



Astrofísica Geral

Tema 20: Galáxias ativas

Alexandre Zabet

Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

Galáxias starburst

Bibliografia



Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

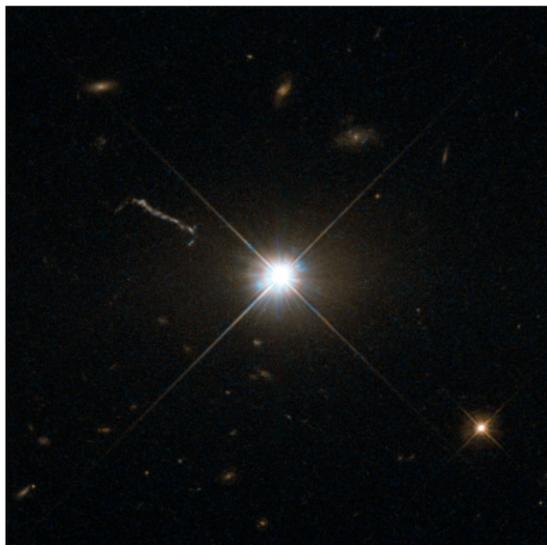
Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

Galáxias starburst

Bibliografia



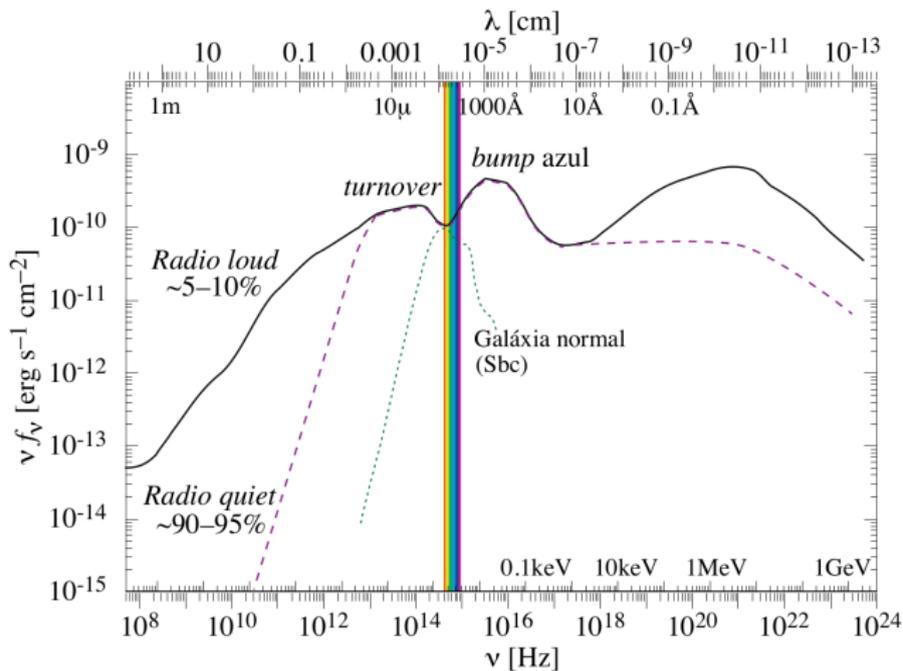
O mistério dos quasares



Quasar 3C 273. Por volta de 1960 verificou-se que este objeto tinha uma grande emissão em rádio, embora tivesse aparência estelar. O brilho total dele é tão grande que se estivesse à mesma distância que Pollux, brilharia como o Sol! Quasar significa “quasi-stellar radio sources”.



O mistério dos quasares



Espectro típico de uma galáxia ativa, com uma emissão misteriosamente grande comparada ao espectro de uma galáxia espiral comum. Fig. 204 de Gastão Neto.

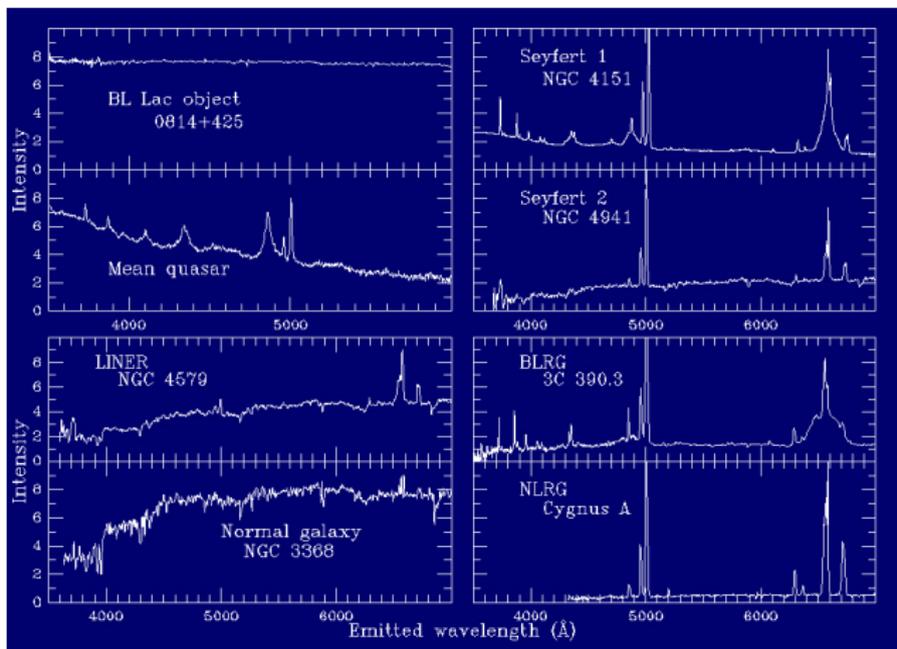


As galáxias ativas

- ▶ Galáxia comum
 - ▶ Maior parte da luz vem de **estrelas**
 - ▶ O pico de intensidade luminosa é no **visível**
 - ▶ A emissão de luz se distribui **por toda** a galáxia
- ▶ Galáxia ativa
 - ▶ Maior parte da luz vem de **gás**
 - ▶ O pico de intensidade luminosa é no **rádio**
 - ▶ A emissão de luz está principalmente no **núcleo** a galáxia



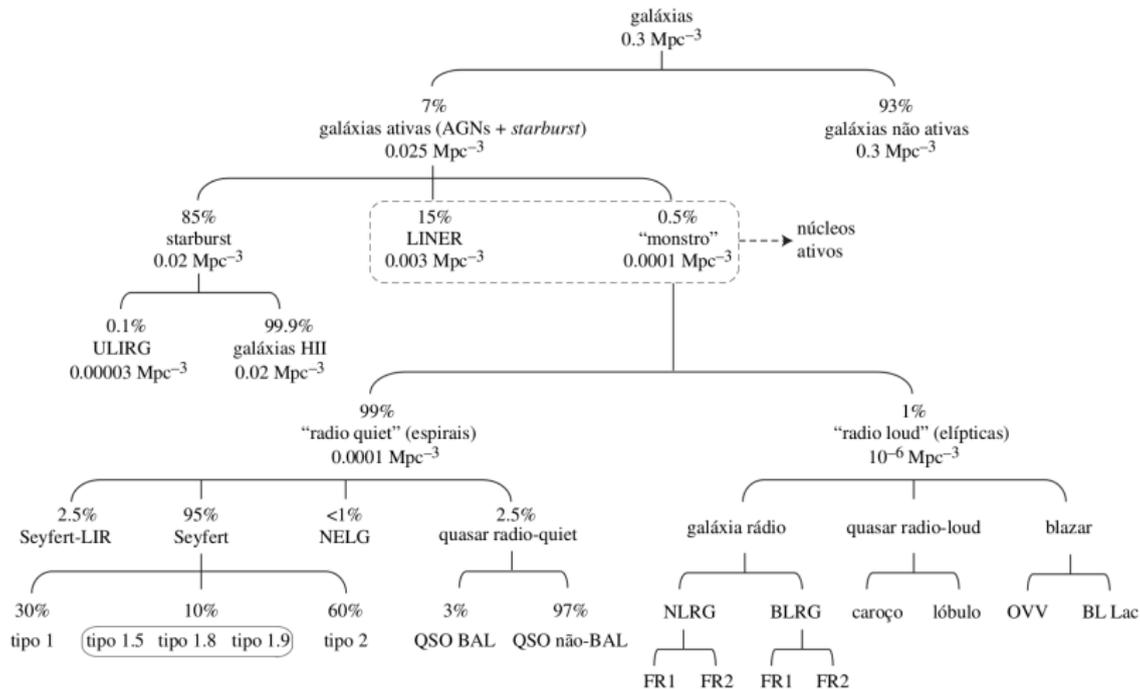
Variedade de galáxias ativas



Espetros de galáxias ativas podem variar muito na forma, o que levou a um "zoológico" de tipos, com dezenas de classificações e sub-classificações!



Modelo unificado



Variedade de Galáxias Ativas. Fig. 205 de Gastão Neto.



Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

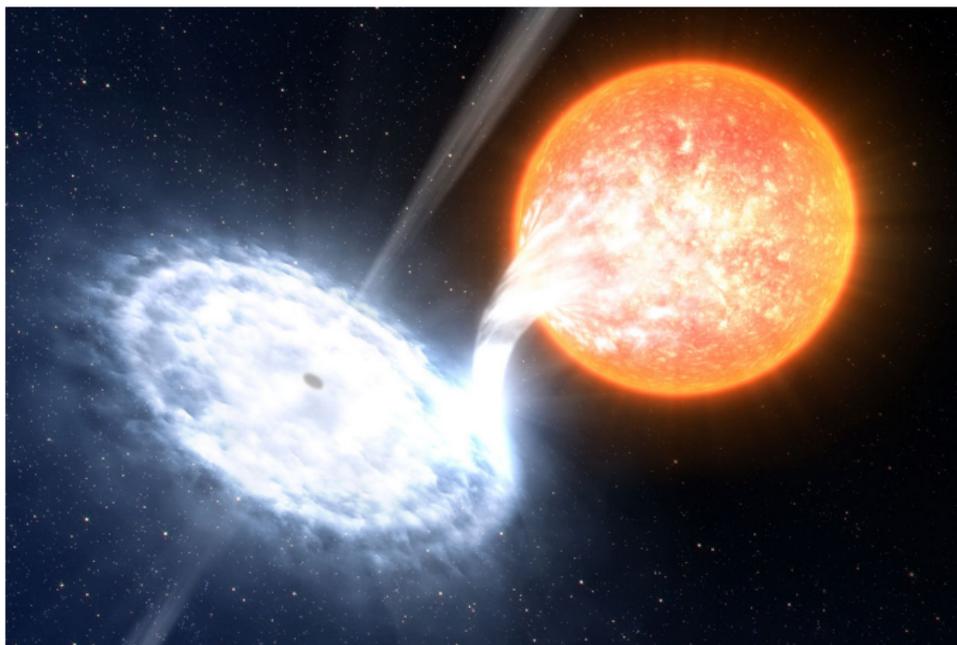
Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

Galáxias starburst

Bibliografia



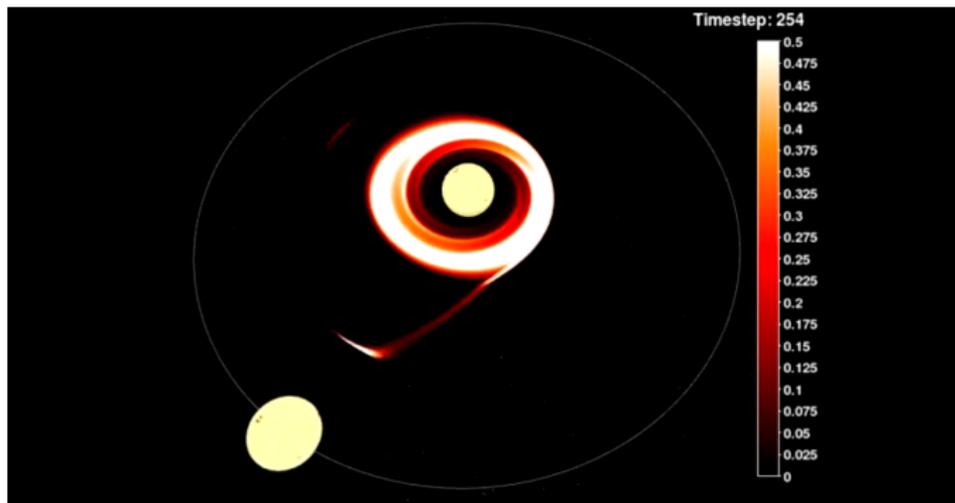
Discos de acrecimento



Falamos sobre **Discos de Acréscimo** quando discutimos estrelas variáveis. Discos são um fenômeno comum em Astrofísica, e ocorrem em escalas diferentes, embora os mecanismos físicos sejam os mesmos.



Discos de acrecimento

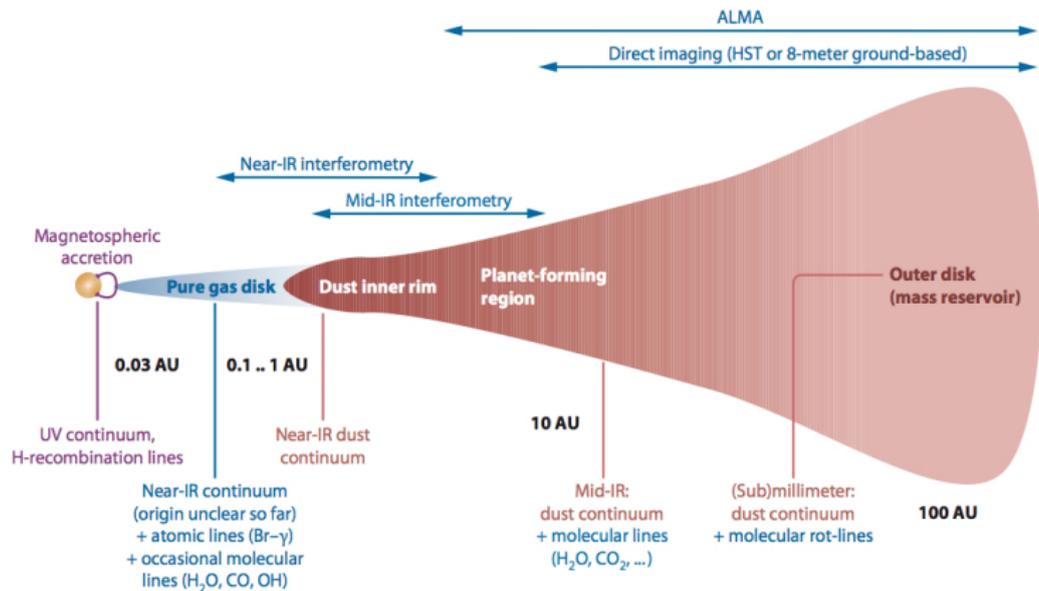


Video: simulação da formação de um disco de acrecimento estelar.

<https://www.youtube.com/watch?v=90YrENetLI4>



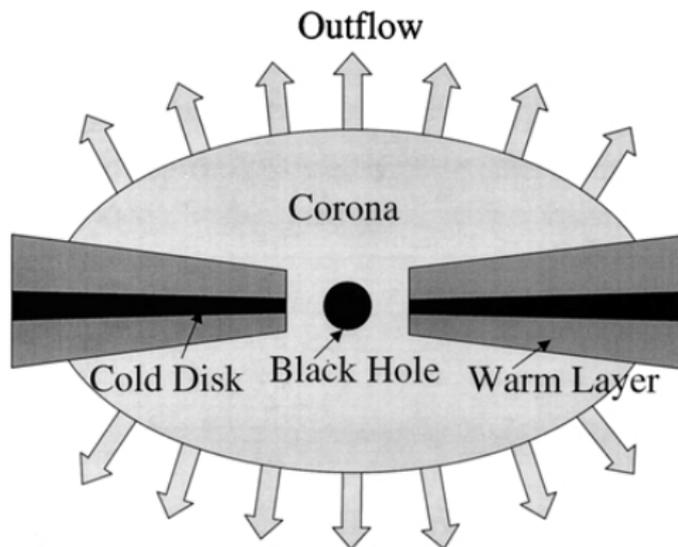
Discos de acréscimo



Disco proto-planetário.



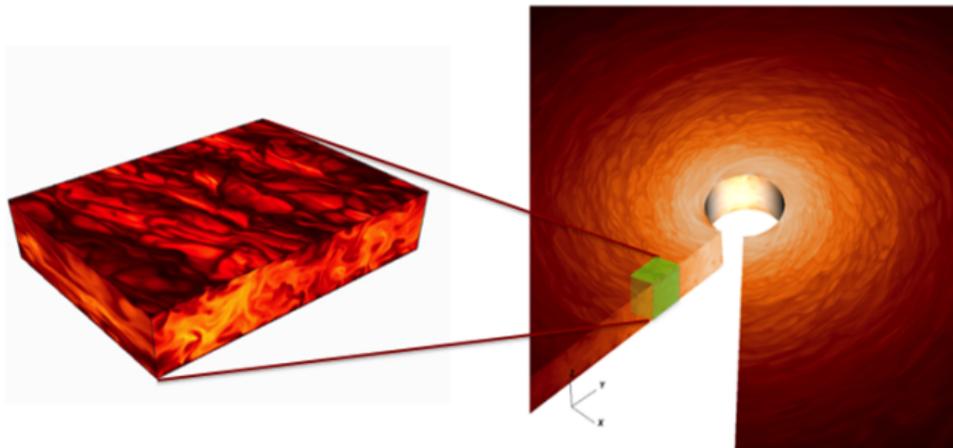
Discos de acrecimento



Disco em torno de um buraco negro.



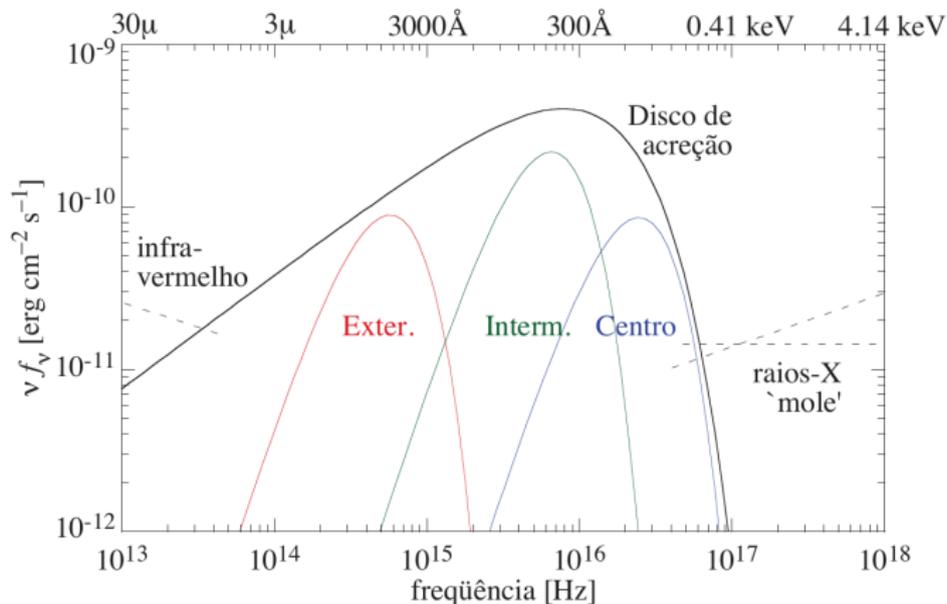
Discos de acréscimo



O acréscimo transforma energia gravitacional em energia cinética e térmica. É comum o processo ser mais eficaz do que a fusão nuclear!



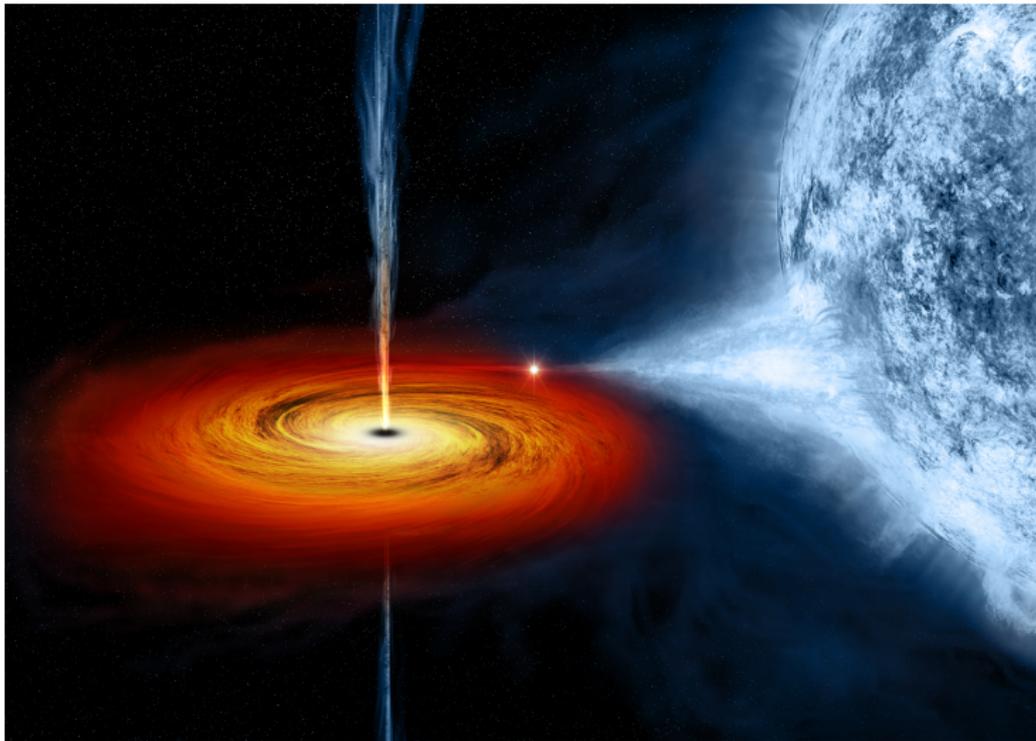
Discos de acréscimo



A temperatura do disco de acréscimo varia com a distância ao centro, portanto cada região contribui de modo diferente para o espectro total. Fig. 225 de Gastão Neto.



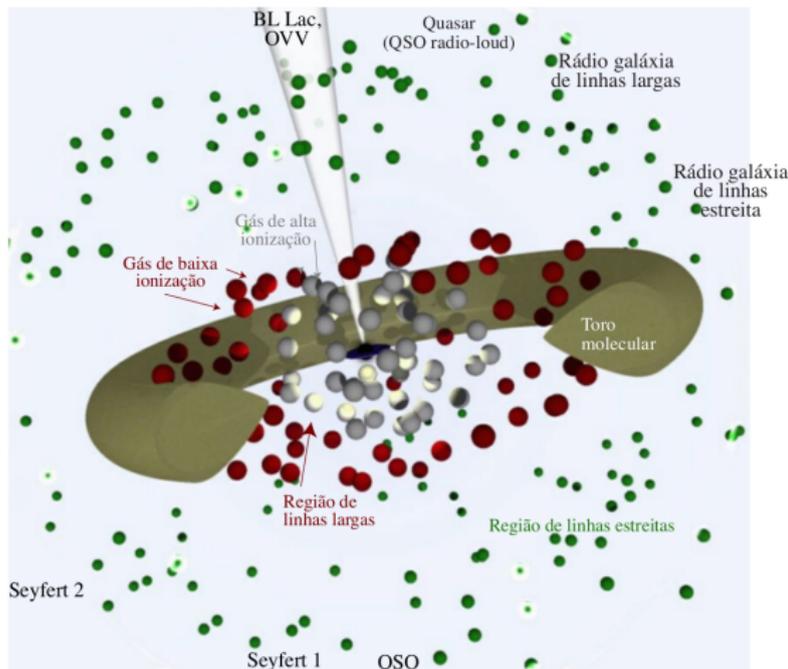
Discos de acrecimento



Discos de acrecimento podem formar jatos.



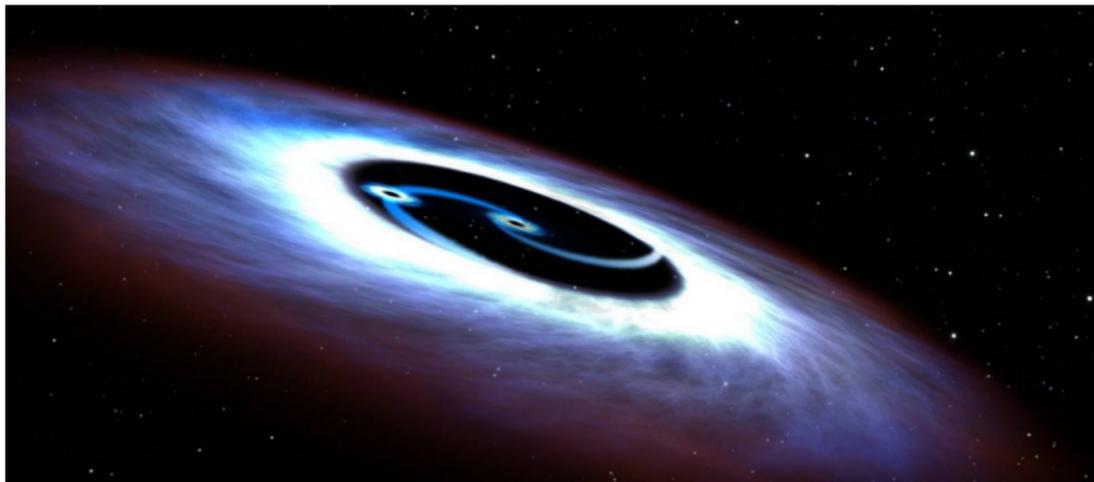
Modelo unificado das Galáxias de Núcleo Ativo



Hoje é aceito um modelo unificado que explica a diversidade de espectros de AGNs, dentre eles o subtipo dos quasares (e QSOs). Fig. 223 de Gastão Neto.



Quasares múltiplos



Segundo Chang Shuo Yan o quasar Markarian 231 é duplo pois só assim é possível explicar o espectro complexo do objeto.



Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

Galáxias starburst

Bibliografia



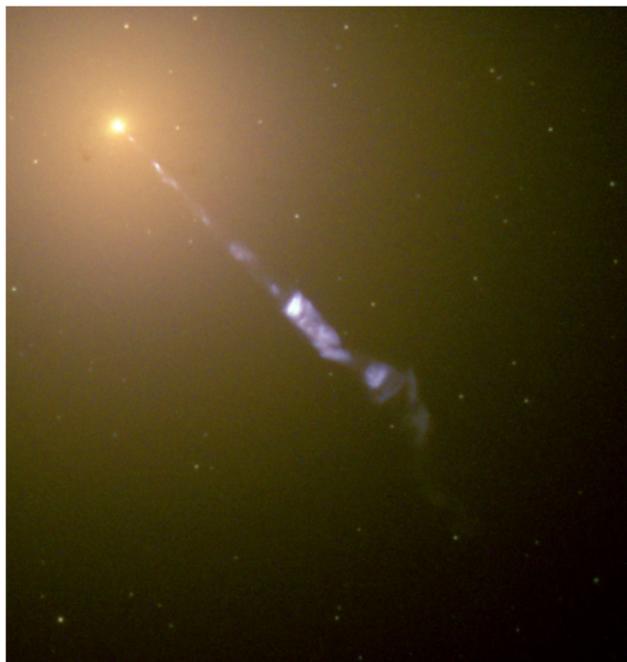
Buraco negro supermassivo



No centro de uma Galáxia atia há um buraco negro supermassivo. É a única maneira de explicar a origem de tanta energia e a diversidade de fenômenos observados.



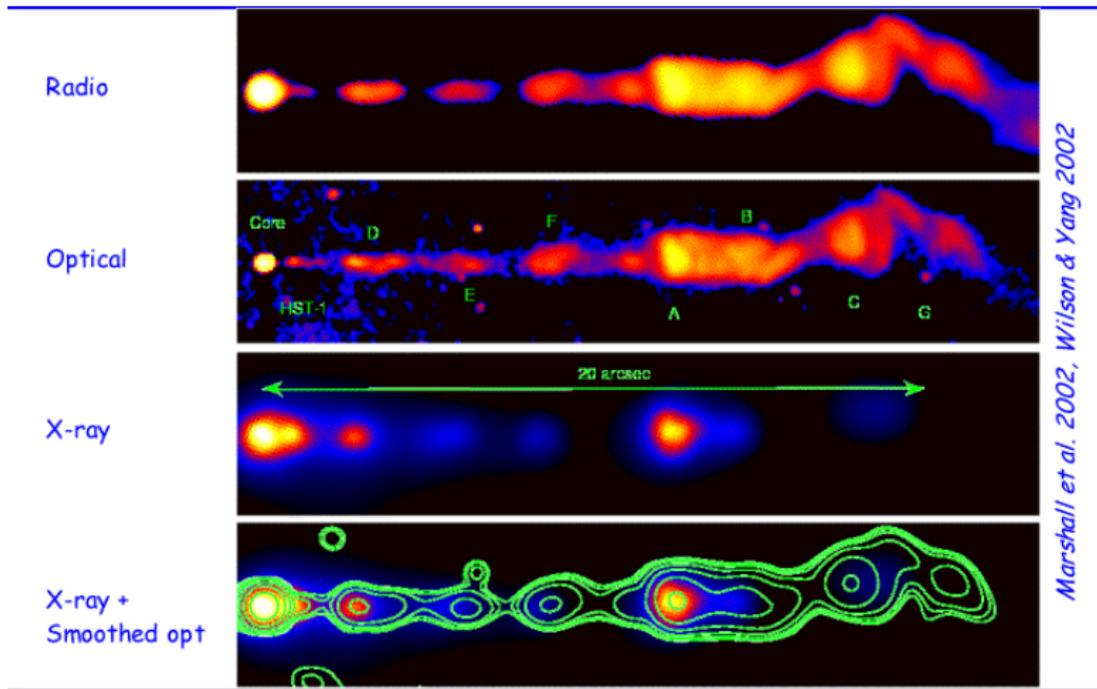
Jatos



A galáxia elíptica M87 é uma das maiores conhecidas na nossa redondeza. Ela tem um AGN e um jato de pelo menos 5 mil anos-luz de comprimento!

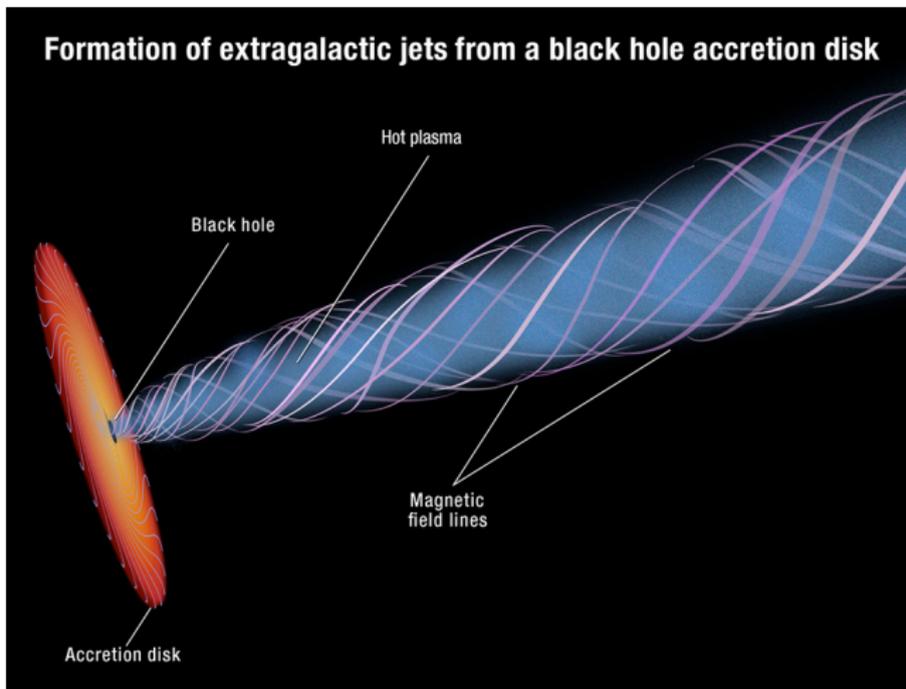


Jatos



O jato de M87 em diferentes comprimentos de onda.



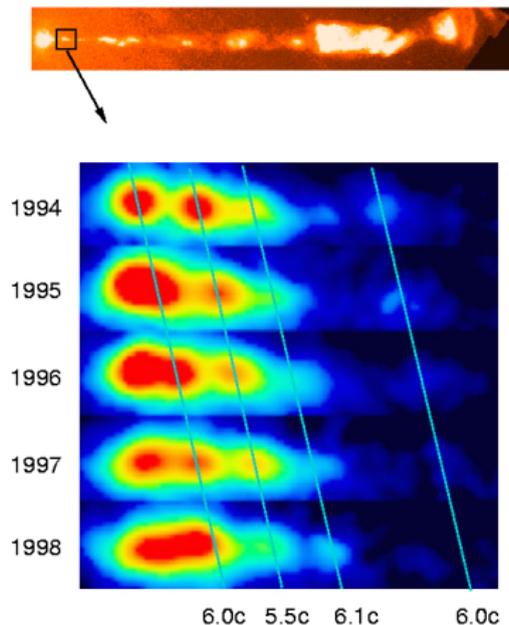


Mecanismo de formação do jato em AGNs.



Jatos superluminar

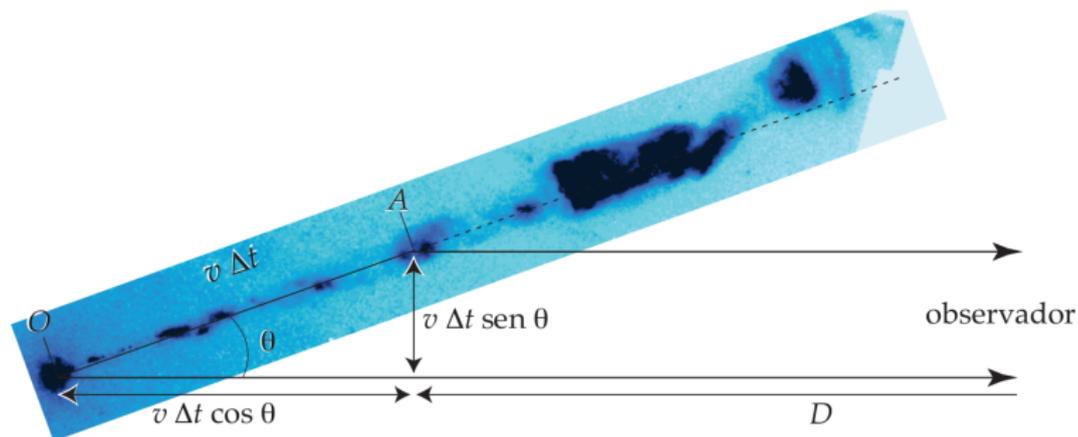
Superluminal Motion in the M87 Jet



Por causa do ângulo de visada, os jatos parecem mover-se mais rápido do que a luz.



Jatos superluminar



Explicação do Movimento superluminar. A luz emitida no ponto A está mais próxima de nós do que a emitida no ponto O. Não levando isso em consideração, parece que o jato se movimenta mais rápido do que a luz. Fig. 211 de Gastão Neto.



Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

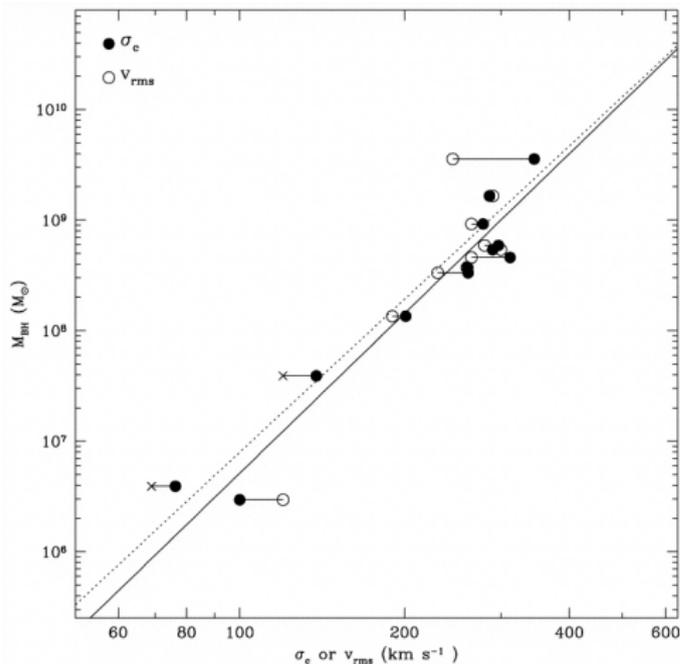
Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

Galáxias starburst

Bibliografia



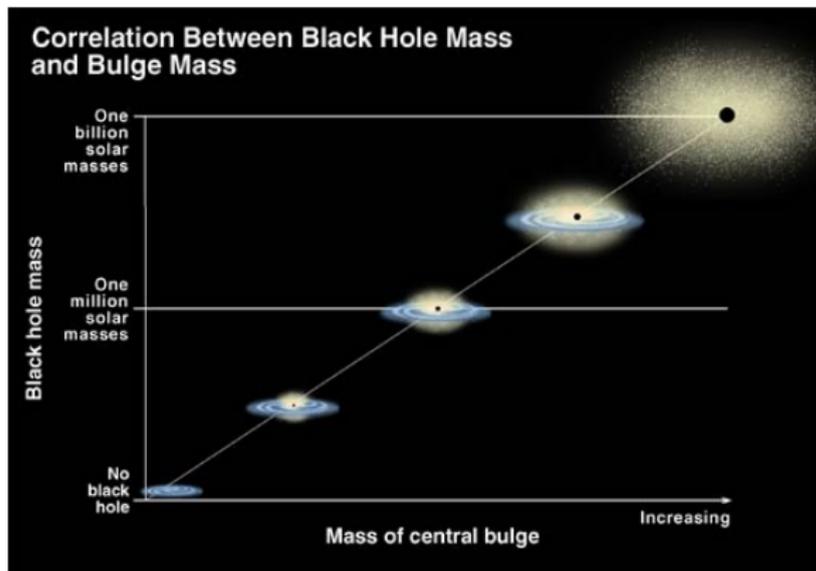
Relação $M_{BH} - \sigma$



Ferrarese & Merritt (2000) descobriram uma relação entre Massa do Buraco Negro M_{BH} e a dispersão de velocidades das estrelas do bojo (σ). A relação não é uma simples consequência do BN escalonar a velocidade das estrelas, pois os autores também mediram a velocidade real das estrelas v_{rms} . Essa medida é feita a distâncias maiores que o bojo. A permanência da correlação indica que o BN influenciou na formação da galáxia!



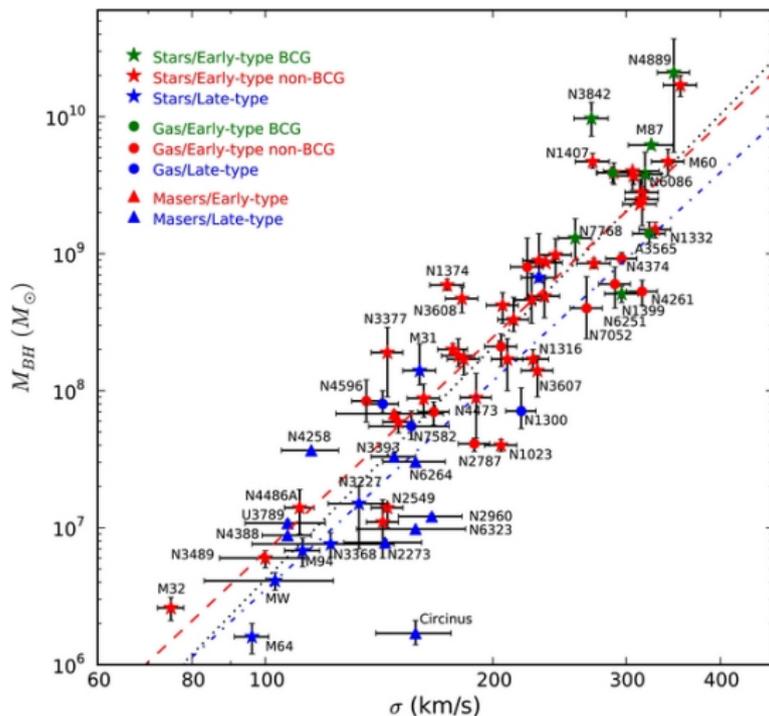
Relação $M_{BH} - \sigma$



Mesmo gráfico de antes mas de um modo didático.



Relação $M_{BH} - \sigma$



Relação $M_{BH} - \sigma$ para 72 galáxias, obtida por McConnell & Ma, ApJ, 2013.



Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

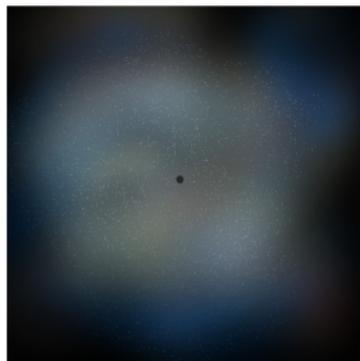
Galáxias starburst

Bibliografia

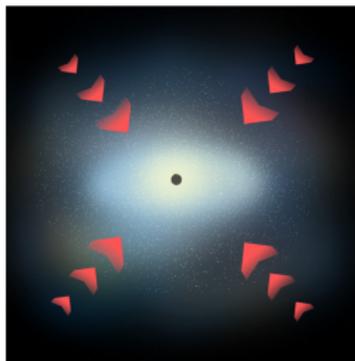


Evolução do BN e da Galáxia

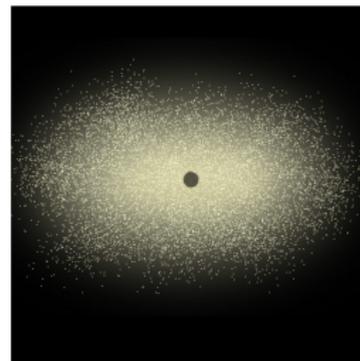
Colapso primordial de um bojo



Nuvem primordial de H colapsa em torno de um pequeno buraco negro “semente”.



O gás em queda alimenta o vazio com mais massa e forma estrelas.

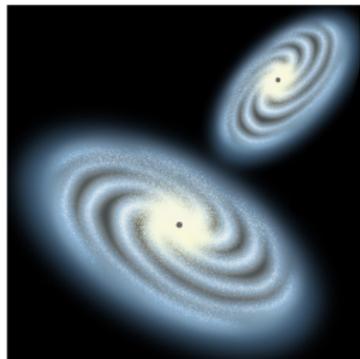


Colapso forma uma galáxia elíptica gigante. O buraco negro pára de crescer.

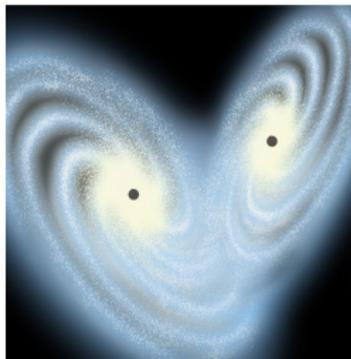


Evolução do BN e da Galáxia

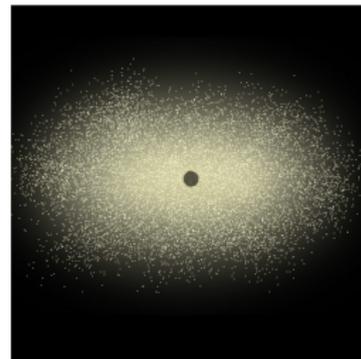
Colisão de galáxias



Duas galáxias espirais com buracos negros no centro se atraem.



As galáxias colidem e os seus núcleos começam a se fundir, com seus buracos negros.

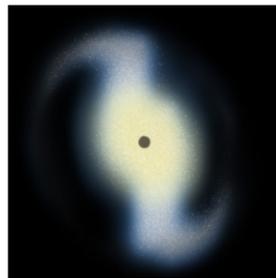
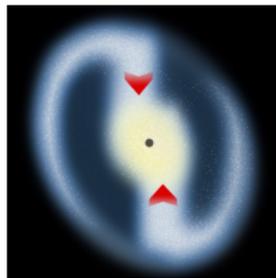


A fusão origina uma galáxia elíptica gigante com um buraco negro central que cresceu proporcionalmente.



Evolução do BN e da Galáxia

Pseudo bojo



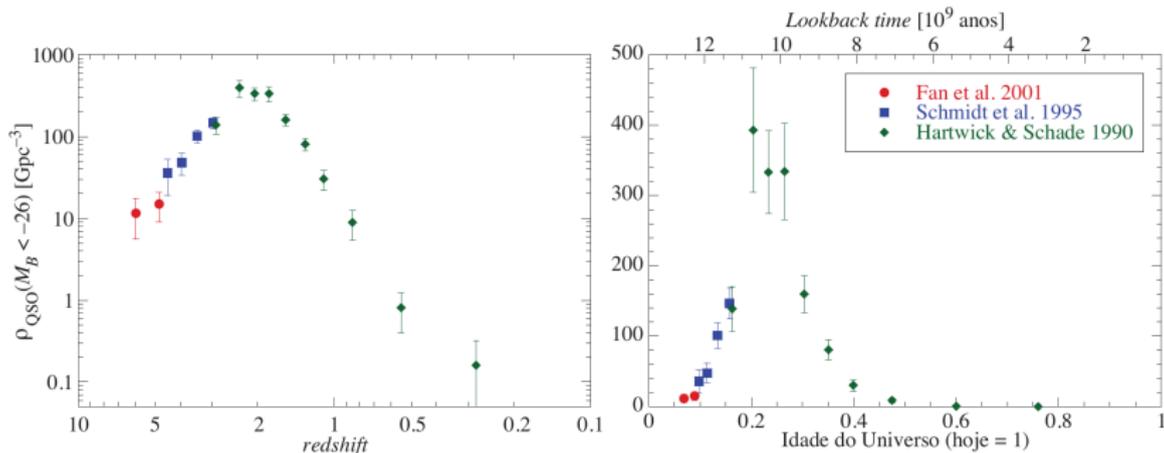
Galáxias espirais se formam com no máximo um único buraco negro semente.

O gás do disco cai em direção ao centro da galáxia aumentando um pseudo bojo que se parece com um bojo primordial mas na verdade é parte do disco.

A medida que o pseudo bojo aumenta, o buraco negro cresce com um aumento proporcional ao do pseudo bojo.



Evolução do BN e da Galáxia



A quantidade de AGNs no universo varia com o tempo, indicando que a formação deles está ligada aos mecanismos de formação e evolução das galáxias. Fig. 215 de Gastão Neto.



Buracos negros de massa intermediária



Como veríamos um buraco negro, imagem do filme Interestelar.
Há um “vazio” de buracos negros com massas de 100 a 10000 M_{\odot} .



M82 X-1



Video: descoberta do buraco negro M82 X-1, com aproximadamente $400 M_{\odot}$.

<https://www.youtube.com/watch?v=TSWZI2oUgnI>



Buraco negro em 47 Tucanae



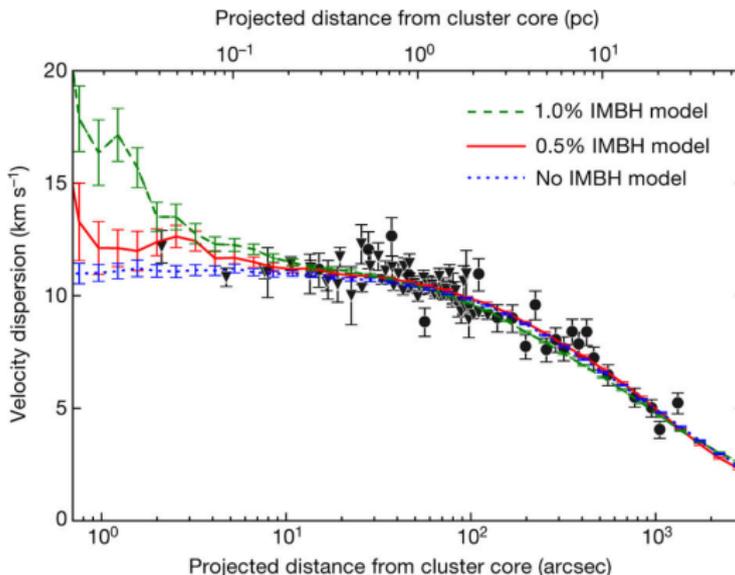
47 Tucanae, segundo maior aglomerado globular da nossa galáxia.

$$M \approx 7 \times 10^5 M_{\odot}.$$

O Buraco Negro afeta o movimento de estrelas mais massivas de forma diferente das menos massivas. Isso gera uma segregação espacial em massa.



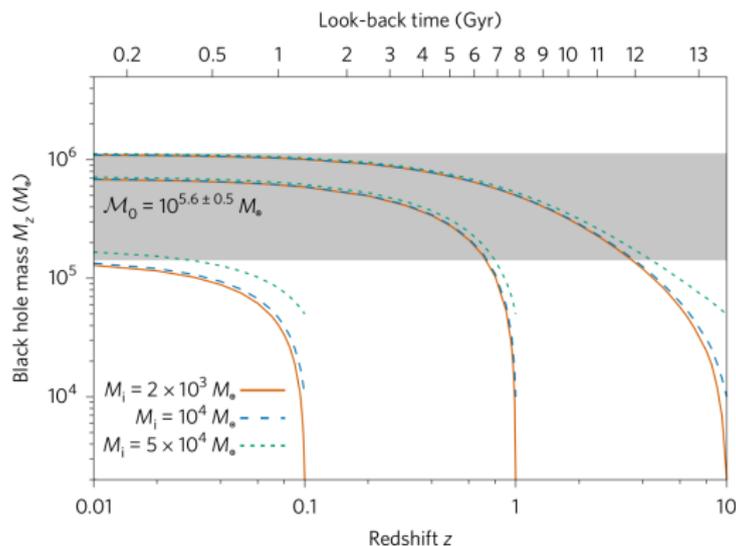
Buraco negro em 47 Tucanae



Kiziltan et al, Nature, 2017. Dispersão de velocidades de pulsares em função da massa do buraco negro (percentual da massa do aglomerado). $M_{BH} = 2300_{-850}^{+1500} M_{\odot}$. O buraco negro de 47 Tuc não acreta matéria, por isso não é visível por meio de ondas eletromagnéticas!



Crescimento dos buracos negros



Alexander & Bar-Or, Nature, 2017. Mostraram que um buraco negro estelar “semente” cresce muito rápido para um buraco negro massivo, em qualquer cenário. Assim, é difícil detectar BNI porque eles duram pouco tempo.



Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

Galáxias starburst

Bibliografia



Galáxias starburst



Algumas galáxias apresentam um surto de formação estelar. Podem ser confundidas com AGNs por causa do alto brilho e da cor azulada. Colisões podem causar o starburst, como na foto ao lado da galáxia da Antena, que é um par de galáxias em colisão.



Índice

Galáxias ativas e seus subtipos

Discos de acrecimento

Buracos negros supermassivos

Relação $M_{BH} - \sigma$

Evolução do Buraco Negro e da Galáxia

Galáxias starburst

Bibliografia



Fontes para estudo

- ▶ O céu que nos envolve, capítulo 9
- ▶ Fascínio do Universo, capítulo 6
- ▶ Curso de Astronomia II do Prof. Steiner, aulas 6 a 8
- ▶ Astronomia Extragaláctica, Gastão Lima Neto, cap 11
- ▶ Seção “Galáxias” em <http://astro.if.ufrgs.br/>



REALIZAÇÃO

