

ESCOLA DE INVERNO DO
OBSERVATÓRIO NACIONAL

AGLOMERADOS ESTELARES

Simone Daflon

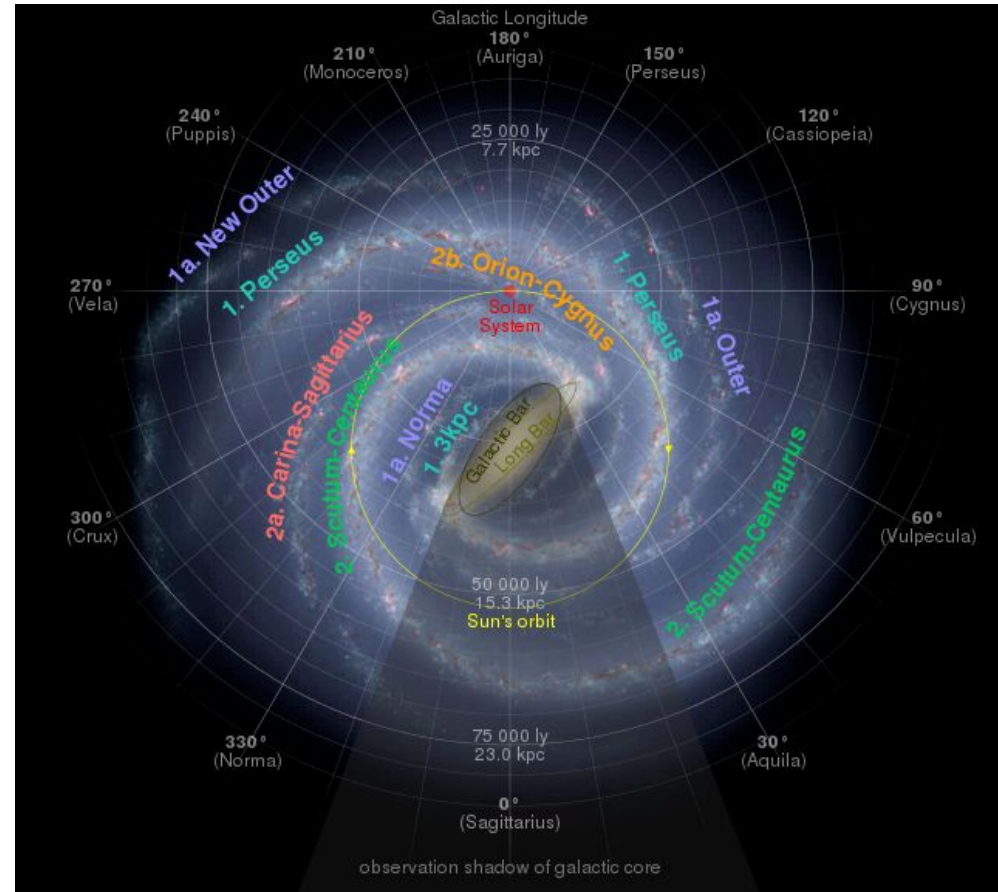
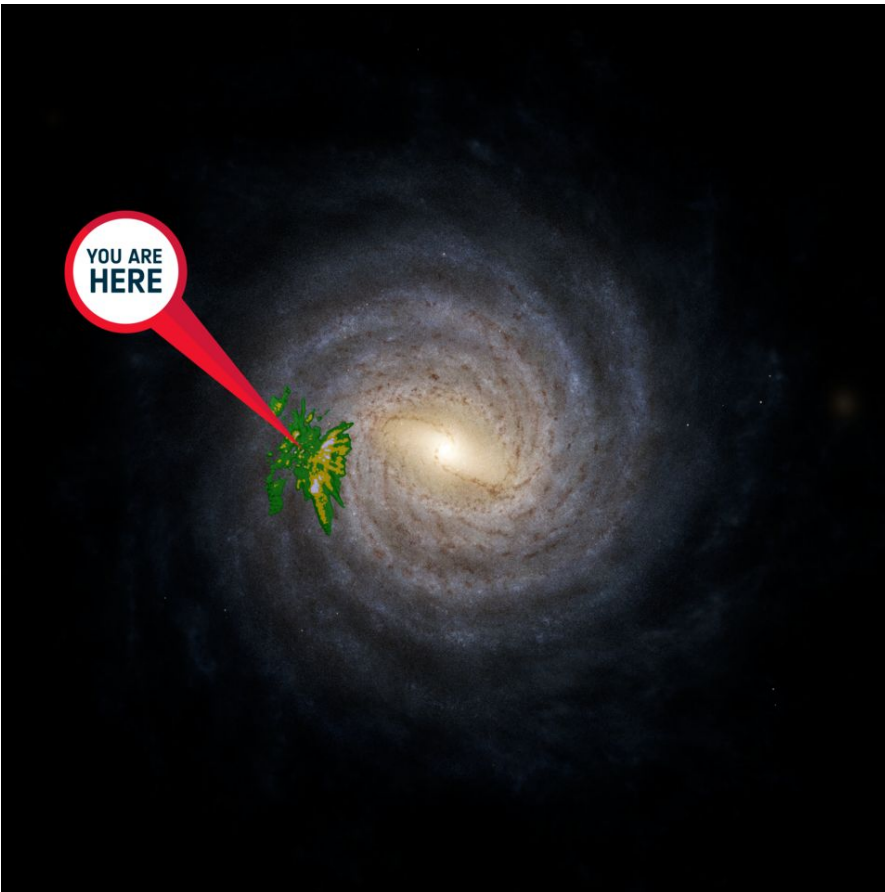


Observatório
Nacional

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Tudo o que observamos “de dentro” da Galáxia é apenas uma pequena parte dela!



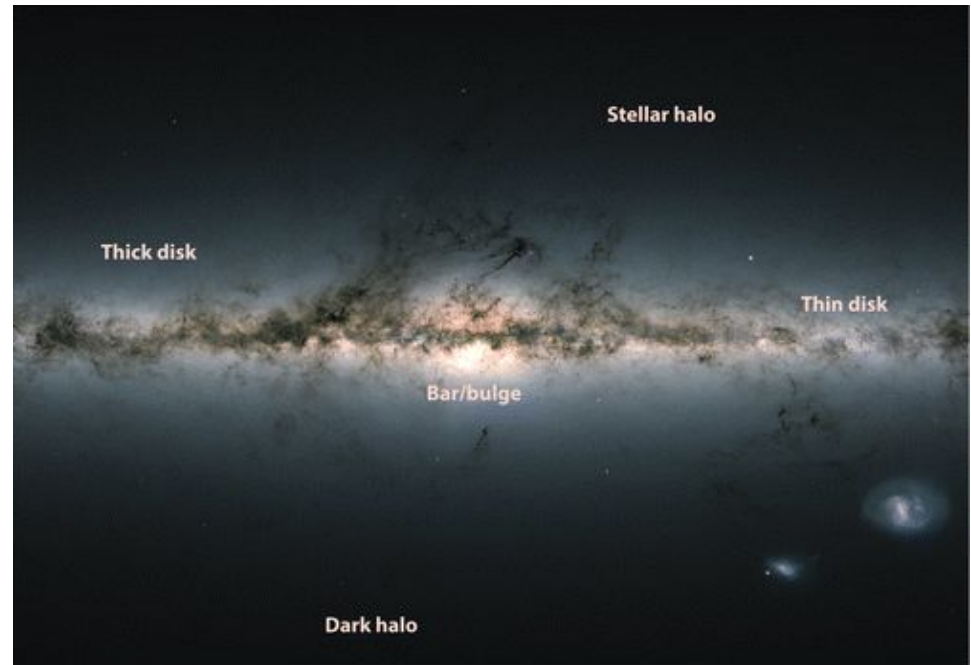
A Via Láctea

MATÉRIA
BARIÔNICA!!

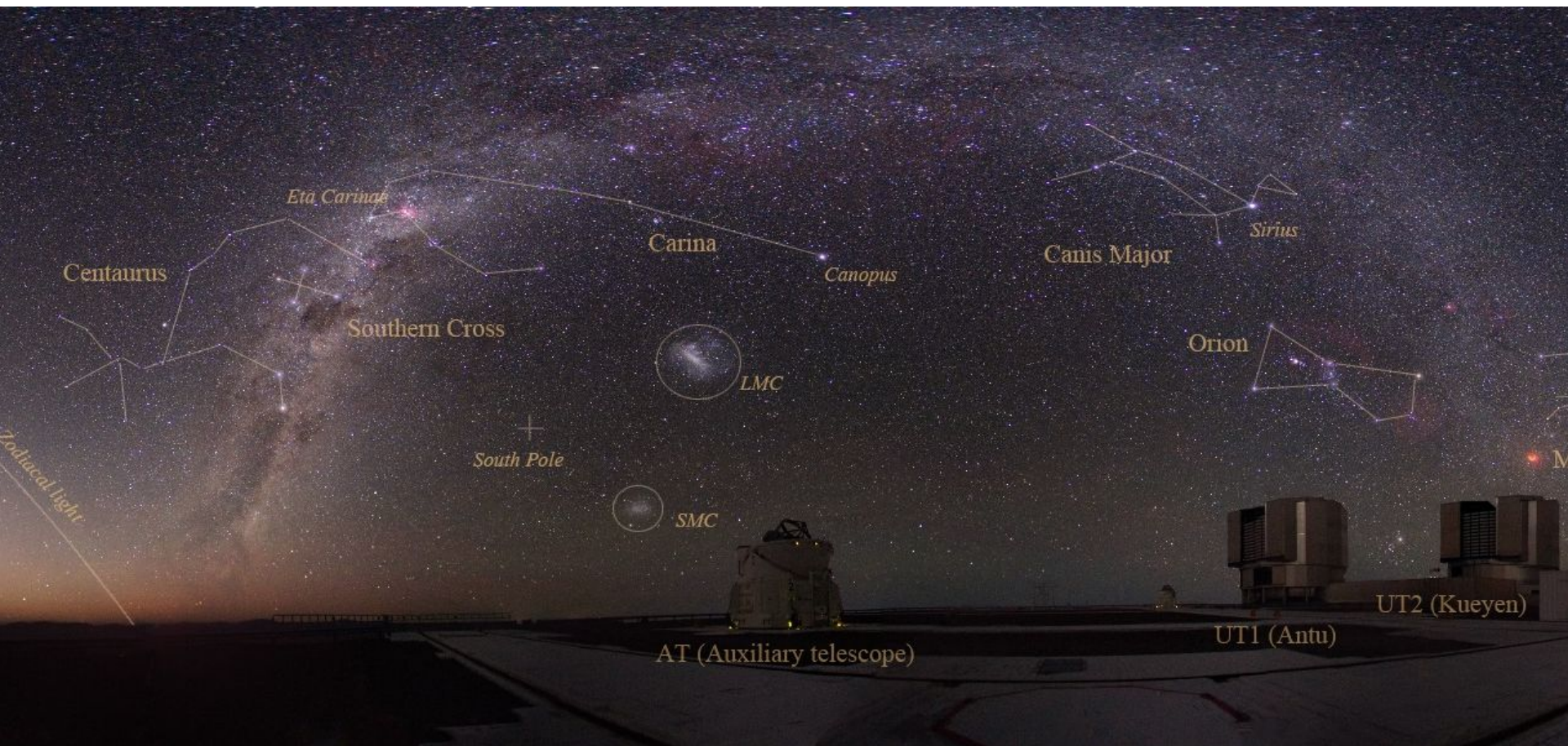
Galáxias = Estrelas + Gás + Poeira

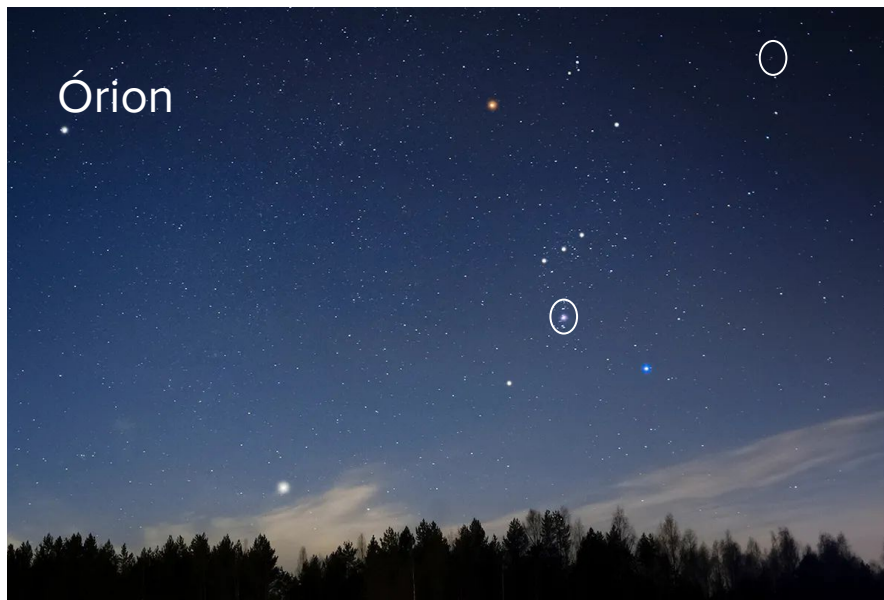
Meio interestelar

- *Disco* de gás, poeira e estrelas jovens confinado em um plano onde ocorre a formação de novas gerações estelares (disco fino e espesso)
- *Halo* mais ou menos esférico de estrelas “velhas” e aglomerados globulares, livre de gás e poeira
- *Bojo* de estrelas no centro, obscurecido pela poeira + *Barra*



Essa é a nossa Galáxia, a Via Láctea, como a observamos no céu.





Órion

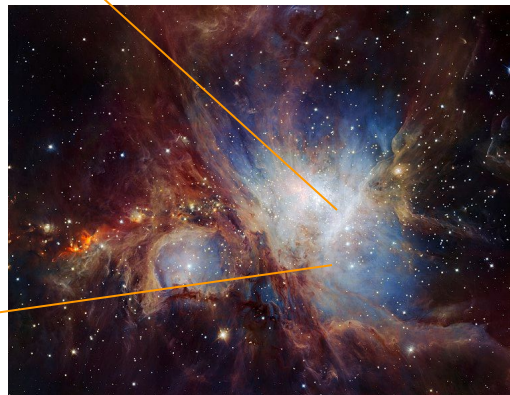


NGC 1662

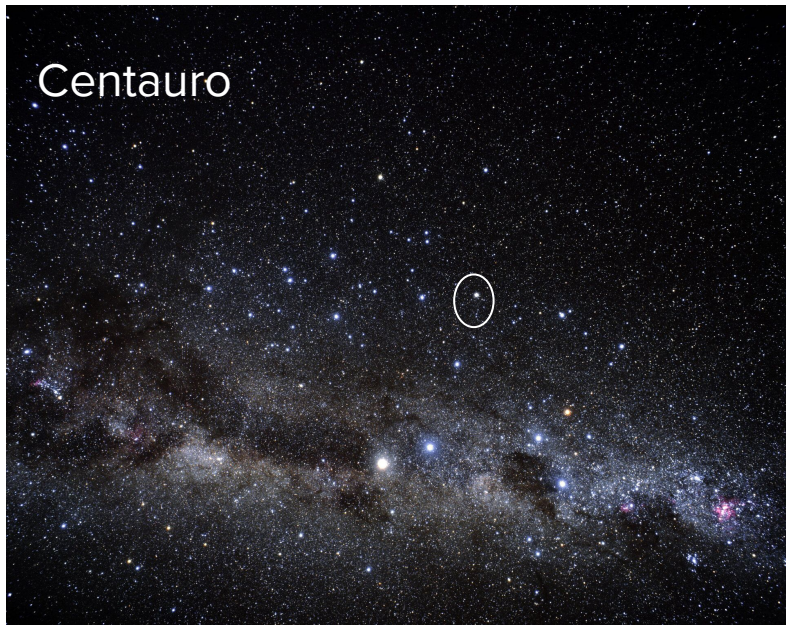
Trapézio



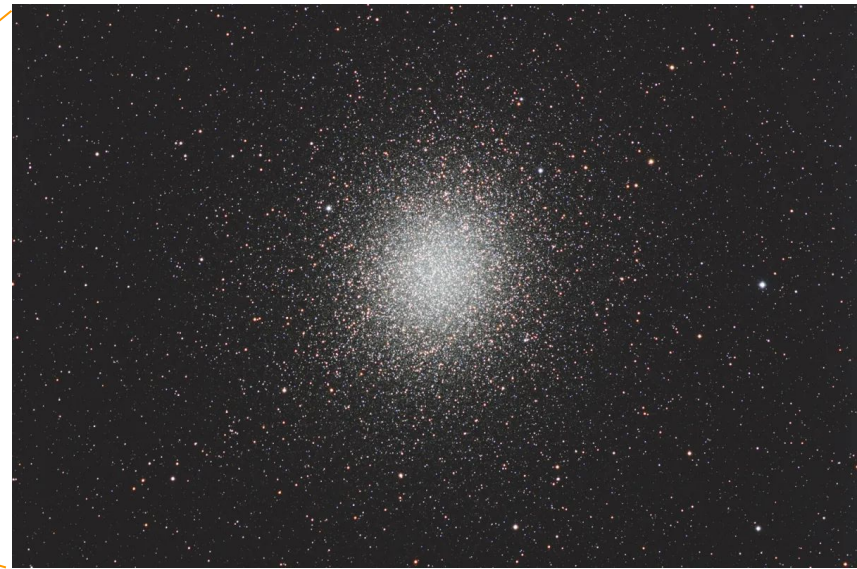
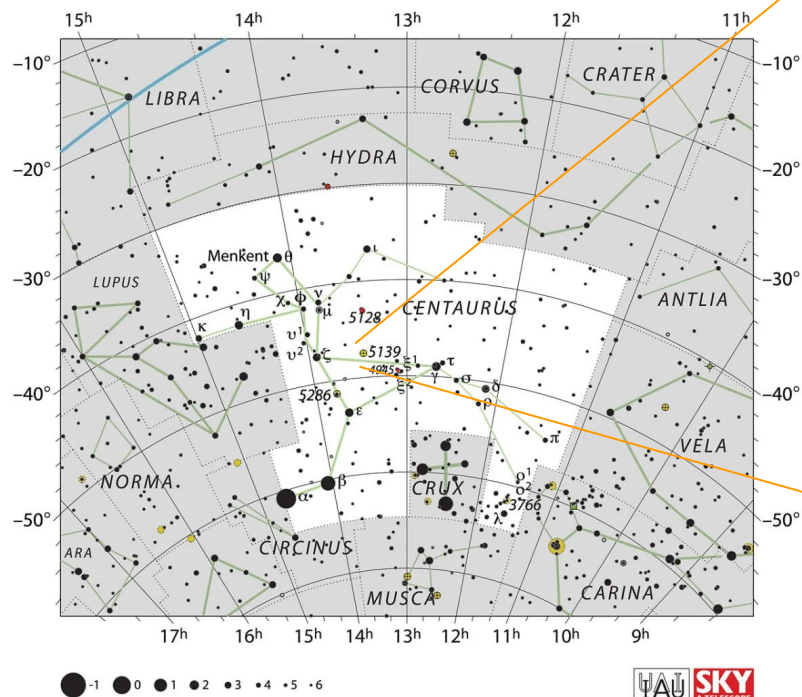
Nebulosa de Órion



Centauro



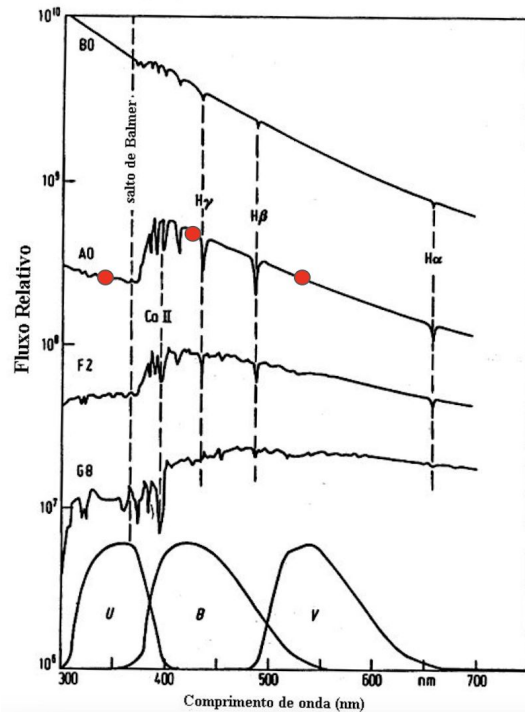
NGC 5139 = Omega Centauri



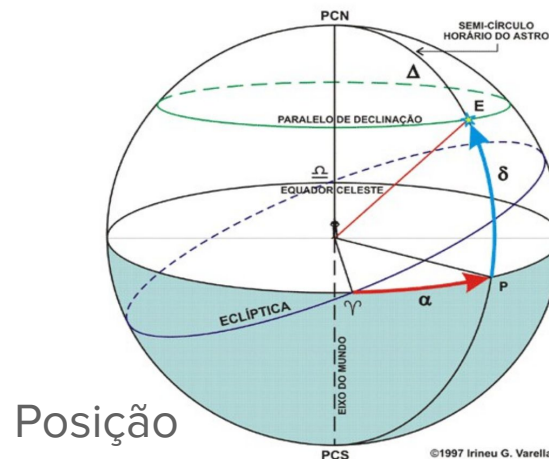
Porque estudar aglomerados estelares?

Aglomerados estelares são formados por ... estrelas (OK, também gás e poeira, eventualmente)

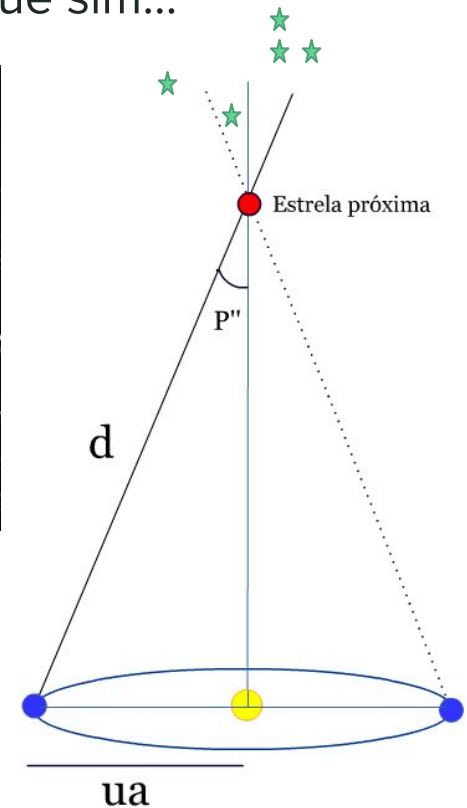
Podemos estudar as estrelas individualmente? Claro que sim...



Luz:
espectroscopia
fotometria



Posição



Distância

Se $p \ll 1$
 $\sin p \sim p = 1 \text{ ua/d}$

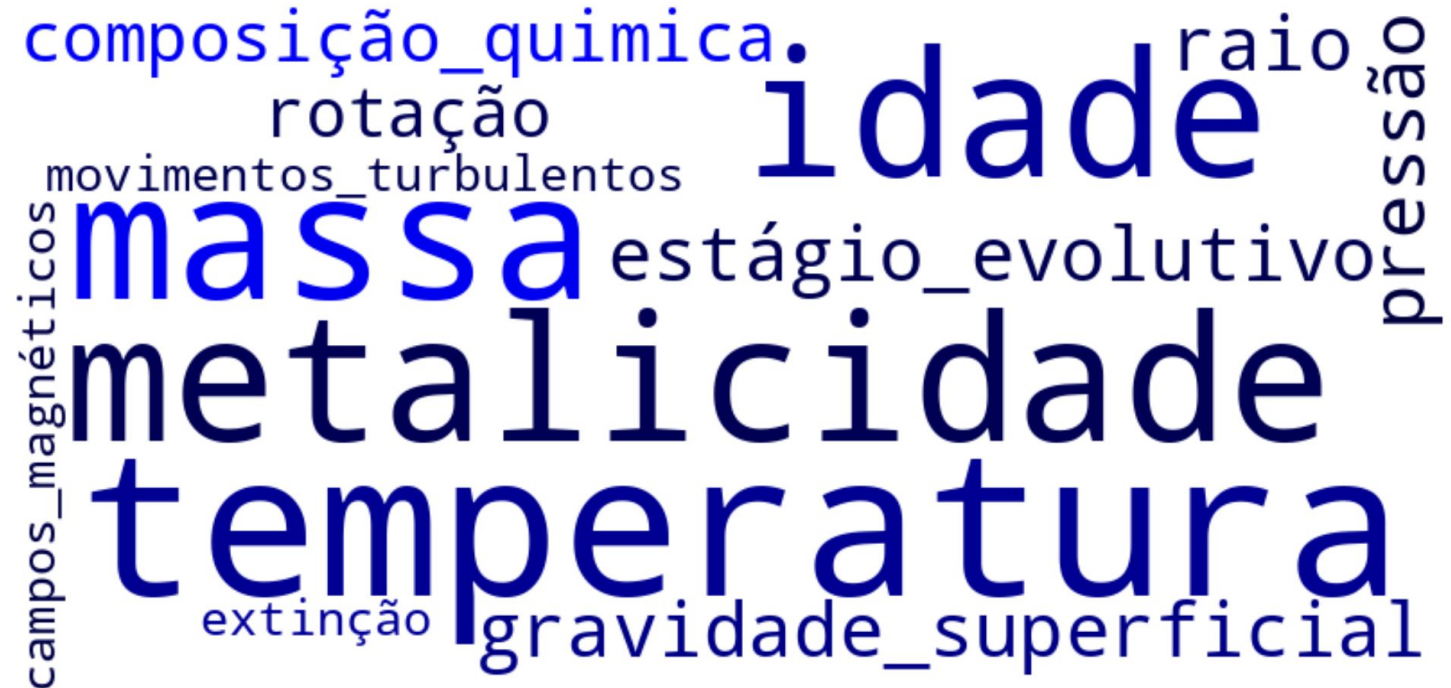
POSIÇÃO

DISTÂNCIA

LUZ

* ESPECTROSCOPIA

* FOTOMETRIA



A word cloud of various stellar properties. The words are arranged in a roughly rectangular shape, with some words oriented vertically. The colors are blue and green. The words include: composição_química, idade, raio, pressão, estágio_evolutivo, massa, metalicidade, temperatura, gravidade_superficial, extinção, campos_magnéticos, movimentos_turbulentos, and rotação.

Estrelas de um aglomerado foram formadas da mesma nuvem molecular e, em princípio, têm a mesma **idade** e **metalicidade/composição química** e estão localizadas à mesma **distância**

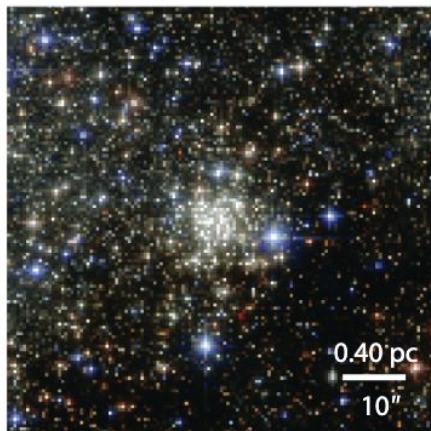
AGLOMERADOS ESTELARES:

Variedade de idades, morfologias, localização na Galáxia, conteúdo de gás ...

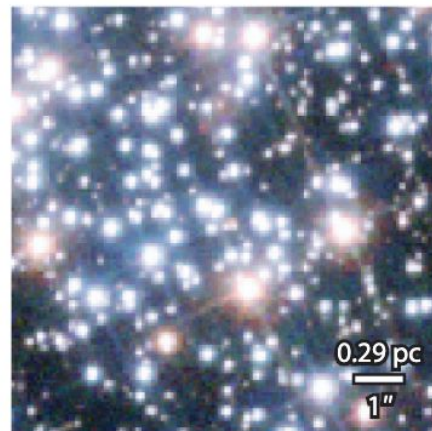
a ONC, $T < 3$ Myr



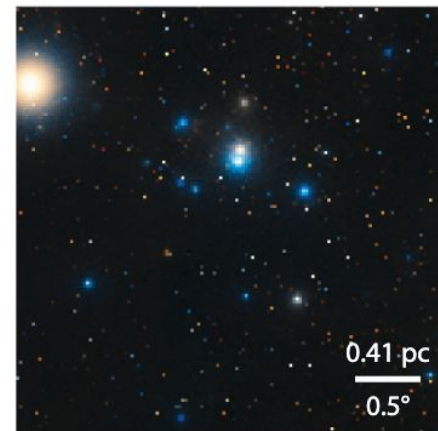
b Arches, $T \approx 2-3$ Myr



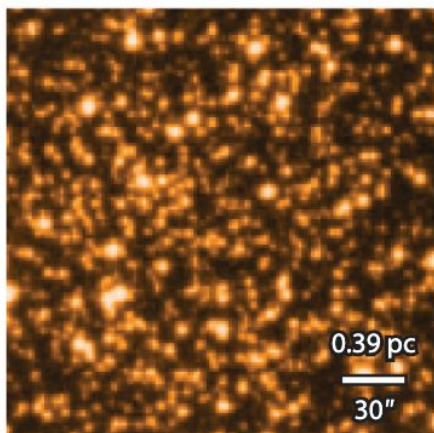
c NGC 265, $T \approx 250$ Myr



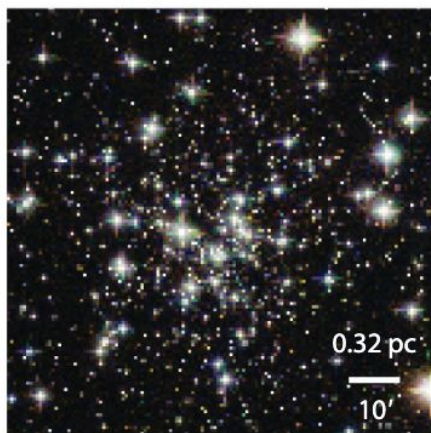
d Hyades, $T \approx 625$ Myr



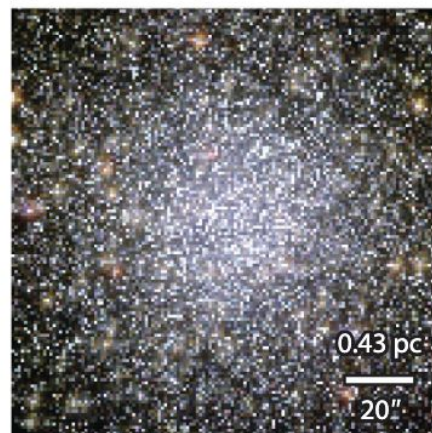
e Coll 261, $T \approx 7$ Gyr



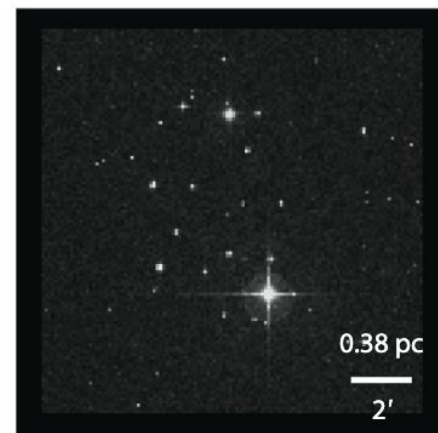
f NGC 6535, $T > 10$ Gyr



g 47 Tuc, $T > 10$ Gyr

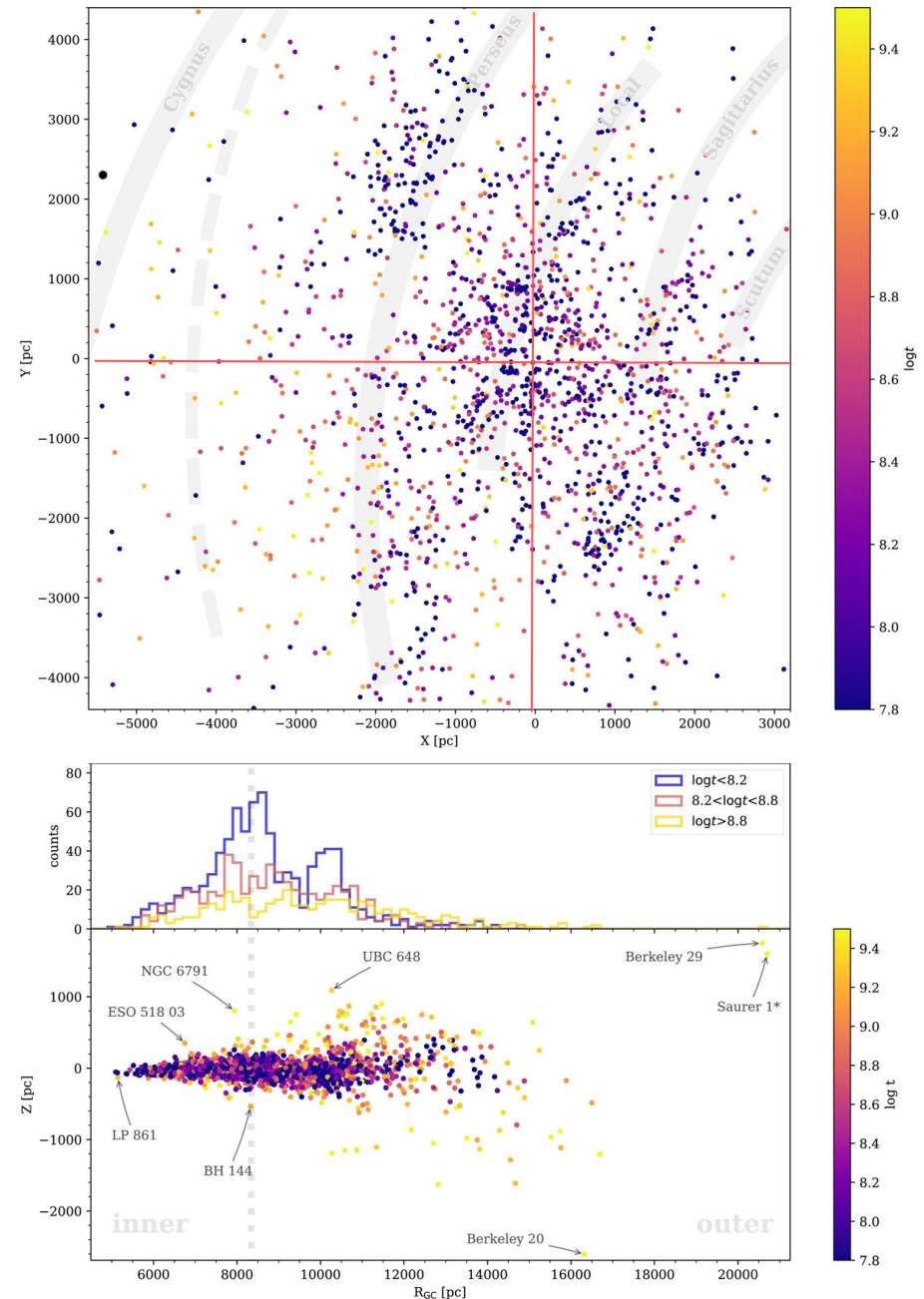


h NGC 1252: Fake News



AGLOMERADOS ABERTOS

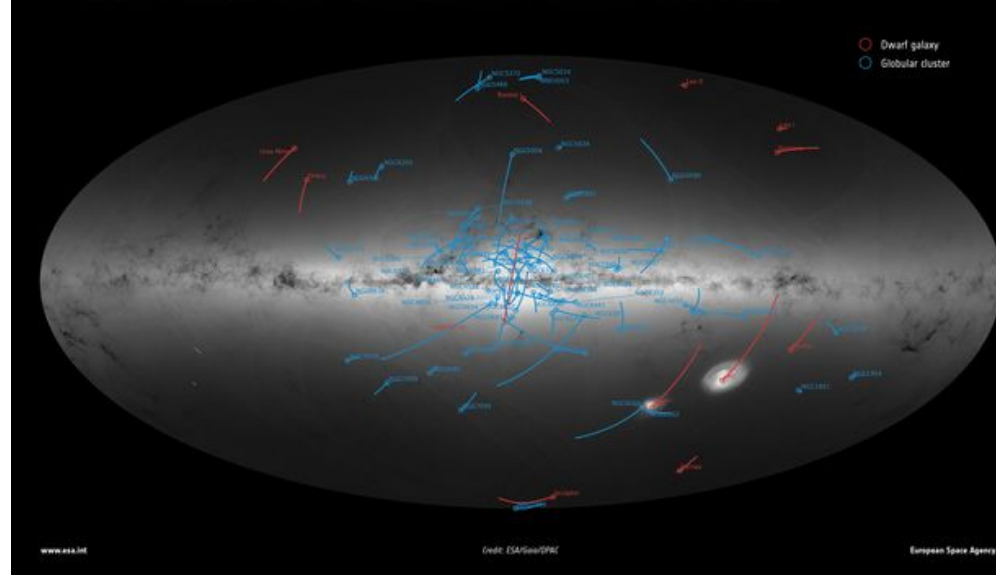
- As estrelas estão fracamente ligadas gravitacionalmente → geralmente se dispersam em centenas de milhões de anos (interações com outros aglomerados ou com nuvens moleculares)
- São encontrados nos braços das galáxias espirais e em galáxias irregulares e são associados a processos recentes de formação estelar. Muitas vezes ainda estão imersos nos restos da nuvem molecular original e regiões de HII
- Núcleo mais denso (0.1 a 10^2 estrelas/ pc^3) + coroa difusa de estrelas.
- Milhares de aglomerados abertos catalogados
- Quimicamente homogêneos



AGLOMERADOS GLOBULARES

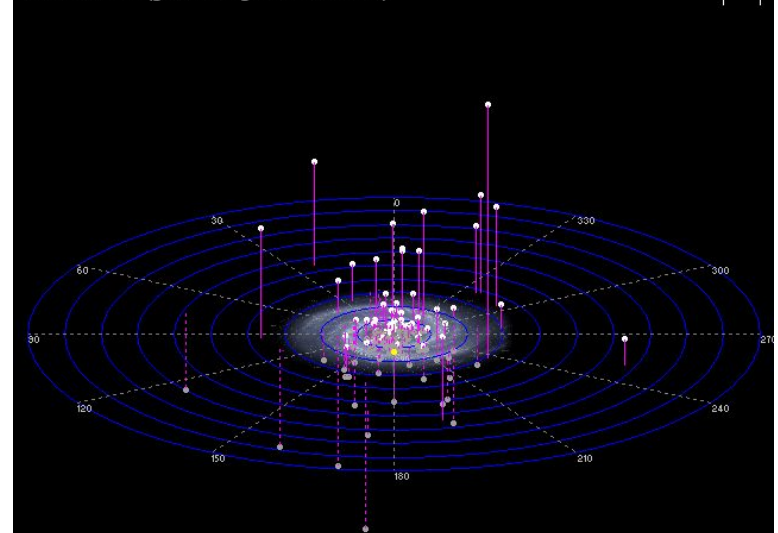
- Apresentam alta densidade de estrelas (~ 0.4 estrelas/ pc^3 , em média, mas pode chegar a $10^2 - 10^3$ estrelas/ pc^3 nos núcleos dos aglomerados).
- Gravitacionalmente ligados
- Suas idades podem ser definidas a partir das temperaturas das anãs brancas mais frias.
- Atualmente, existem mais de 150 aglomerados globulares conhecidos na Galáxia
- Podem não ser quimicamente homogêneos

→ GAIA'S GLOBULAR CLUSTERS AND DWARF GALAXIES



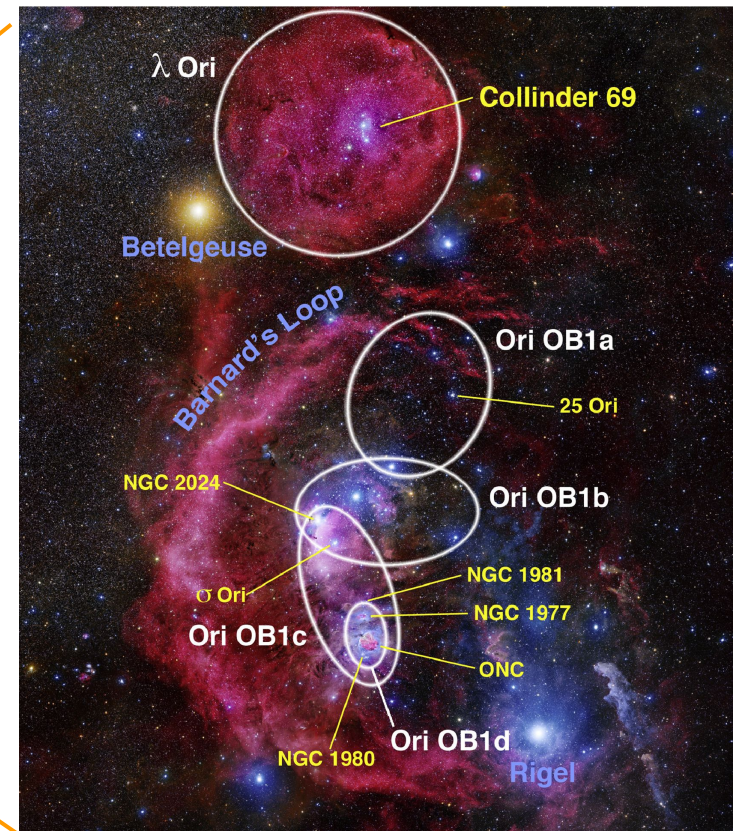
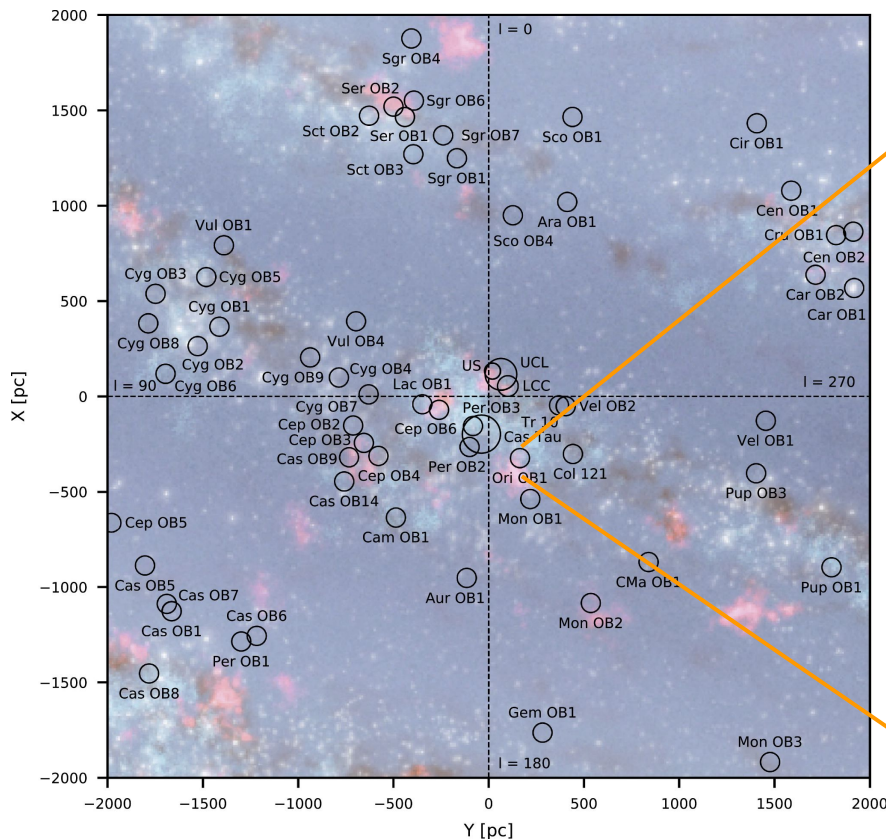
The 151 globular clusters within 200,000 LY of the galactic centre
Galactic centric (galactic longitude and latitude)

20,000 LY



ASSOCIAÇÕES

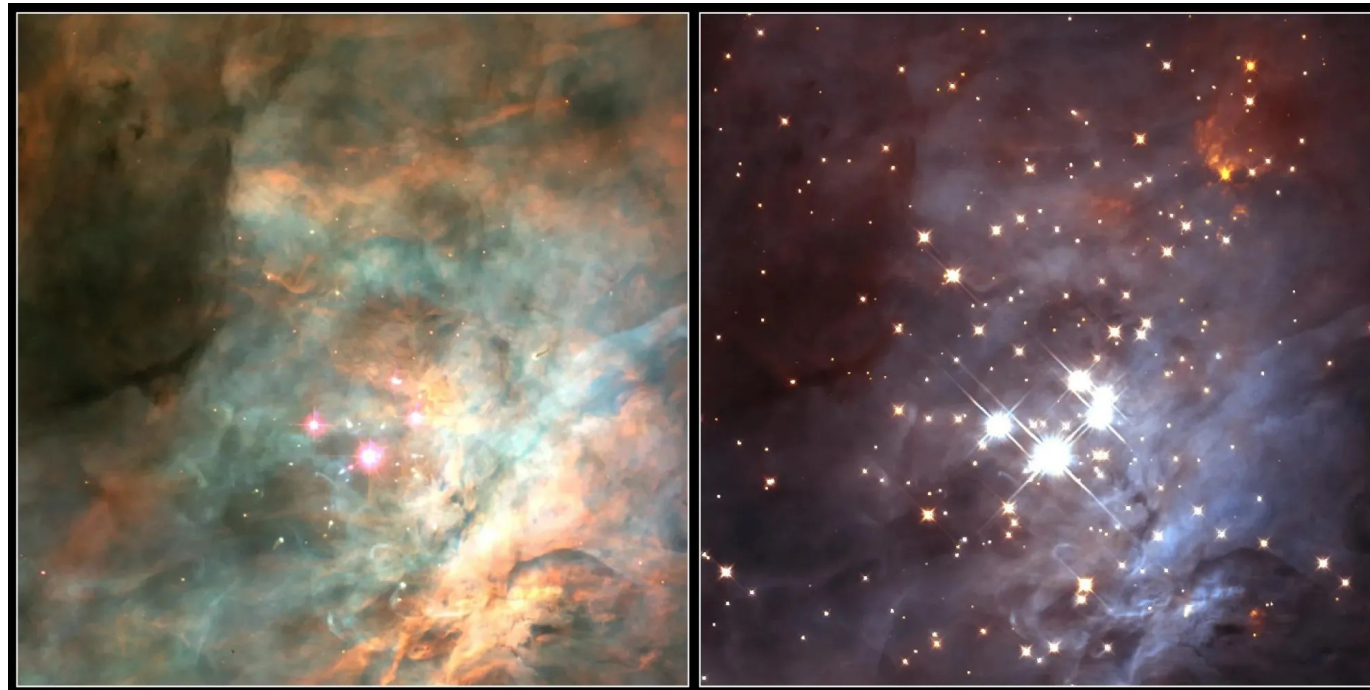
- Associações OB são grupos de estrelas jovens não-ligados gravitacionalmente
- População estelar rica em estrelas OB mas também tem estrelas de baixa massa
- Densidades típicas $< 0.1 M_{\odot} \text{pc}^{-3}$ → gravitacionalmente instáveis → tendem a se dispersar com o tempo
- dimensões podem atingir centenas de pc e massa total 1000 a 10.000 M_{\odot} → os sistemas menos massivos geralmente não contém estrelas OB → Associações T
- Importantes traçadores dos processos de formação estelar na Galáxia



AGLOMERADOS EMBEBIDOS

- Densidade: $0.1\text{-}10^2$ estrelas pc^{-3}
- Regiões de formação estelar, com idade entre 0 e 10 Myr
- Localizados no disco Galáctico, compostos por gás + poeira + estrelas, associados a nuvens moleculares gigantes
- podem ser ligados gravitacionalmente ou não
- A presença de estrelas O e B pode criar regiões de HII
- Apenas uma fração deles vai emergir da nuvem molecular e se tornar um aglomerado aberto visível

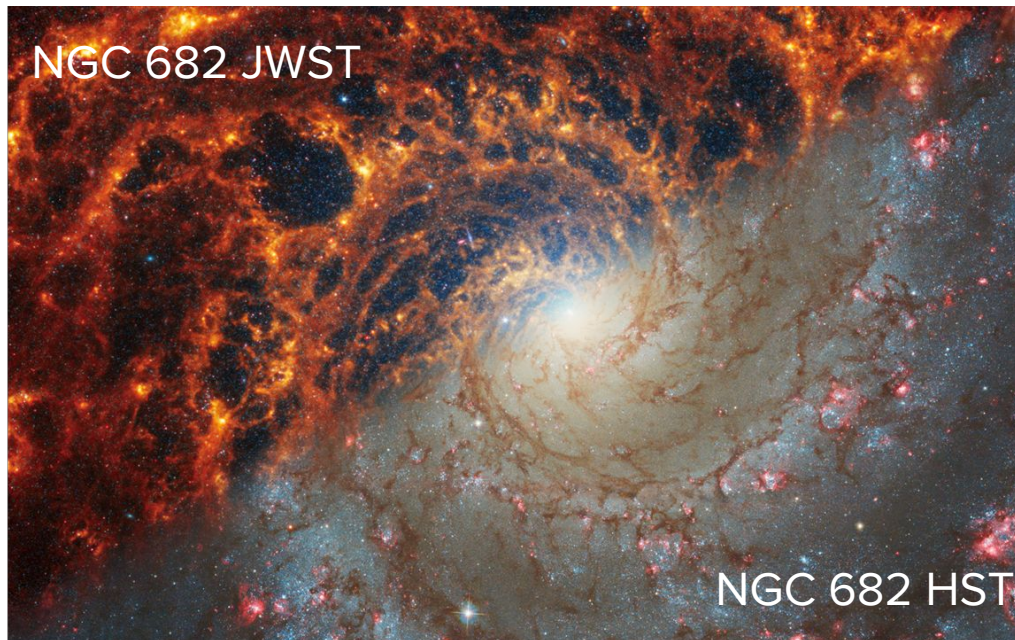
Trapézio, na Nebulosa de Orion. Imagens no visível e no IR



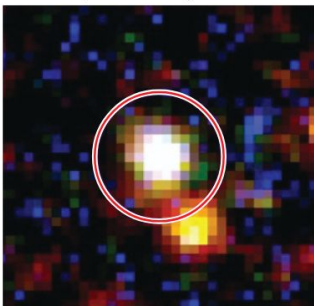
PARÂMETROS DOS AGLOMERADOS

- MASSA de estrelas: $\sim 10^3$ a $10^5 M_{\odot}$
- IDADE: o tempo de sobrevivência dos aglomerados depende de sua massa
- TAMANHO e DENSIDADE:
 - relação massa x raio: aglomerados mais massivos tendem a ser também mais densos
 - definição de raio apresenta grande incerteza
- METALICIDADE e COMPOSIÇÃO QUÍMICA:
 - aglomerados abertos em geral são quimicamente homogêneos $\Delta(\text{Fe}/\text{H}) \sim 0.1 - 0.05$ dex
 - aglomerados globulares podem apresentar $\Delta(\text{Fe}/\text{H}) \sim 0.3$ dex e anti-correlações Na-O, Mg-Al

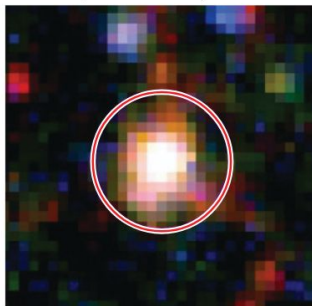
Demografia de Aglomerados Estelares



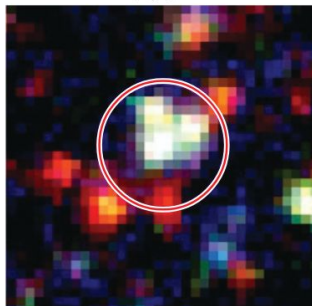
a Compact and symmetric



b Compact and asymmetric

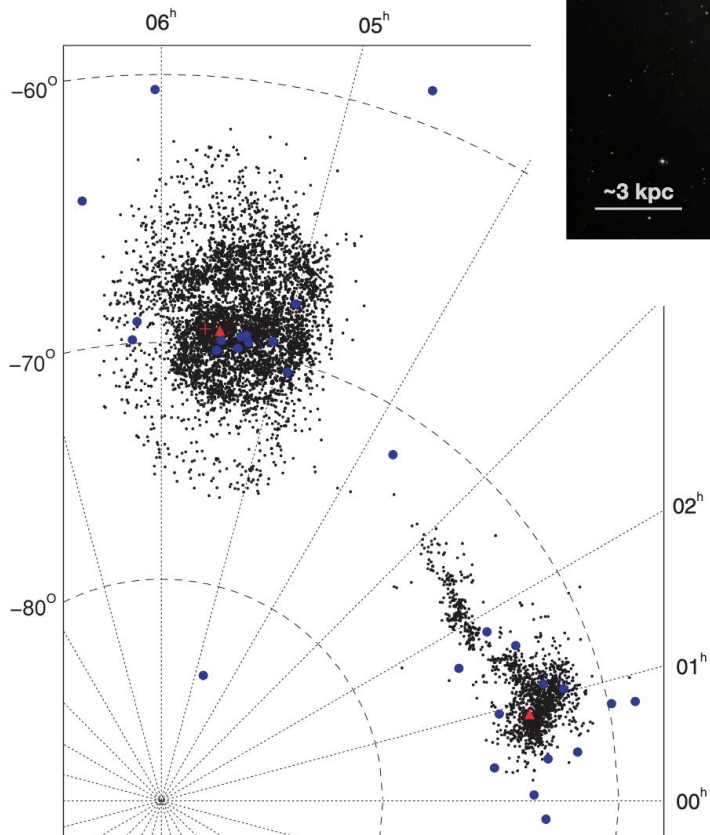


c Multiply peaked



- *Populações estelares resolvidas*: aglomerados estelares na Via Láctea, as nuvens de Magalhães e a galáxia vizinha M31 (com HST)
 - parâmetros fundamentais: distância ao Sol, separação entre as estrelas
 - completeza: função da massa e idade das estrelas
 - adesão de membros (*membership*)
- *Populações estelares não-resolvidas*: as estrelas não podem ser resolvidas a grandes distâncias
 - síntese de populações estelares
 - fotometria integrada

Aglomerados estelares extragalácticos



Bica et al 2008:

cada ponto é um aglomerado!

● aglomerados nas Nuvens de Magalhães

▲ centróides

+ 30 Dor

● aglomerados mais velhos