



**Universidade Federal do Rio de Janeiro**  
**Instituto de Física**  
**Mestrado Profissional em Ensino de Física**  
**Tópicos de Física Contemporânea**

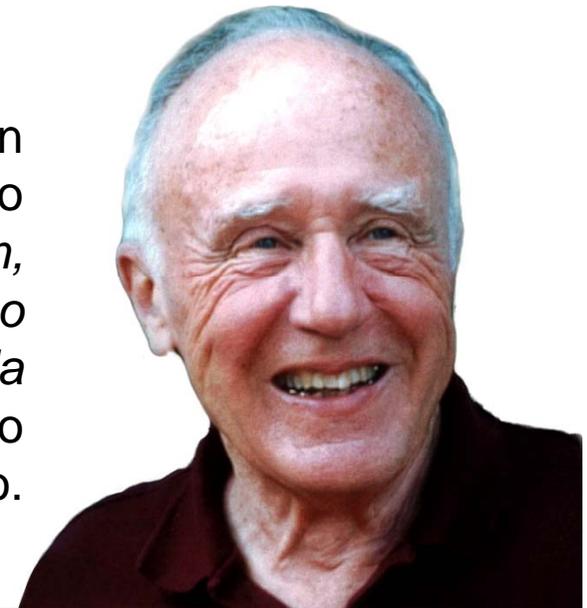
# **Buracos Negros Galácticos**

**Aluno:** Wanderley Junior  
**Professora:** A. C. Tort

# Buracos Negros O que são?

Um buraco negro é uma região do espaço com um campo gravitacional tão intenso que a velocidade de escape do mesmo se iguala à velocidade da luz, isto é, nem mesmo a luz pode escapar de seu interior.

Em 1968, o físico americano John Archibald, em seu artigo científico *"The Known and the Unknown, publicada no American Scholar e no American Scientist, utiliza pela primeira vez a expressão "buraco negro", para designar tal fenômeno.*



**John Archibald Wheeler**

# Buracos Negros Características

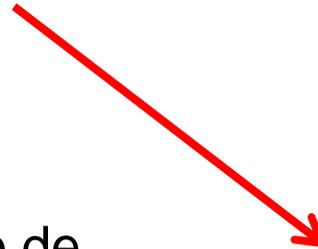
A força gravitacional é muito forte próximo a um buraco negro



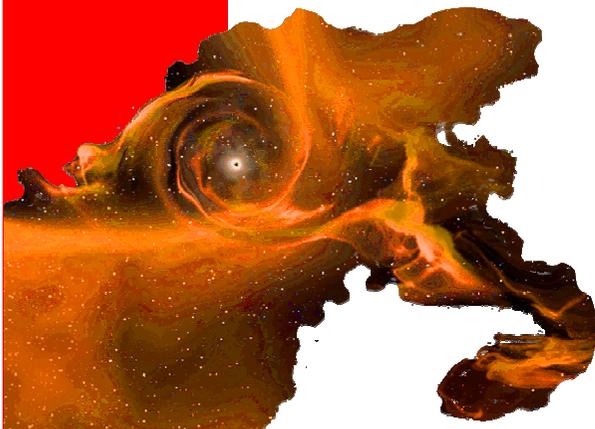
Isso se deve ao fato de que toda a matéria que o buraco negro está concentrada em um único ponto no seu centro.



É chamado de **singularidade** pelos físicos



Acredita-se ser muito menores do núcleo de um átomo.



# Buracos Negros Características

A superfície de um buraco negro é conhecida como o horizonte de eventos



Esta superfície não pode ser vista nem tocada



Nela, a força da gravidade torna-se infinitamente forte e o qualquer objeto sobre ela precipita-se para dentro do buraco à velocidade da luz.

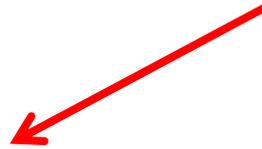


[http://www.physics.hku.hk/~nature/CD/regular\\_e/lectures/images/chap17/singular.jpg](http://www.physics.hku.hk/~nature/CD/regular_e/lectures/images/chap17/singular.jpg)



# Buracos Negros Características

O tamanho de um buraco negro é dado pelo raio do horizonte de eventos do mesmo.

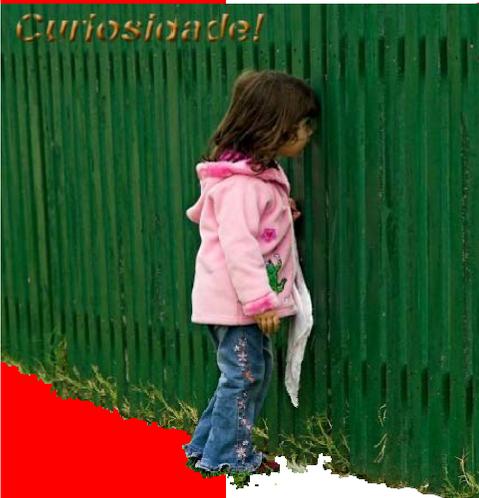


O raio de um buraco negro (em km)

= **3x**

número de massas solares que constitui o material do buraco negro

Curiosidade!

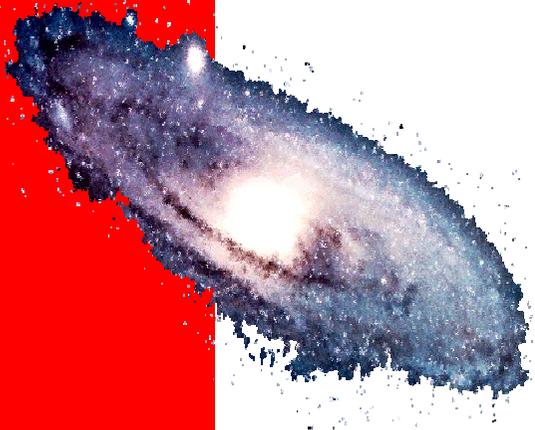


Se pudéssemos porventura comprimir o Sol até que ele fique como um raio de **2,5 km**, o 'Sol super comprimido' iria tornar-se um buraco negro. Da mesma forma a Terra comprimida até ter um raio de **0,9 cm** se transformaria em um buraco negro. Uma montanha de grande porte ultra comprimida formaria um buraco negro nanico de **1 nanômetro** ( $10^{-9}$  m).

# Buracos Negros Supermassivos

Buraco negro supermassivo é uma classe de buracos negros que se acredita encontrar principalmente no centro das galáxias. Ao contrário dos buracos negros estelares que são originados a partir da evolução de estrelas massivas, os buracos negros supermassivos foram formados por imensas nuvens de gás ou por aglomerados de milhões de estrelas que colapsaram sobre a sua própria gravidade quando o universo ainda era bem mais jovem e denso.

Eles possuem uma massa de milhões ou até bilhões de vezes maiores que a massa do Sol.



## ***Colapso primordial de uma protuberância***

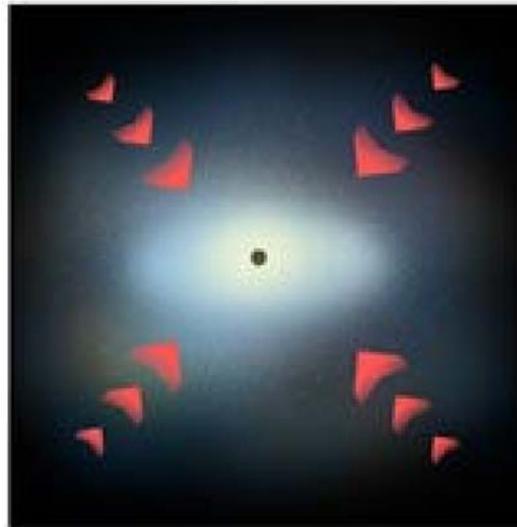
No início da história do Universo, antes das galáxias se formarem, já existiam pequenos buracos negros que atraía o gás primordial de seu entorno, fazendo-o colapsar para dentro do buraco negro.

Estas nuvens que alimentam o buraco negro fazendo-o crescer, ao mesmo tempo inicia a formação de estrelas que formarão a galáxia.

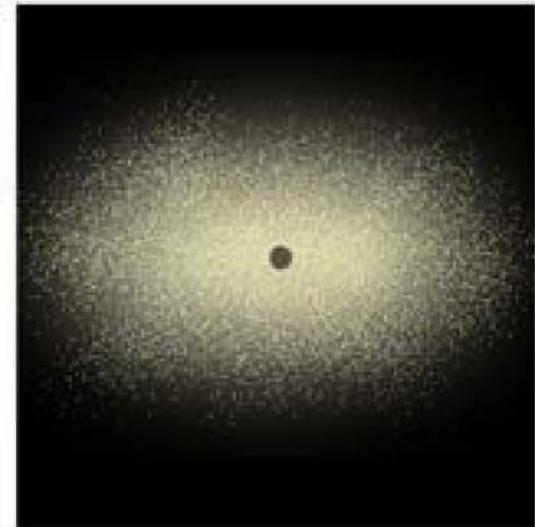
A massa do buraco negro fica proporcional a matéria acrescentada, assim como a massa da galáxia, o que leva com que as duas, a massa do buraco negro central, e a da galáxia sejam proporcionais.



A nuvem de hidrogênio Primordial cai em torno de pequena semente buraco negro



A queda do gás alimenta o buraco com mais massa e a formação de estrelas

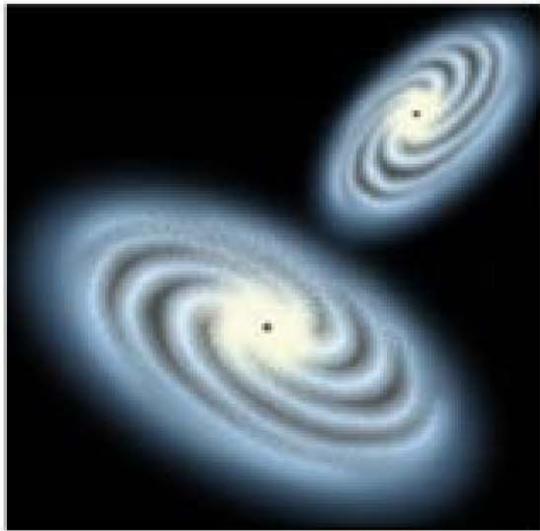


Galáxia elíptica gigante produzida através do colapso. O buraco negro para de crescer.

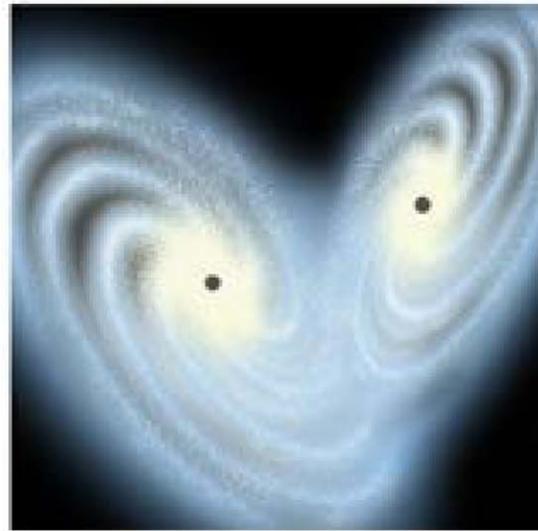
## ***Colisão de Galáxias***

Um buraco negro massivo, no centro de uma galáxia elíptica, pode se formar a partir da colisão de duas galáxias espirais que tinham buracos negros menores em seu centro.

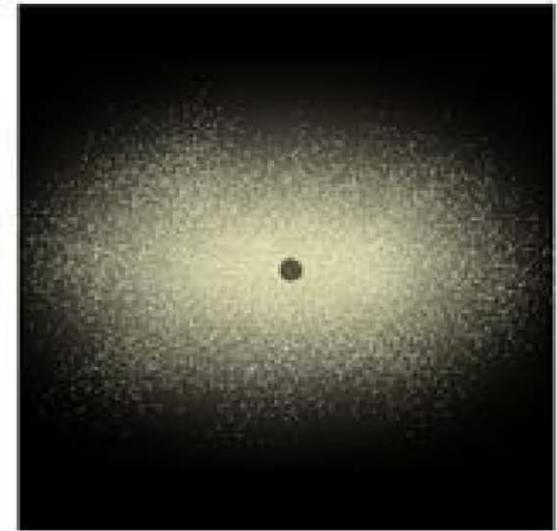
Na colisão os seus bojos se misturam, e os buracos negros se "fundem" num só maior. A fusão das duas galáxias dá origem a uma galáxia elíptica gigante, cujo buraco negro central é agora maior do que os das duas galáxias espirais e de novo proporcional à massa da galáxia elíptica.



Duas galáxias em espiral, com buraco negro central, "caem" uma sobre a outra



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



A fusão produz um Galaxia elíptica gigante com um buraco negro central de massa proporcional a dela.

## Pseudo Bojo

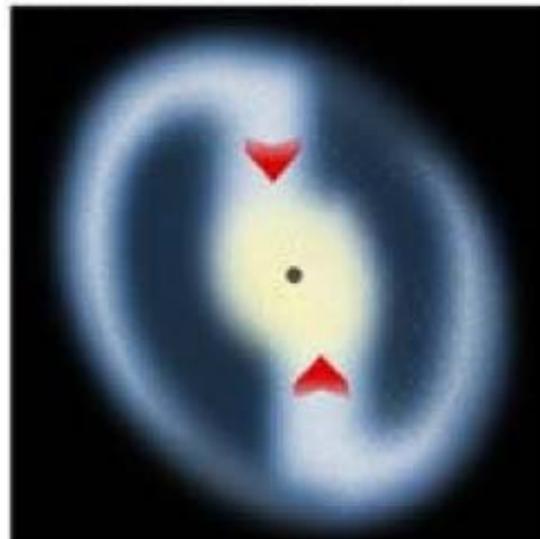
O buraco negro central em uma galáxia também pode crescer junto com o bojo ao longo da vida da galáxia.

A massa para alimentar o buraco negro e para fazer o bojo crescer pode vir das partes externas de uma galáxia espiral.

Dinamicamente isto pode acontecer através de uma barra, que transfere matéria das partes externas à região central de uma galáxia



Forma pura de galáxia em disco com no máximo uma semente de buraco negro



O disco de gás cai no centro da galáxia e cresce um pseudo bojo que se assemelha a uma protuberância primordial, mas na verdade é parte do disco



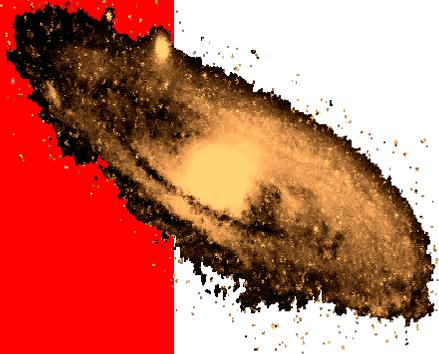
Como o pseudo bojo aumenta, um buraco negro é criado e sua massa aumenta com a da pseudo bojo

## Buracos Negros Supermassivos Como se detectam?

A detecção é feita através do estudo do movimento orbital das estrelas em torno do Buracos Negros Supermassivos (BNS).

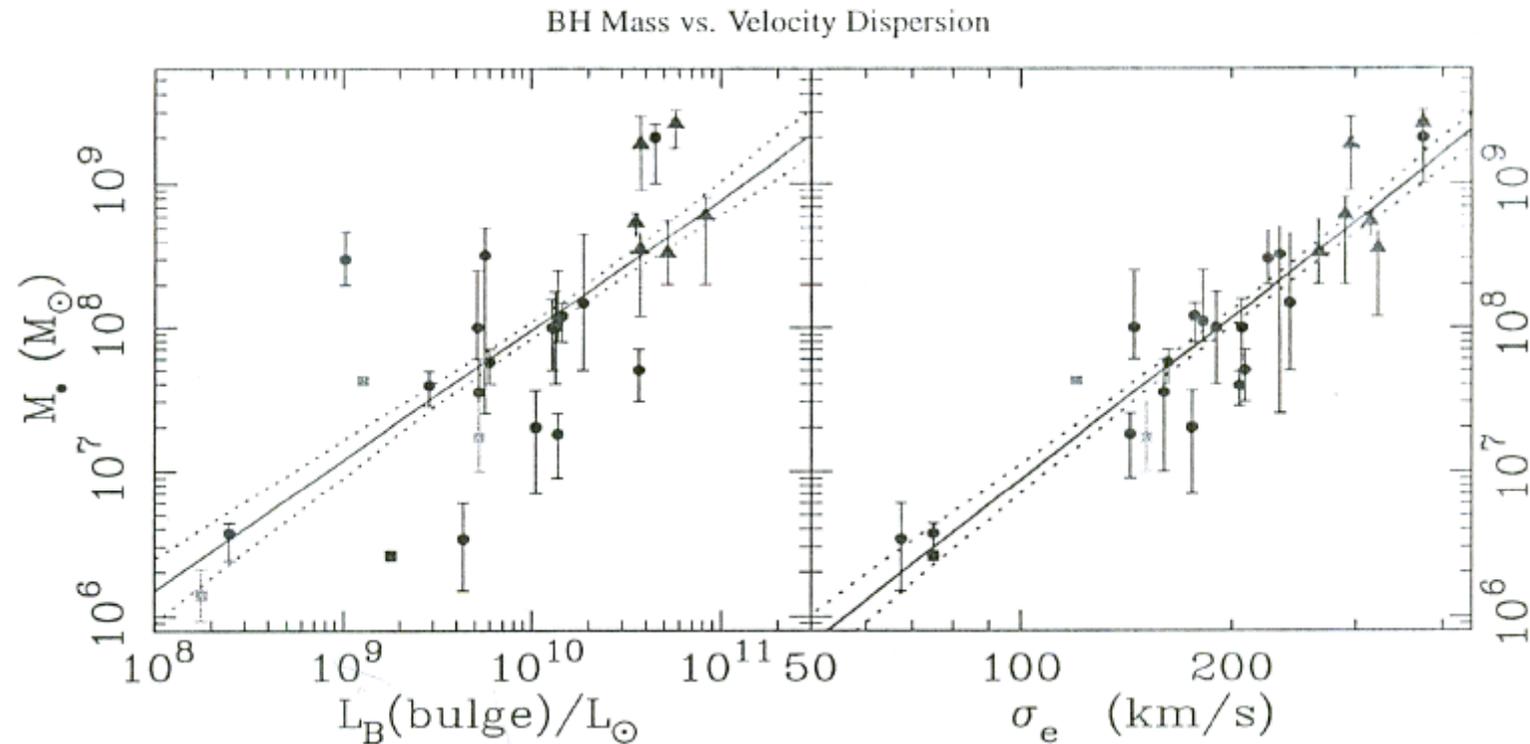
Assim como o movimento dos planetas permite o cálculo da massa do Sol, podemos determinar a massa existente no núcleo das galáxias a partir da velocidade orbital das estrelas desde que as possamos observar bem próximas ao núcleo.

Os astrônomos verificaram que a velocidade das estrelas não para de crescer à medida que nos aproximamos do centro da galáxia e modelos dinâmicos demonstram a necessidade de duas componentes para compor o campo gravitacional observado: uma componente estelar que chamamos de disco e uma componente compacta que seria o BNS.



## Buracos Negros Supermassivos Como se detectam?

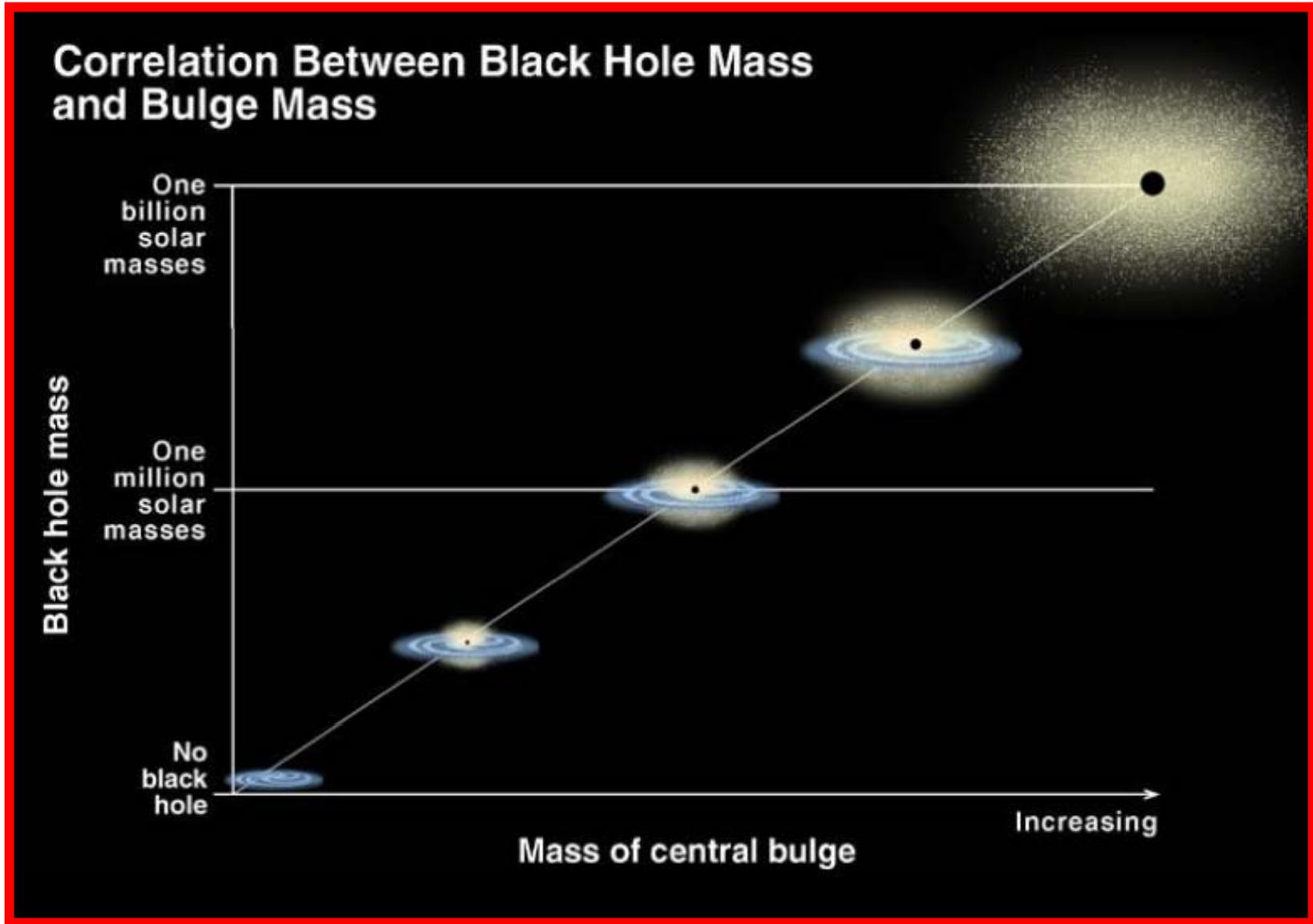
Tudo indica que a formação do buraco Negro central está vinculada à formação do bojo, de forma que bojos mais massivos têm no seu centro BNS mais massivos. Uma extrapolação deste resultado é que todas as galáxias que têm bojo têm um BNS no seu centro, cuja massa pode ser determinada pela relação de proporcionalidade entre os dois. Esta relação, extraída do trabalho de Gebhardt et al. (2000) é ilustrada na figura abaixo.



A figura acima mostra, no painel esquerdo, a relação entre a massa do buraco negro central (eixo vertical) e a luminosidade do bojo em unidades de luminosidades solares (eixo horizontal). No painel direito, os autores mostram que a relação é muito melhor definida quando eles usam a dispersão de velocidades do bojo no eixo horizontal. Como esta última é facilmente obtida para as galáxias, pode ser usada para determinar a massa do buraco negro central.

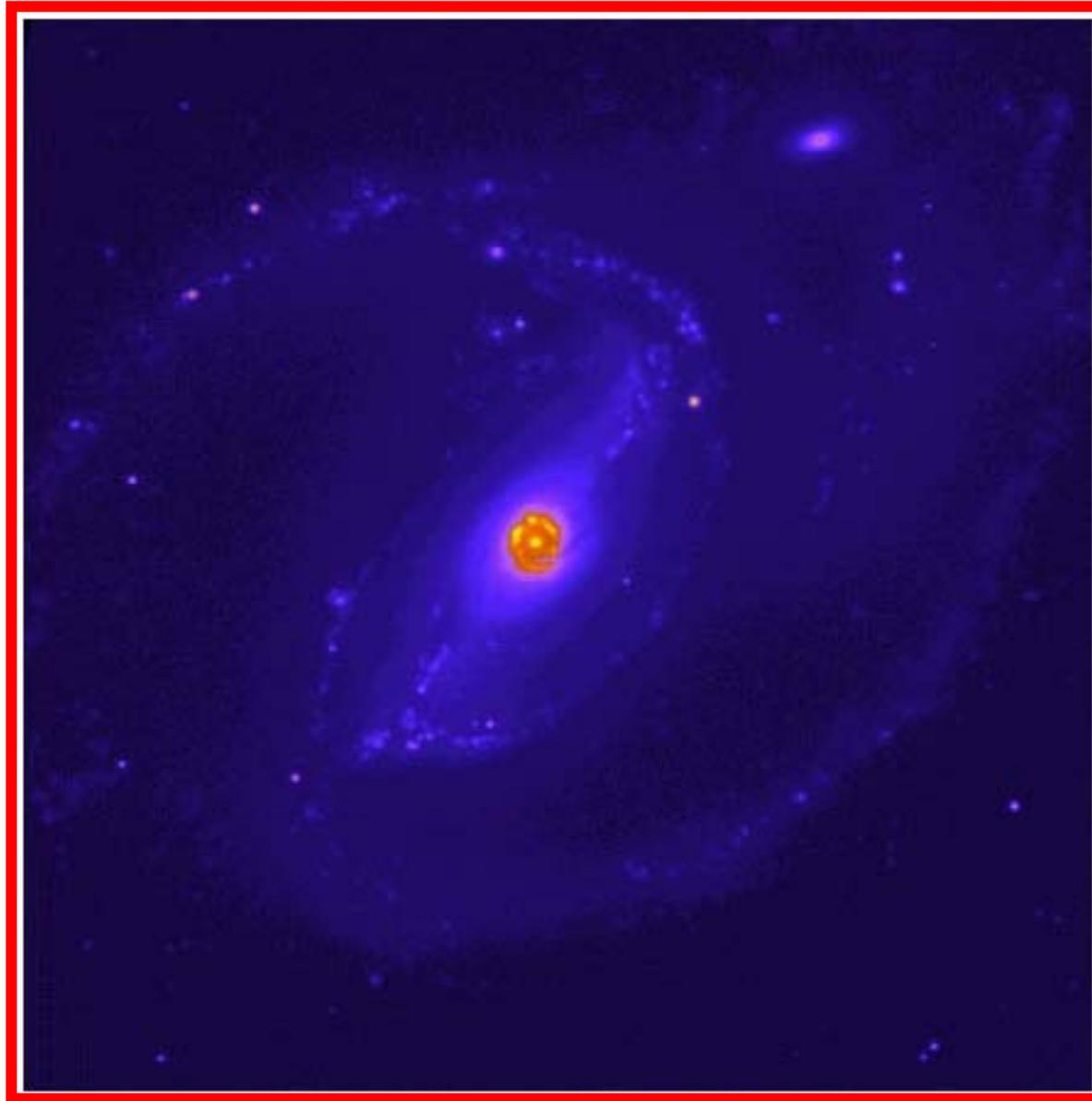
**Buracos Negros Supermassivos**  
**Como se detectam?**

*Correlação entre a massa do B NS (eixo vertical) e do bojo (eixo horizontal):*



**Buracos Negros Supermassivos  
Como se detectam?**

O caso da NGC1097 corresponde ao ponto médio da reta acima, já que o BNS no seu centro tem um milhão de massas solares.



## Buracos Negros Supermassivos O maior conhecido!

O buraco negro mais massivo descoberto até agora situa-se no coração da relativamente perto galáxia gigante M87.

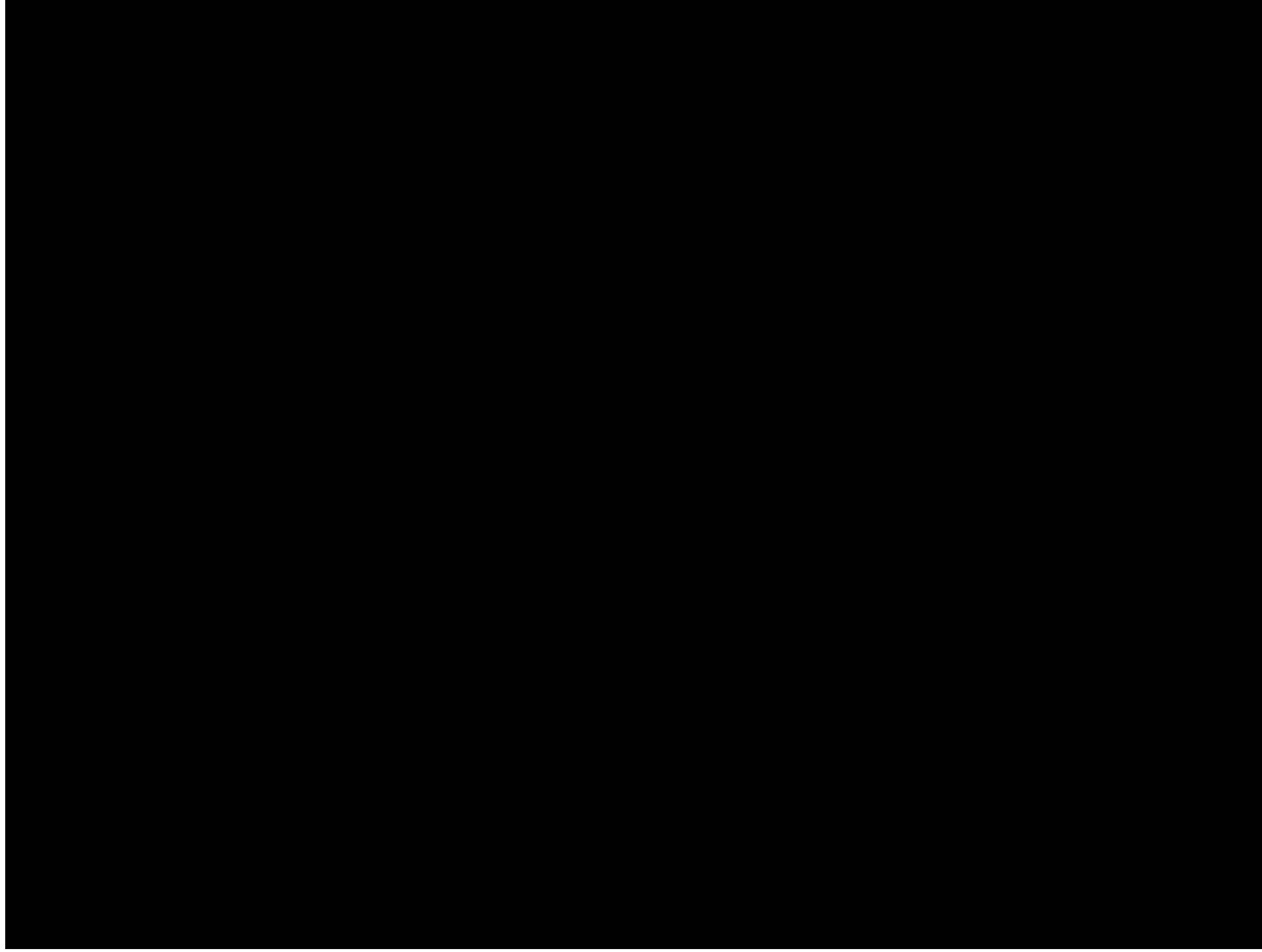
Um novo modelo mostra que o buraco negro supermassivo tem duas a três vezes mais massa do que se pensava, umas gigantescas 6,4 mil milhões de vezes a massa do Sol.

A nova medição sugere que outros buracos negros em grandes galáxias vizinhas possam também ser muito mais pesados que as medições atuais sugerem, e pode ajudar os astrônomos a resolver um quebra-cabeça acerca do desenvolvimento galáctico.



Esta composição de dados no visível, no rádio e em raios-X revela a gigante galáxia elíptica M87. Crédito: NASA/CXC/CfA/W. Forman et al./NRAO/AUI/NSFW. Cotton; ESA/Hubble Heritage Team (STScI/AURA), e R. Gendler. (clique na imagem para ver versão maior)

*Buracos Negros Supermassivos*  
**BNS!**



[http://www.if.ufrgs.br/~thaisa/bn/bn\\_formSMB.htm](http://www.if.ufrgs.br/~thaisa/bn/bn_formSMB.htm)

<http://eternosaprendizes.com/tag/horizonte-de-eventos/>

[http://www.ccvalg.pt/astronomia/noticias/2009/06/10\\_buraco\\_negro\\_m87.htm](http://www.ccvalg.pt/astronomia/noticias/2009/06/10_buraco_negro_m87.htm)

[http://www.nasa.gov/worldbook/blackhole\\_worldbook.html](http://www.nasa.gov/worldbook/blackhole_worldbook.html)

McClintock, Jeffrey E. "Black hole." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc.

<http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar062594>