



# Astrofísica Geral

## Tema 19: A vida das galáxias

Alexandre Zabet

# Índice

Evidências observacionais

Nascimento das galáxias

Evolução secular

Bibliografia



# Índice

Evidências observacionais

Nascimento das galáxias

Evolução secular

Bibliografia



# Evidências observacionais

- ▶ Há galáxias em forma de disco e de elipsóides, com muitas variações
- ▶ Espirais formam estrelas e têm gás e poeira
- ▶ Elípticas não formam estrelas e não têm gás e poeira
- ▶ Maior parte da massa é Matéria Escura
- ▶ Estrelas do Halo são mais velhas e menos metálicas
- ▶ Geralmente os aglomerados globulares são compostos de estrelas mais velhas e pouco metálicas
  - ▶ mas há exceções!
- ▶ A maioria das galáxias gigantes tem buracos negros supermassivos no centro
  - ▶ Algumas propriedades das galáxias estão relacionadas com a presença deles
- ▶ Grande número de galáxias azuis e pequenas no universo jovem



# Índice

Evidências observacionais

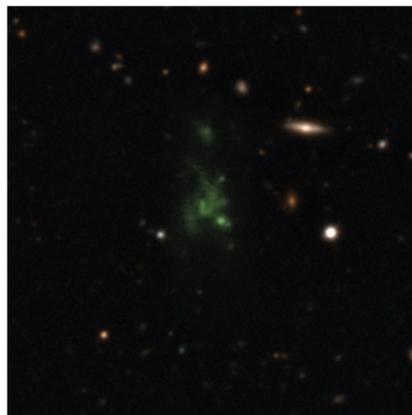
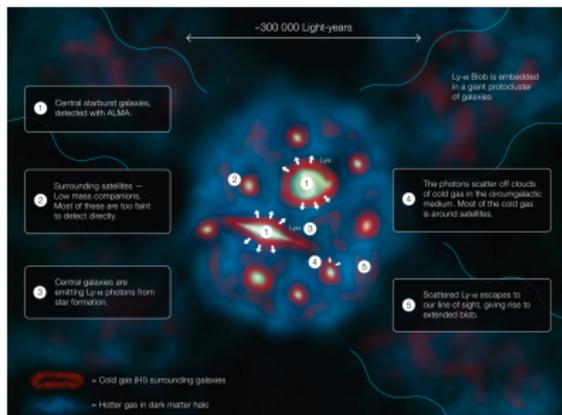
Nascimento das galáxias

Evolução secular

Bibliografia



# Bolhas de Ly- $\alpha$



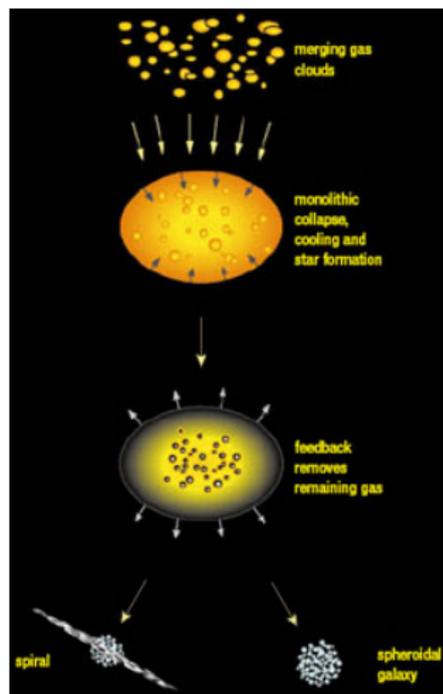
<http://www.eso.org/public/brazil/news/eso1632/?lang>

Geach et al, 2016, identificaram pela primeira vez o nascimento de galáxias em uma Bolha gigante de gás hidrogênio. A nuvem está a 11.5 Gya de nós. Foi possível identificar várias galáxias pequenas orbitando duas grandes galáxias no interior da nuvem.



# Modelo Monolítico

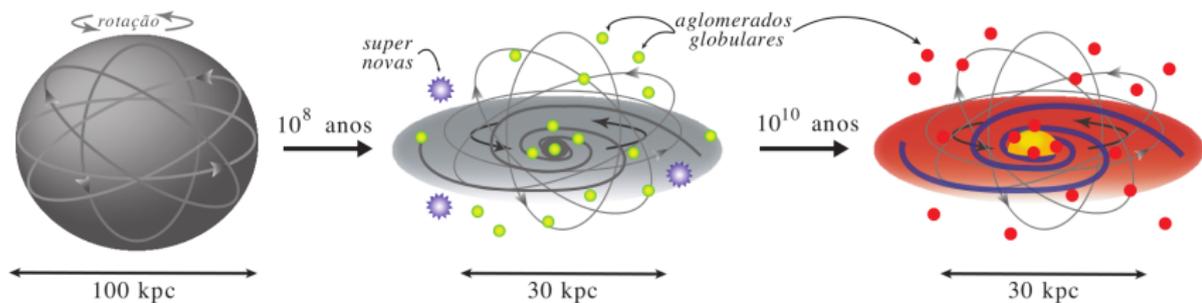
- ▶ Eggen, Lynden-Bell & Sandage, 1962
- ▶ Grande formação estelar no colapso
- ▶ Aglomerados globulares formados no início
- ▶ Rotação inicial da nuvem define se será espiral ou elíptica
- ▶ Condições finais dependem do início
- ▶ Não explica:
  - ▶ diversidade de galáxias
  - ▶ diferenças com a idade do universo



Modelo Monolítico



# Modelo Monolítico

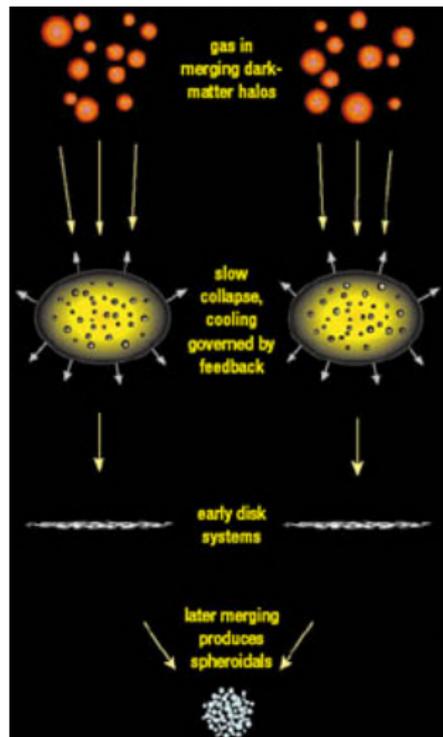


Modelo Monolítico de acordo com a figura 33 do livro Fascínio do Universo, capítulo 6.



# Modelo Hierárquico

- ▶ Formação inicial de galáxias anãs
- ▶ Fusões em colisões
- ▶ Condições finais dependem da história de colisões:
  - ▶ Se as colisões acontecem antes do colapso: espiral
  - ▶ Se acontecem depois: elíptica



Modelo Hierárquico



# Modelo Hierárquico



Galáxias camundongos, NGC 4676, par de espirais em colisão.

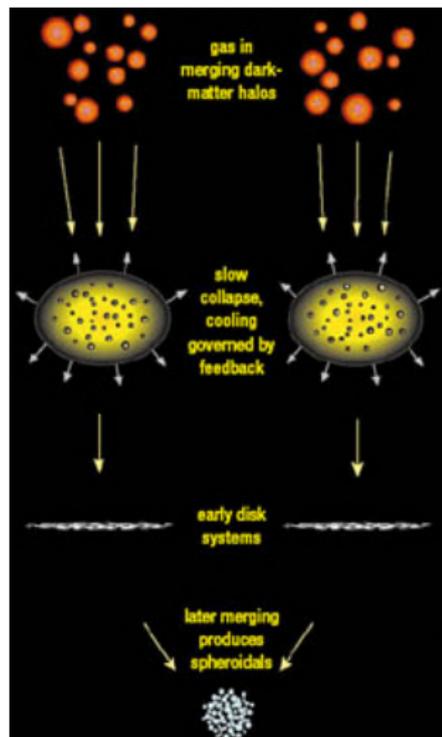


Quinteto de Stephan, onde quatro galáxias estão se fundindo para provavelmente formar uma galáxia elíptica gigante.



# Modelo Hierárquico

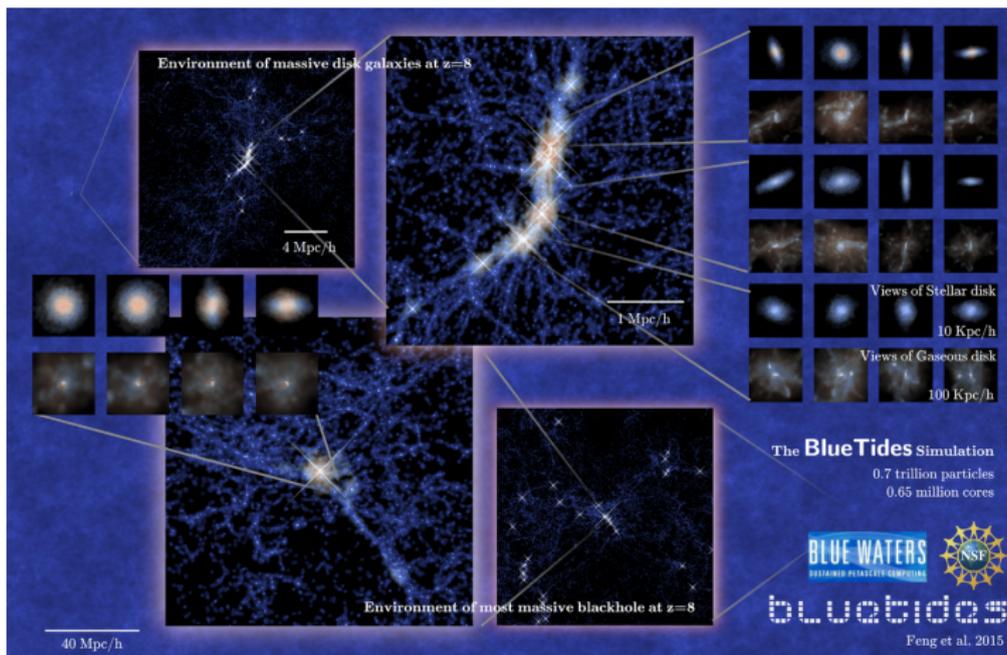
- ▶ Suporte observacional: galáxias pequenas azuis no universo jovem
- ▶ Melhorias recentes no Modelo:
  - ▶ Papel da Matéria e Energia Escuras ( $\Lambda$ CDM)
  - ▶ Verificação com simulações computacionais



Modelo Hierárquico



# Modelo Hierárquico



Simulação de formação de galáxias em escala cosmológica do grupo do Prof Yu Feng (UC Berkeley) em 2015. Mostra que surgiram galáxias espirais muito massivas no universo jovem por meio de acréscimo, não colisão. O modelo Hierárquico ainda precisa ser melhorado.



# Modelo Hierárquico



<http://bluetides-project.org/>



# Índice

Evidências observacionais

Nascimento das galáxias

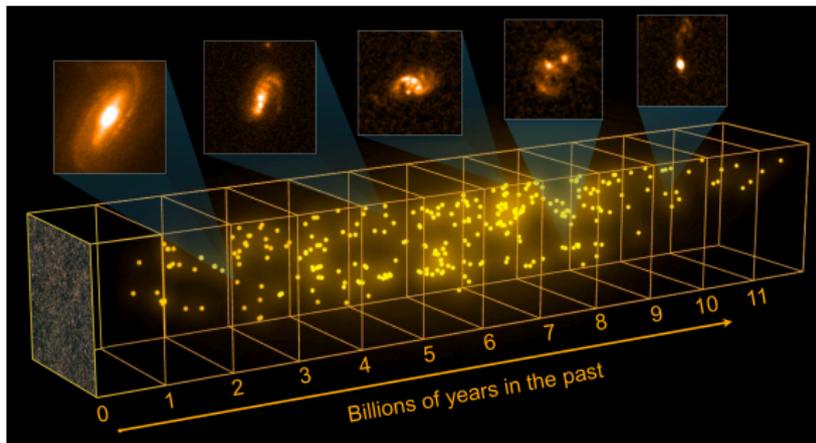
Evolução secular

Bibliografia



# Evolução secular das galáxias

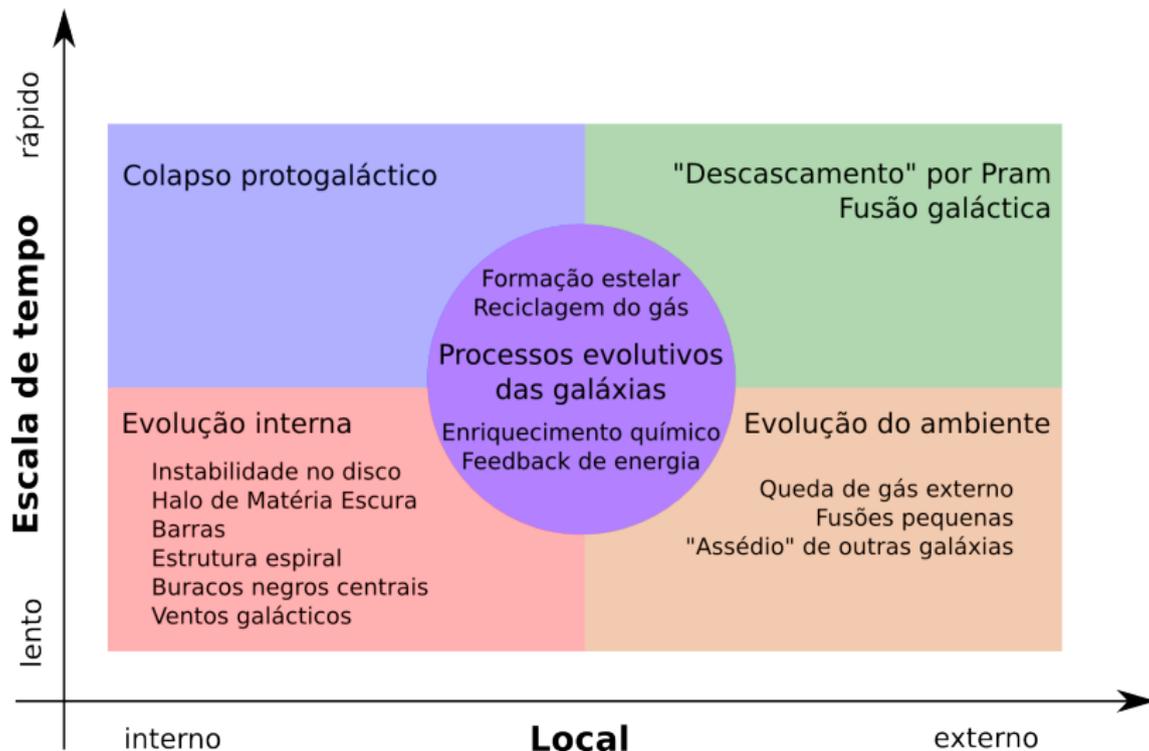
- ▶ Vários fatores alteram uma galáxia com o tempo
  - ▶ Condições iniciais
  - ▶ Colisões
  - ▶ Evolução estelar
  - ▶ Dinâmica estelar
  - ▶ Dinâmica do gás



Evolução de galáxias ao longo do tempo



# Evolução secular das galáxias



Kormendy & Kennicutt 2004



# Evolução estelar nas galáxias

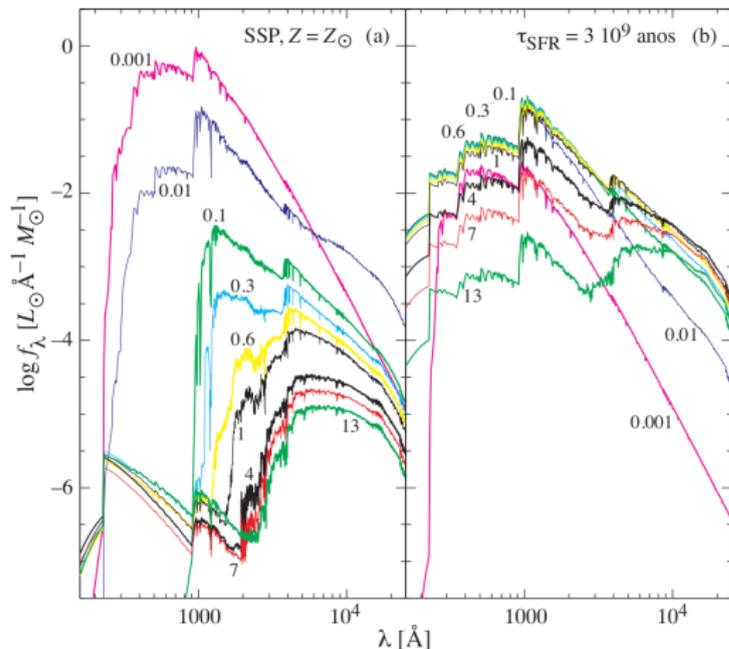


Figura 203 de Gastão L. Neto.  
Mostra como o espectro de uma galáxia varia com o tempo devido à formação & evolução das estrelas.  
**Esquerda:** Galáxia com evento único de formação estelar em  $t = 0$ .  
**Direita:** Taxa de formação estelar exponencial,  $\Psi(t) = \exp(-t/\tau_{\text{SFR}})$ .  
No painel da direita o fluxo  $F_{\lambda}$  está multiplicado por 1000. (Figura tirada de Bruzual, 2001).



# Evolução estelar e poeira nas galáxias

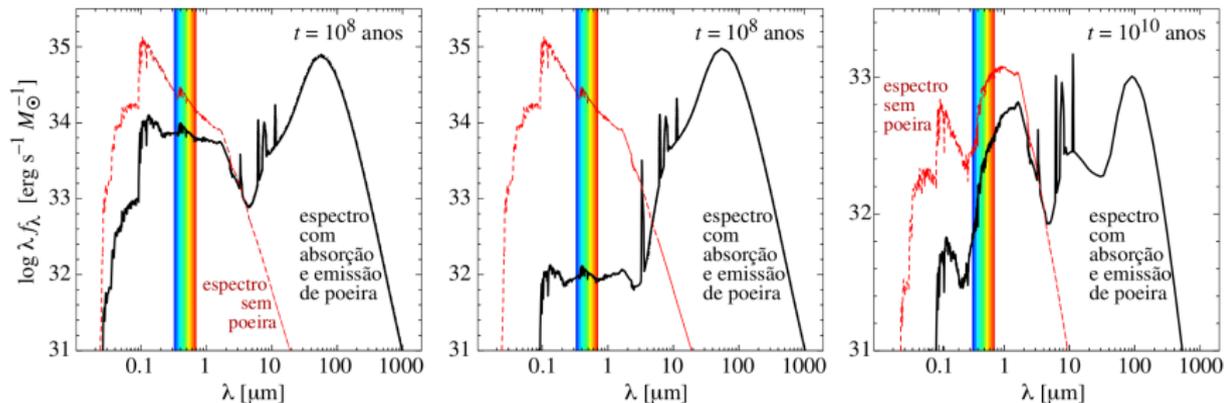


Figura 203 de Gastão L. Neto. Galáxia espiral com poeira. **Esquerda:** Galáxia jovem.

**Centro:** Galáxia jovem com muita poeira. **Direita:** Galáxia velha.



# Evolução dinâmica nas galáxias

- ▶ Os movimentos relativos dos componentes da galáxia alteram sua forma
- ▶ Isso é chamado de evolução dinâmica
- ▶ Principais agentes da evolução dinâmica:
  - ▶ Fricção dinâmica
  - ▶ Fusões galácticas
  - ▶ Barras
  - ▶ Braços espirais
  - ▶ Efeitos de maré de outras galáxias
  - ▶ Buracos negros centrais

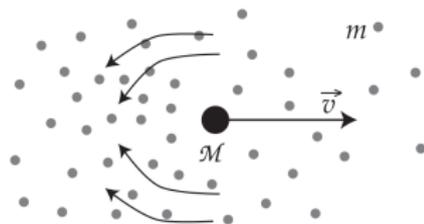


Figura 187 de Gastão L. Neto. Mostra como a fricção dinâmica acontece no movimento de um corpo maior por uma região com corpos menores.



# Evolução dinâmica nas galáxias

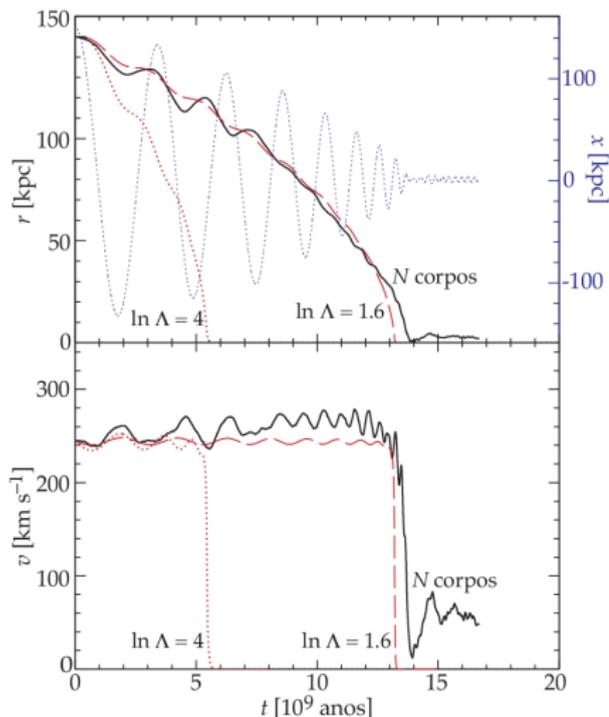
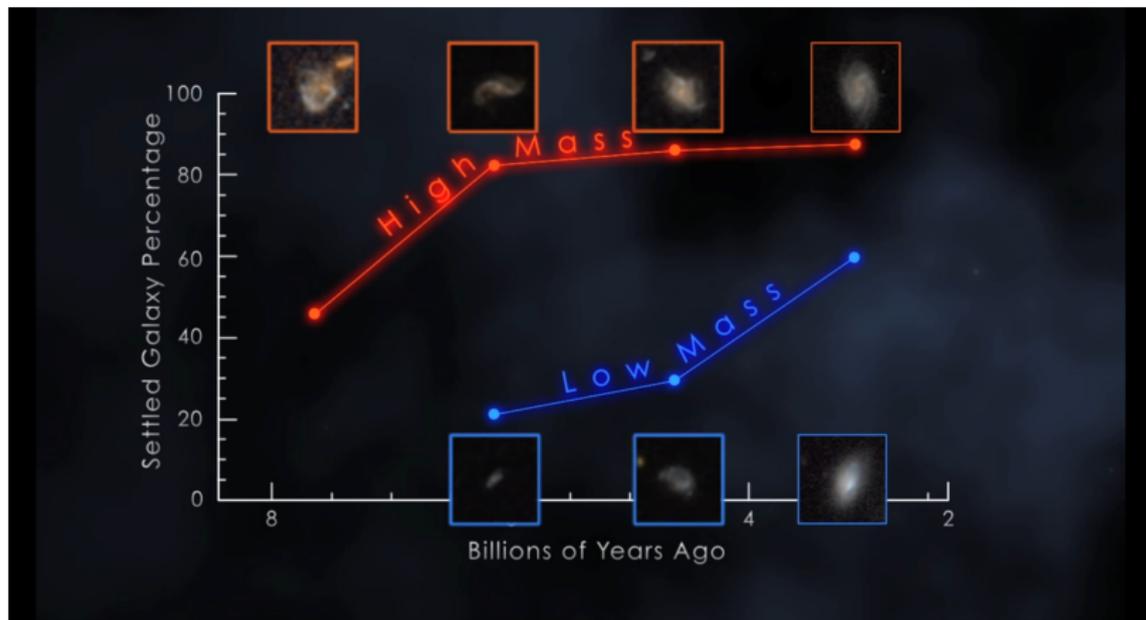


Figura 188 de Gastão L. Neto.  
Fricção dinâmica agindo sobre uma galáxia satélite de  $10^7 M_{\odot}$  orbitando um Halo de Matéria Escura. Figura de Fellhauer et al. (2000).



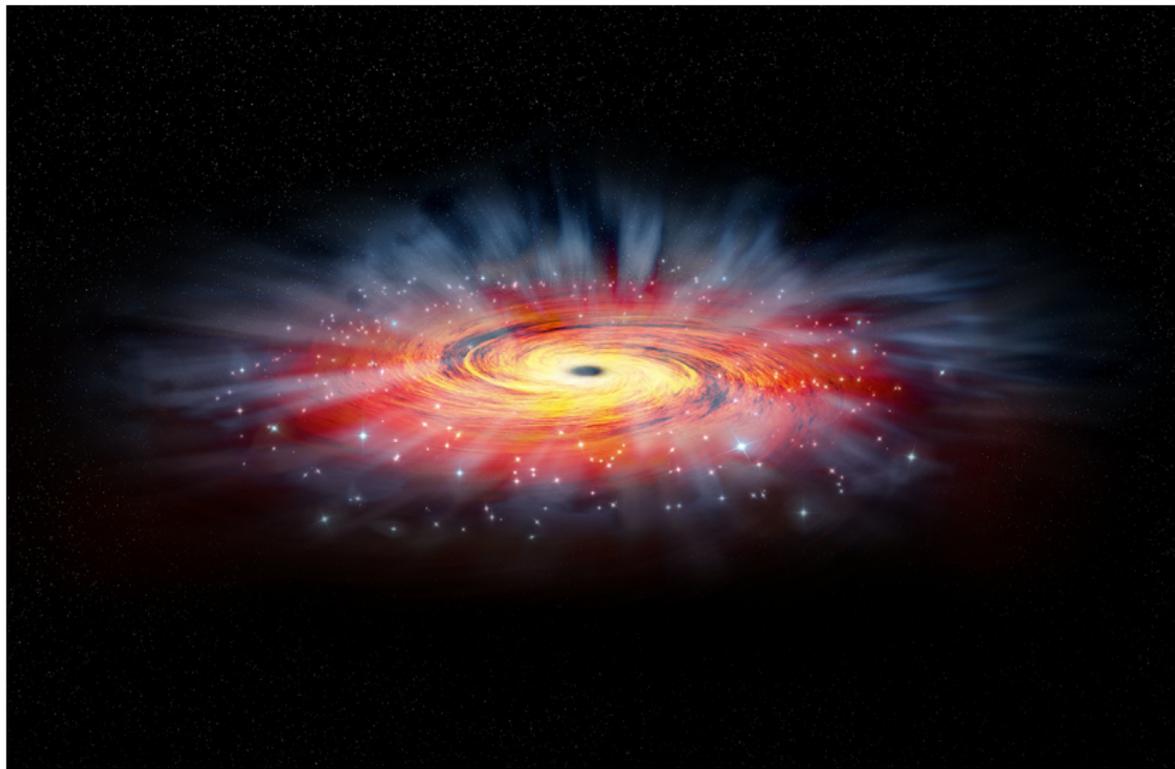
# Desordem nas galáxias espirais



<https://www.youtube.com/watch?v=Xu3-0Ubhiwo>



# Buraco negro



Na próxima aula discutiremos o papel do Buraco Negro central na evolução das

# Índice

Evidências observacionais

Nascimento das galáxias

Evolução secular

Bibliografia



## Fontes para estudo

- ▶ O céu que nos envolve, capítulo 9
- ▶ Fascínio do Universo, capítulo 6
- ▶ Curso de Astronomia II do Prof. Steiner, aula 3.
- ▶ Astronomia Extragaláctica, Gastão Lima Neto, cap 8 e 10
- ▶ Apesar se ser em inglês, vale a leitura para quem puder:  
<http://www.jeffstanger.net/Astronomy/galaxyformation.html>



REALIZAÇÃO

