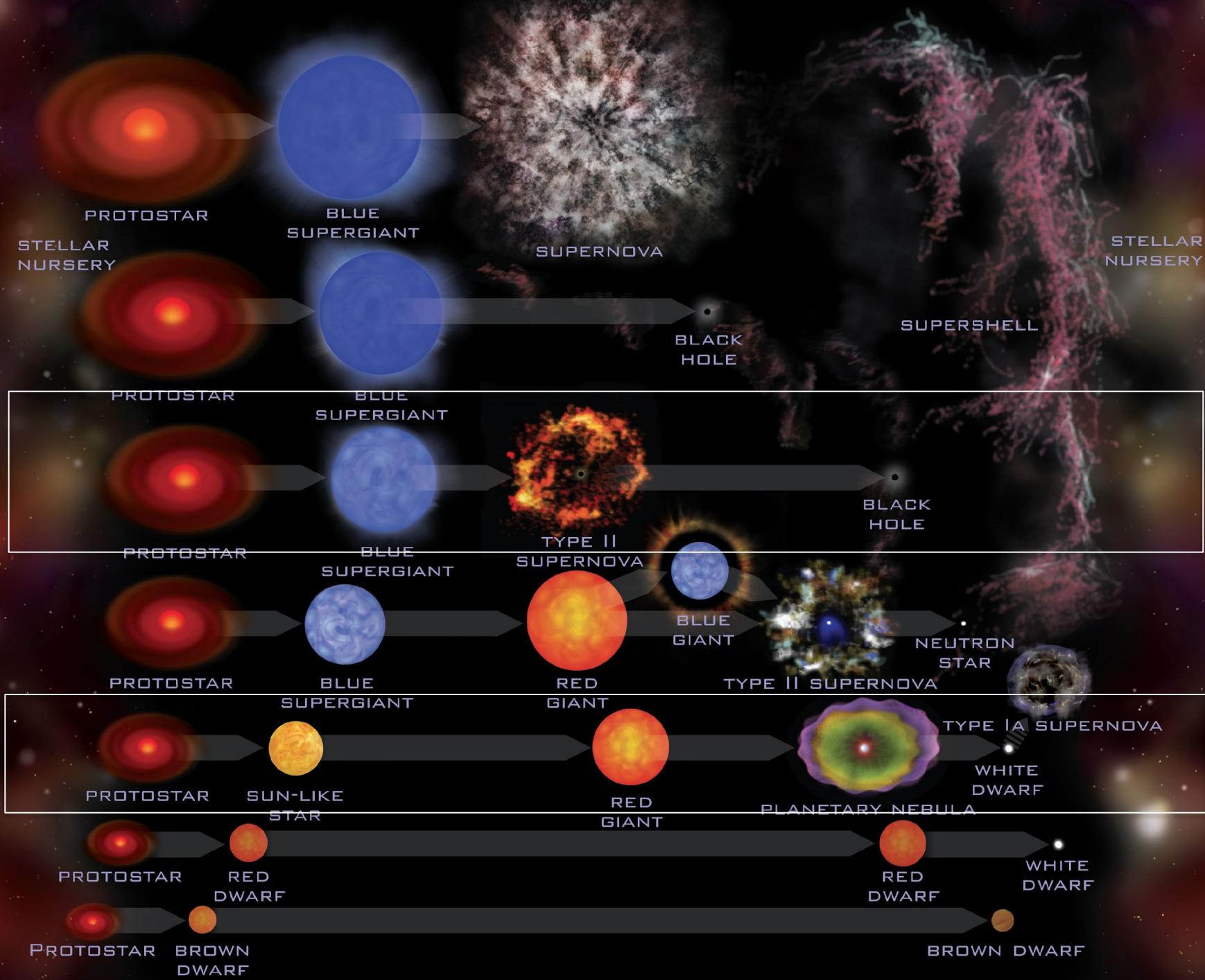
Dados fotométricos observados

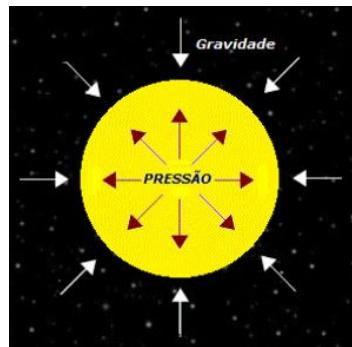
Diagrama Hertzprung-Russel (HR)

- Eixo x: Tipo espectral ou temperatura efetiva
- Eixo y: Luminosidade ou Magnitude absoluta ou $\log g$

Estrelas agrupadas em nichos de acordo com suas características presentes







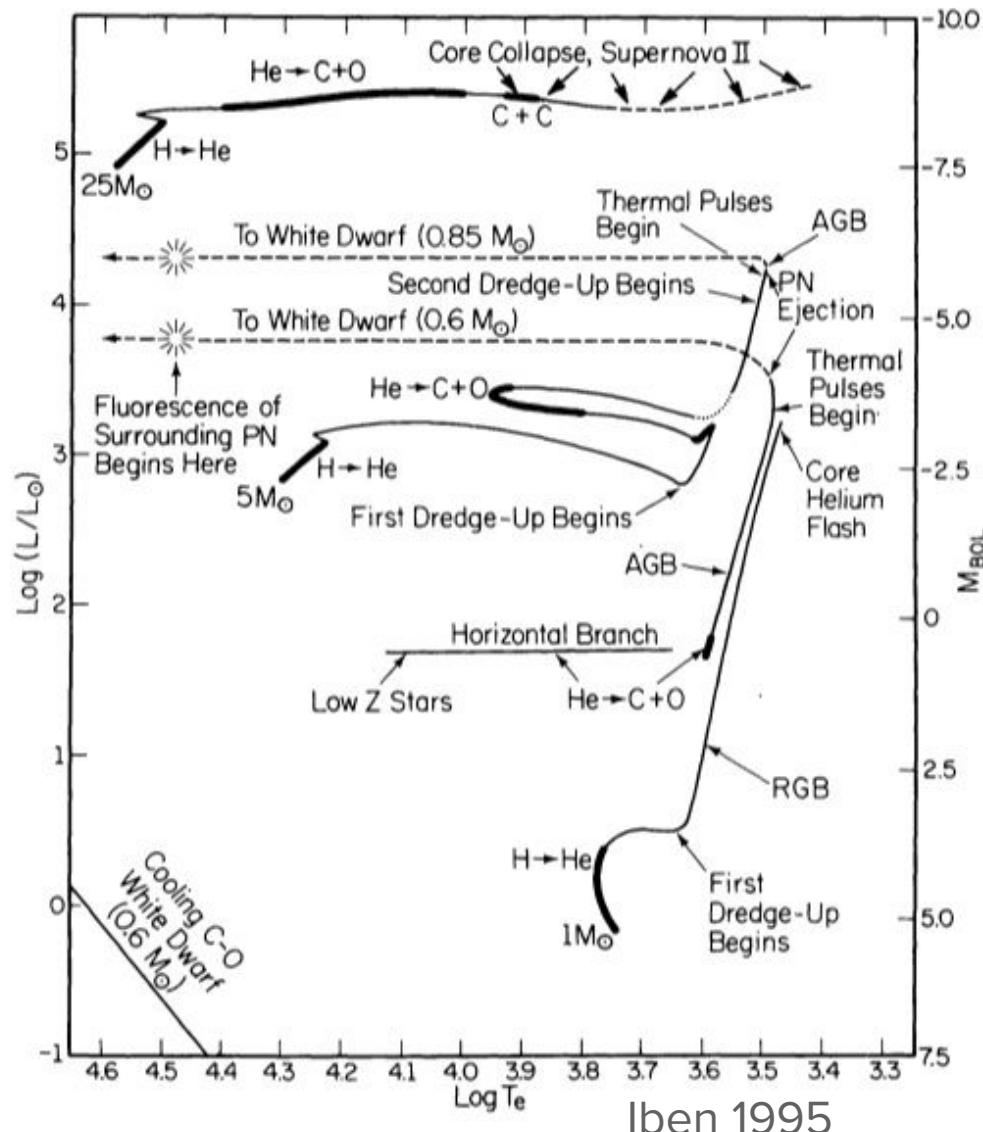
Duração de cada fase = $\frac{\text{quantidade de combustível}}{\text{taxa de queima}}$

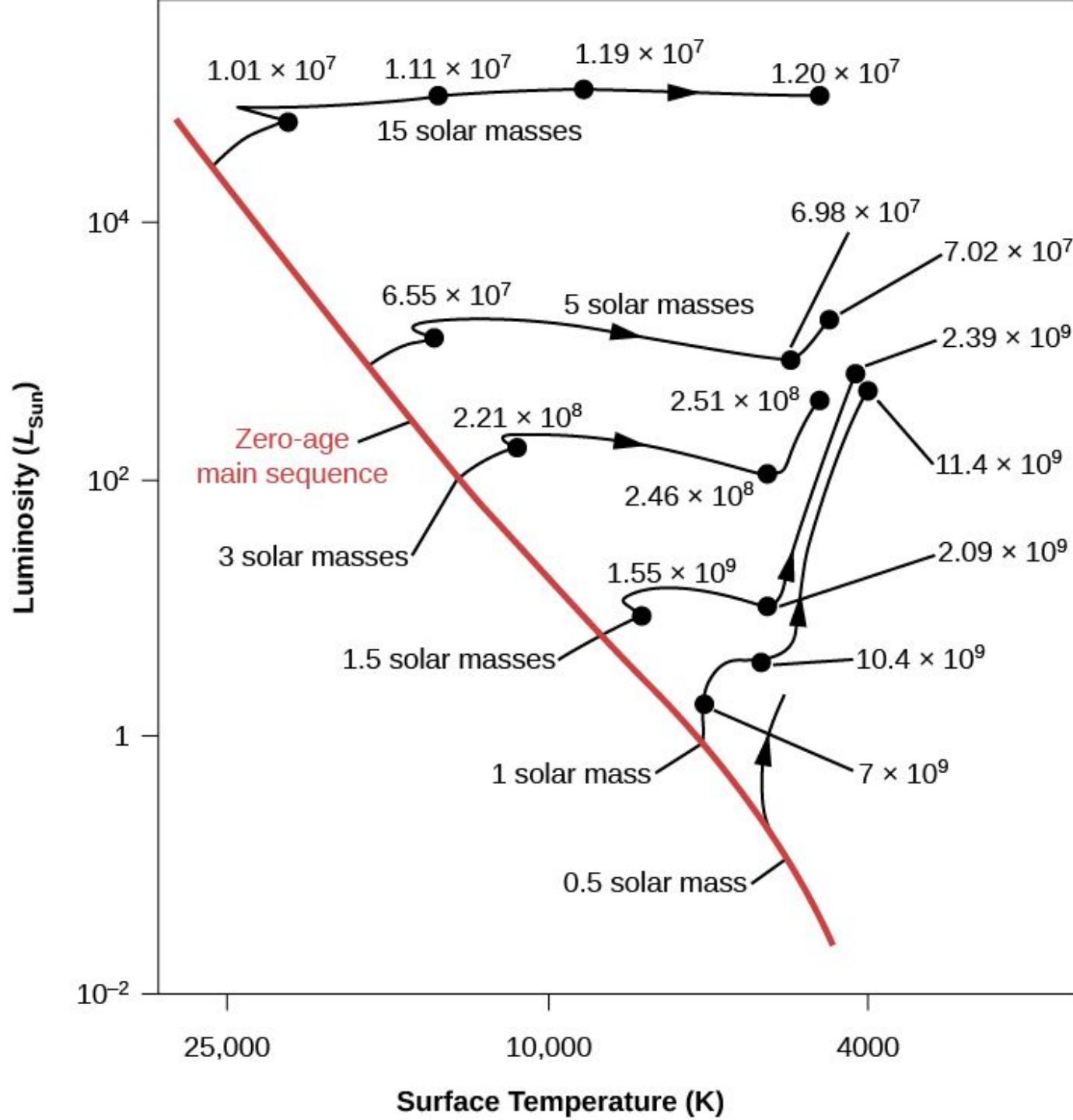
Evolução estelar depende principalmente da massa inicial, mas também depende da metalicidade

Trajetórias evolutivas descrevem a evolução temporal de estrelas individuais

Variação de parâmetros estelares (temperatura, pressão, raio) em função do tempo t

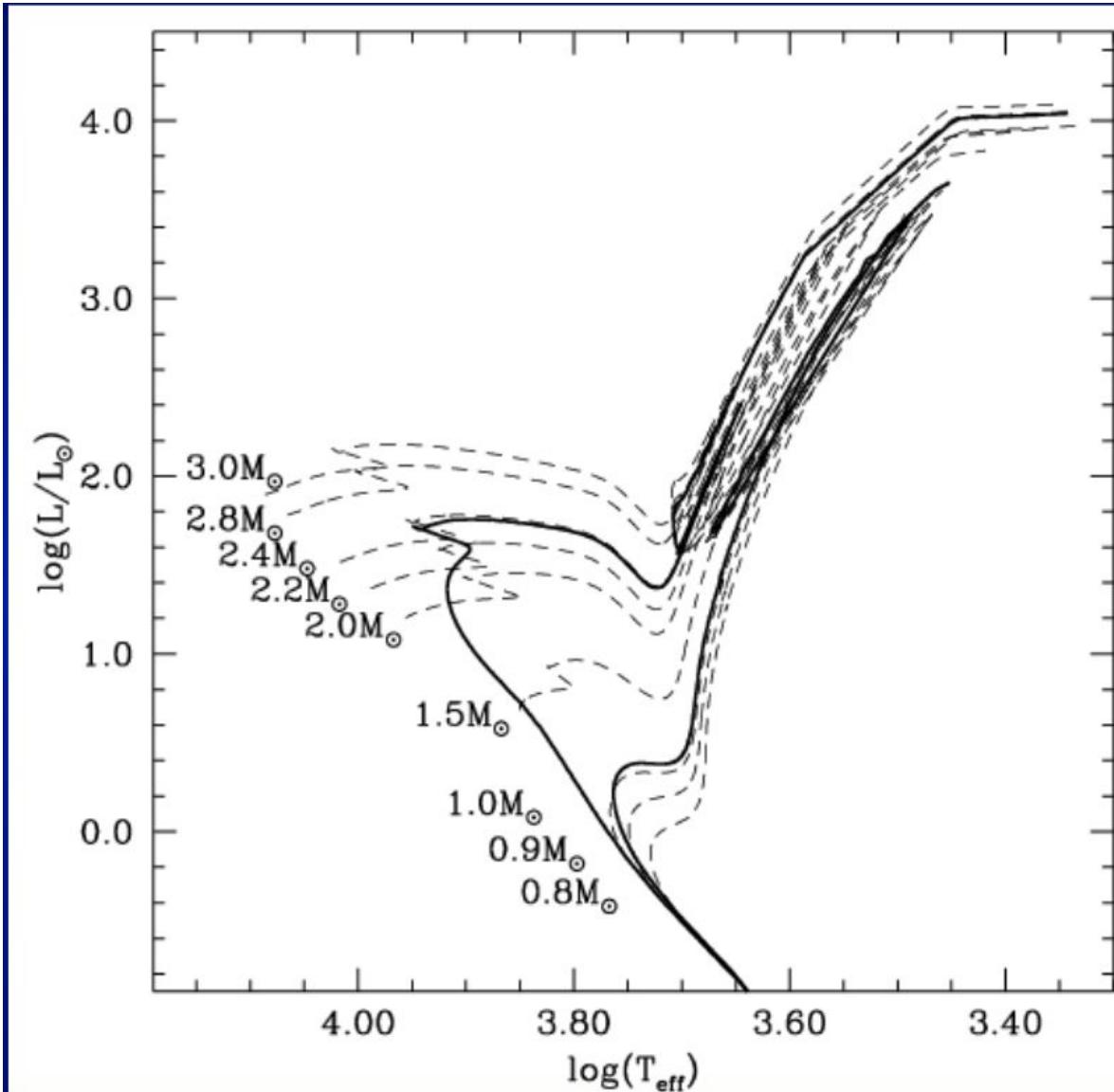
idade é **diferente** de estágio evolutivo

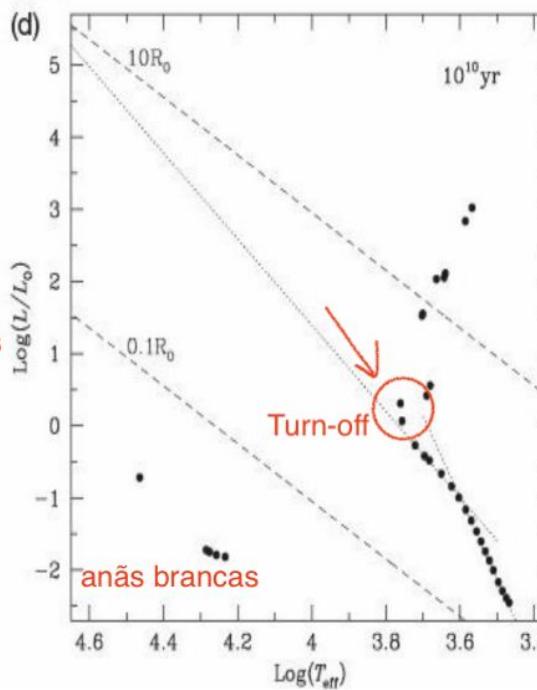
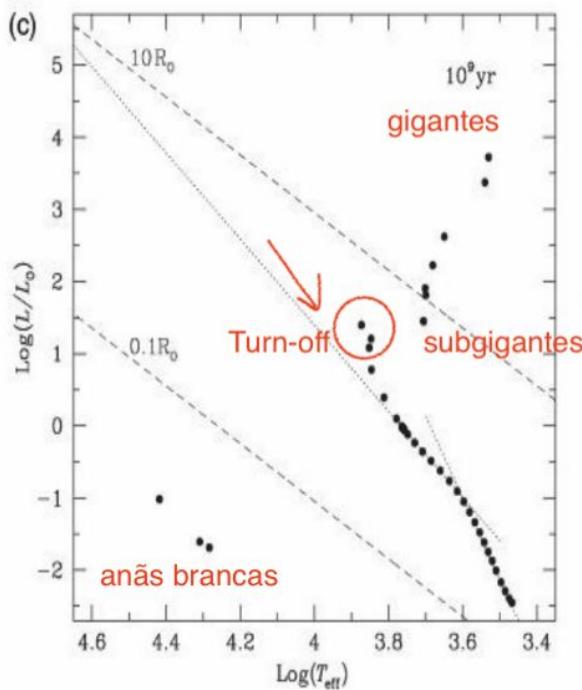
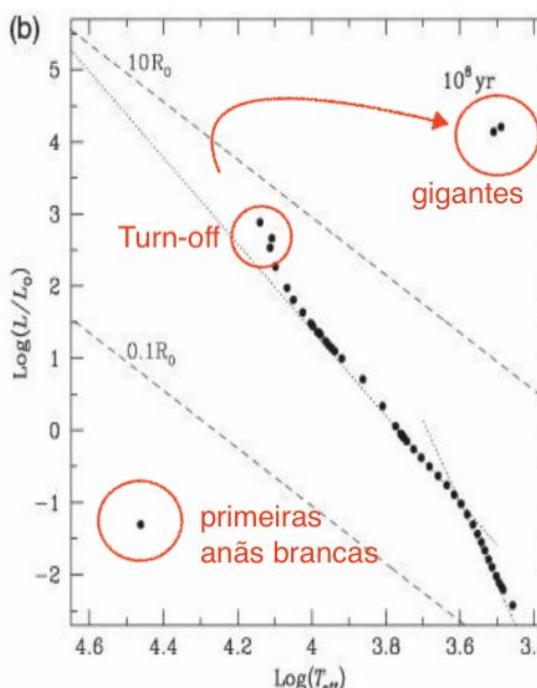
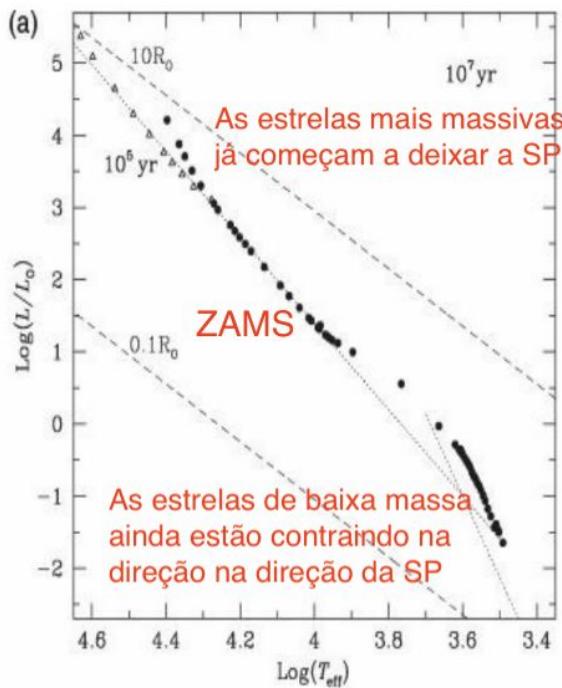




ISÓCRONAS

- considere um conjunto de trajetórias evolutivas calculadas para a mesma composição química e para diferentes massas estelares
- diferentes pontos ao longo de uma trajetória individual correspondem a diferentes instantes t
- uma isócrona de idade t' é uma curva que conecta os diferentes pontos t de diferentes trajetórias (um ponto por trajetória)
- quando nos movemos ao longo da isócrona, o tempo é constante

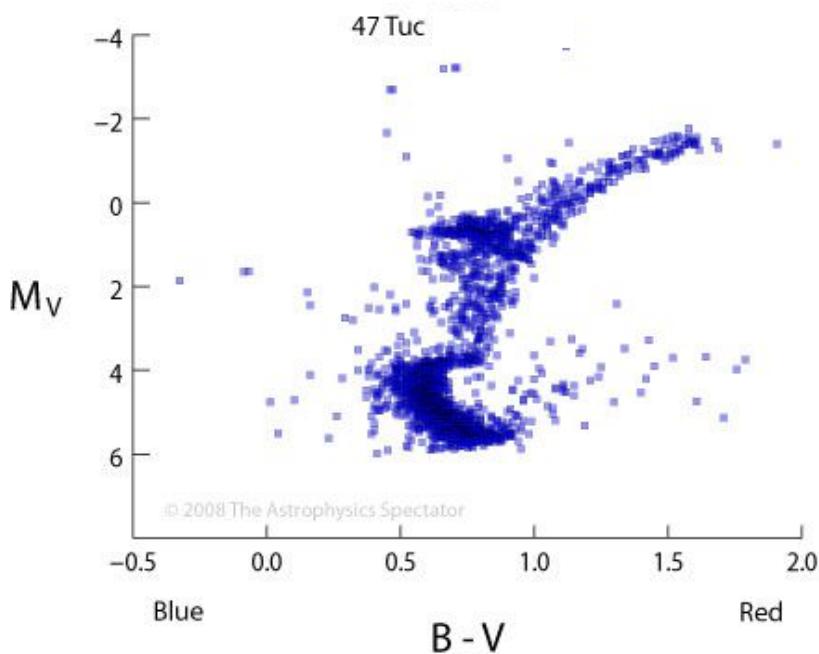
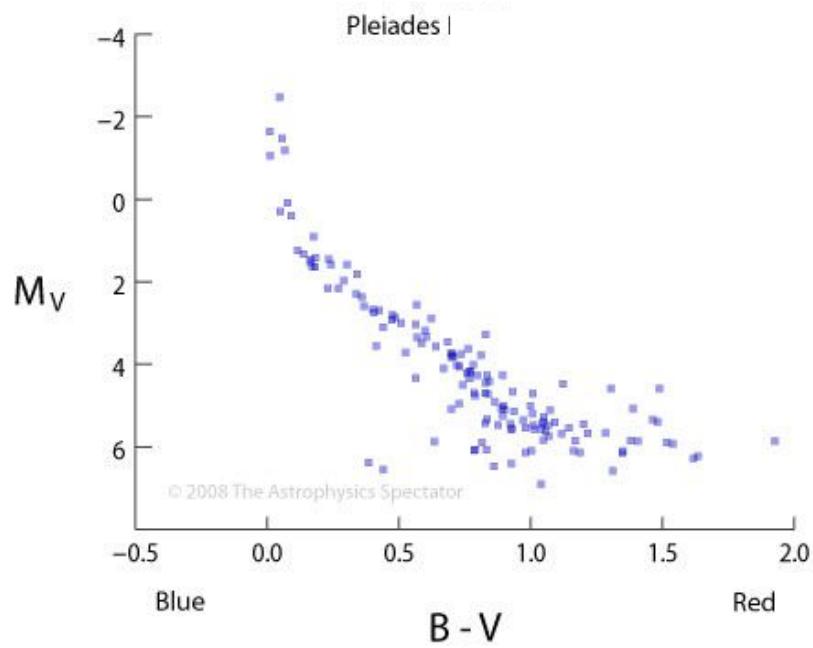


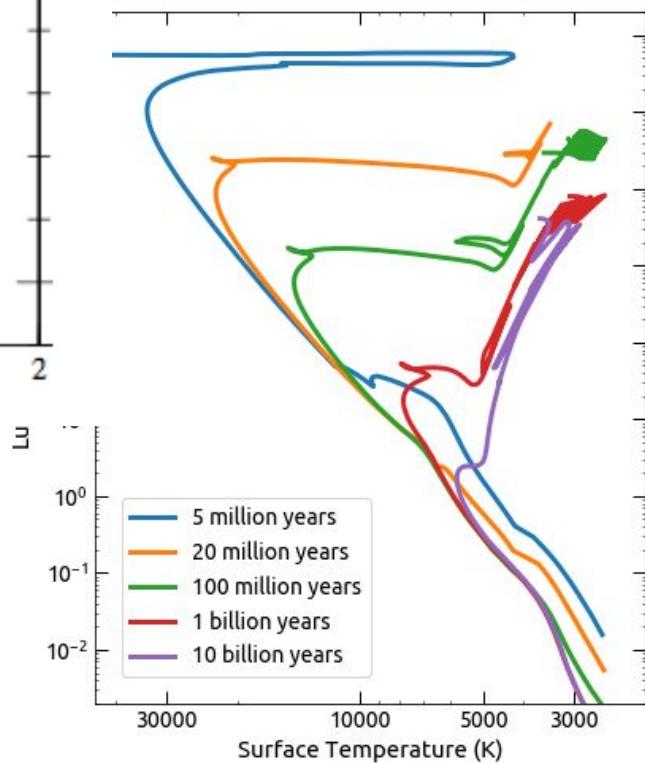
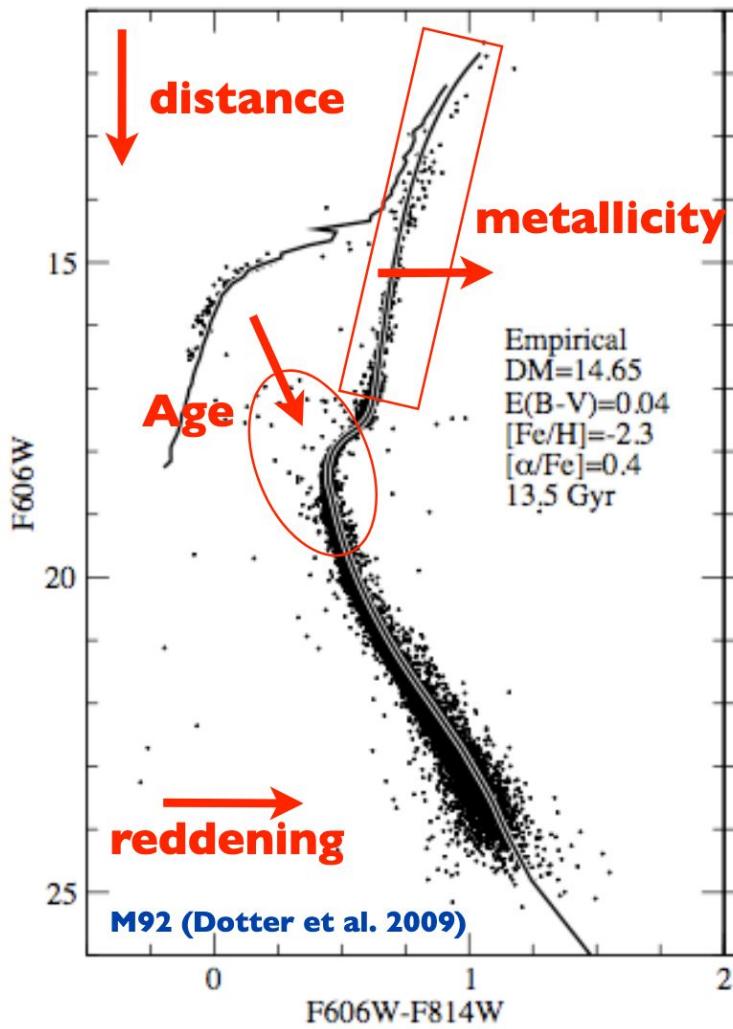
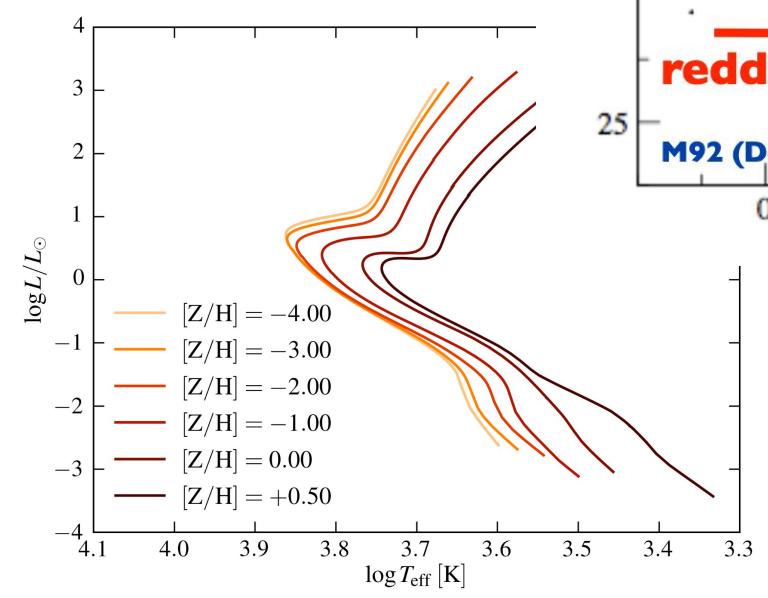


CMD de aglomerados

- Estrelas são formadas a partir da contração de fragmentos de nuvens até que atingem a Sequência Principal (SP)
- O tempo de vida de uma estrela na SP depende principalmente da massa da estrela no início da SP
 - estrelas mais massivas evoluem mais rapidamente
- O ponto que marca a saída das estrelas mais massivas da SP (*turn-off point*) é um indicador da idade do aglomerado

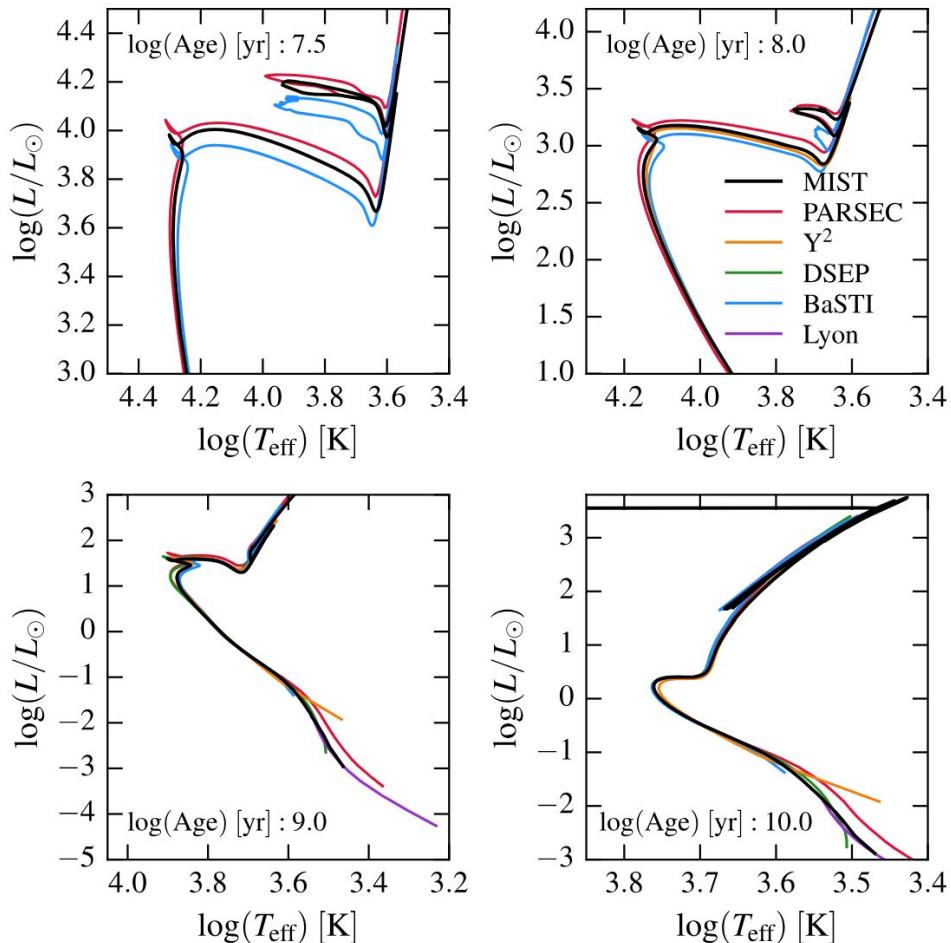
(Prialnik 2010)





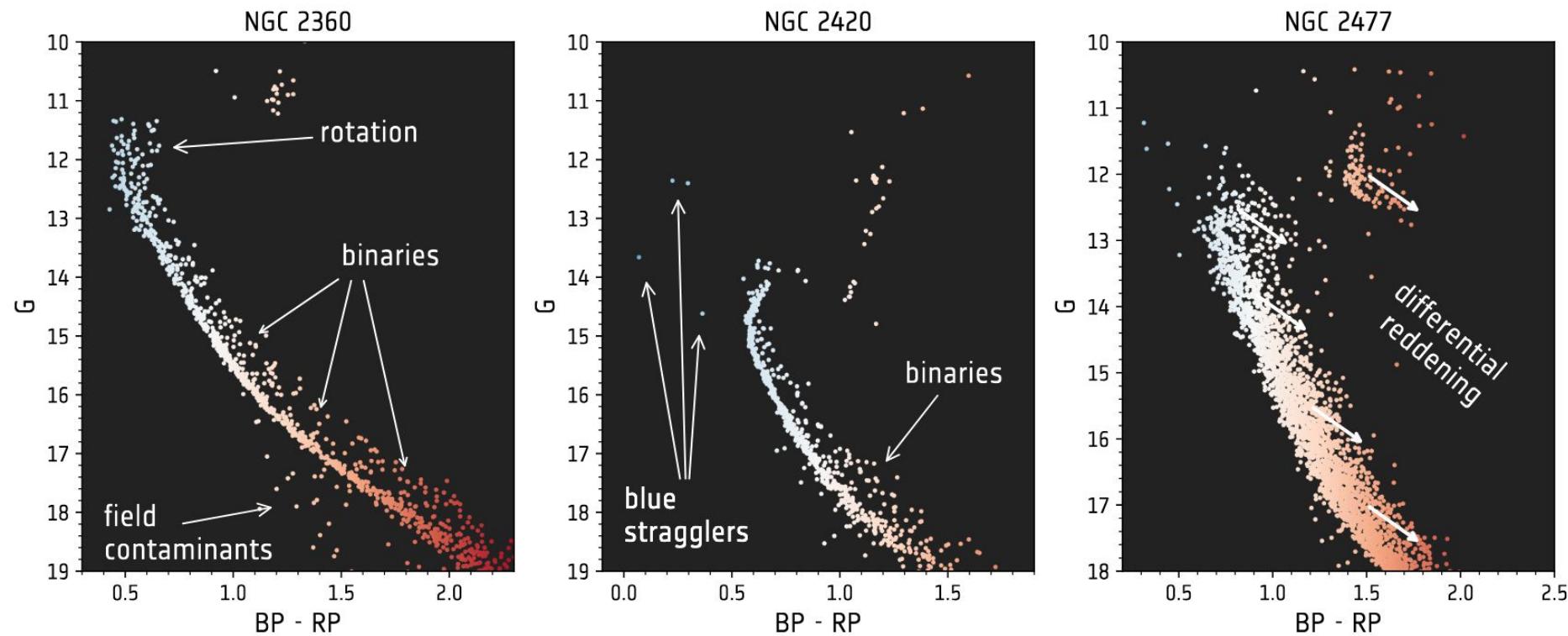
Modelos de isócronas

- PARSEC (PAdova and TRieste Stellar Evolution Code)
 - Grid de trajetórias evolutivas e isócronas cobrindo intervalos de massas (0.1 a 350 M \odot), idades (log(t) entre 6.6 e 10.13) e metalicidades (-2.0 a +0.3)
 - diferentes opções de rotação, extinção
 - isócronas disponíveis para diferentes sistemas fotométricos
- MIST (MESA Isochrones & Stellar Tracks)
 - Trajetórias evolutivas calculadas com código Modules for Experiments in Stellar Astrophysics (MESA)
 - Grids de modelos de evolução de estrelas isoladas cobrindo todas as fases evolutivas, com espaço de parâmetros cobrindo intervalos de massas (0.1 a 300 M \odot), idades (log(t) entre 5 e 10.3) e metalicidades (-4.0 a +0.5)
 - isócronas disponíveis para diferentes sistemas fotométricos
- E outros...



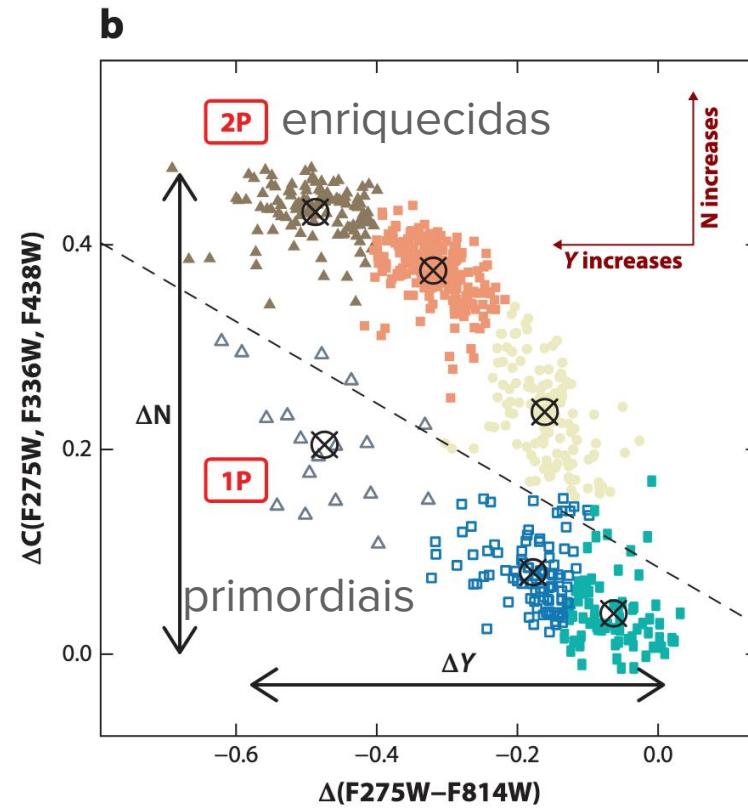
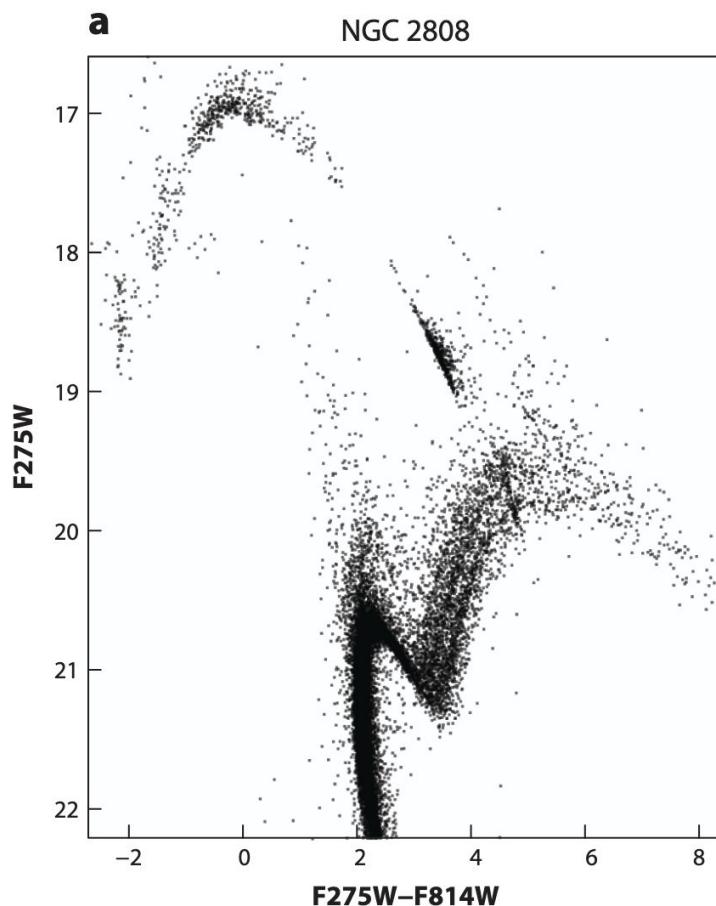
Usando o CMD além dos nichos principais:

- identificação de membros
- blue stragglers, yellow stragglers
- efeitos de rotação, binaridade e avermelhamento: splits na SP, alargamento da SP



Pseudo-CMD ou "Chromosome map"

- Ferramenta bastante útil para separar distintas populações estelares em aglomerados globulares (múltiplas populações)
- sensibilidade para diferentes filtros a variações nas abundâncias de diferentes elementos (ex.: He, C, N, O)
- F275W, F336W e F438W da câmera WFC3/UVIS do HST; F606W e F814W da câmera WFC/ACS do HST



(Bastian & Lardo 2018)