

Investigando relíquias do início do Universo: análise estrutural de galáxias elípticas compactas no Universo Local

Rodrigo Flores de Freitas

Instituto de Física, Departamento de Astronomia, UFRGS, Porto Alegre, Brasil

Considerando o cenário de evolução de galáxias massivas em duas fases, na qual o núcleo compacto da galáxia se forma primeiro, seguido de um crescimento de massa e tamanho através de fusões com outras galáxias menores, e dada a natureza estocástica das fusões, poderíamos esperar que algumas "sementes" compactas de galáxias que se formaram no início do Universo tenham se mantido inalteradas e poderiam ser encontradas hoje no Universo local. Uma classe desses objetos seria aquela composta por objetos nomeados na literatura como *Red Nuggets*, que são galáxias compactas ($R_e \sim 2.5$ kpc), massivas ($M \sim 10^{11} M_\odot$), com população estelar majoritariamente velha, e que são observadas com altos desvios para o vermelho ($2 < z < 3$, quando a idade do Universo era ~ 2.5 bilhões de anos). Galáxias com essas características encontradas no Universo local são consideradas relíquias e podem nos ajudar a entender a formação e evolução das galáxias massivas. Neste trabalho, foram analisadas 16 galáxias do Universo local que são possíveis análogas às *Red Nuggets* distantes, cujas imagens foram obtidas com o Telescópio Espacial Hubble nos filtros F160W e F814W no trabalho de Yildirim et al. (2017). Em colaboração com Ana Chies Santos, Cristina Furlanetto e Fabrício Ferrari, foi iniciado o estudo de suas estruturas através do ajuste de perfis de Sérsic 2D com os softwares IMFIT e GALFIT, avaliando os resultados segundo a plausibilidade física dos parâmetros de ajuste, estatística e presença significativa de estruturas no resíduo. A análise dos parâmetros estruturais permitirá inferir se esses objetos são de fato relíquias ou se são os núcleos compactos remanescentes de galáxias maiores que se formaram segundo o cenário de duas fases, mas que tiveram seu envelope estelar externo posteriormente removido devido a interação com outras galáxias. A caracterização estrutural dessa amostra é importante pois pode servir como base para futuras buscas de mais *Red Nuggets* no Universo local e distante, que por sua vez irão auxiliar na determinação de sua densidade numérica em diferentes épocas, agregando conhecimento ao estudo geral de evolução de galáxias.

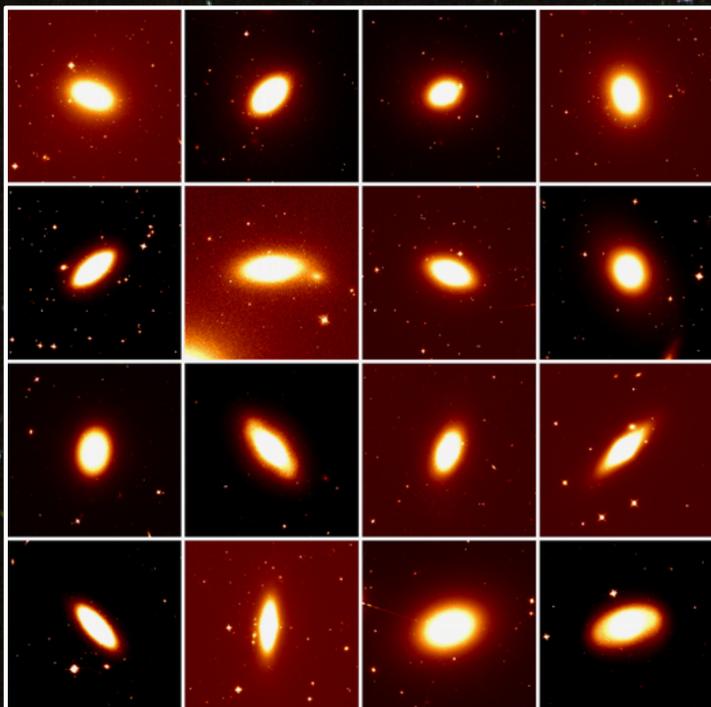


Figura 1 - Amostra^[1] de galáxias de obtidas na banda F160W.

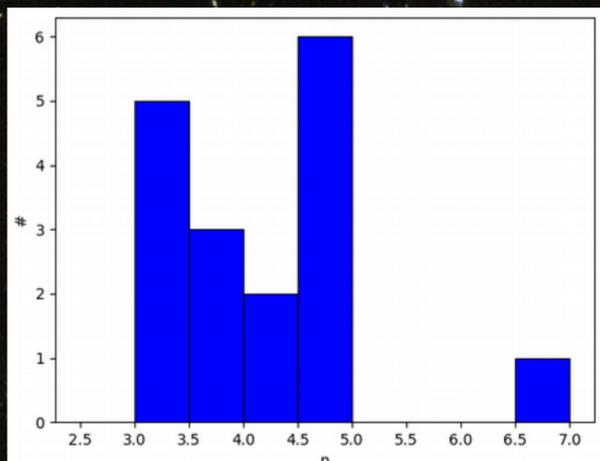


Figura 4 - Histograma de índices de Sérsic (n) para as galáxias nos ajustes de uma componente.

Figura 3 - *Superior*: Gráfico de comparação da intensidade luminosa média (sobre elipses com semi-eixo maior R) entre a galáxia NGC 0472 e o respectivo modelo apresentado na Figura 5. *Inferior*: Intensidade luminosa média sobre elipses com semi-eixo maior R calculadas sobre o resíduo e normalizadas pela intensidade média na imagem da galáxia. Resid./Total expressa a razão entre a intensidade total do resíduo e da imagem da galáxia. Parâmetros do ajuste:
 $n_1 = 5.846 \pm 0.001$, $R_{e1} = 1.792 \pm 0.024$;
 $n_2 = 1.993 \pm 0.001$, $R_{e2} = 12.74 \pm 0.17$.

$$I(R) = I_e \exp \left\{ -b_n \left[\left(\frac{R}{R_e} \right)^{1/n} - 1 \right] \right\}$$

Figura 2 - Modelo de Sérsic^[2] que descreve perfil de intensidade para luz da galáxia. Onde I_e é a intensidade no raio efetivo R_e que engloba metade da luz total, n é o índice de Sérsic, que descreve a do perfil, e b_n é um parâmetro definido em termos de n .

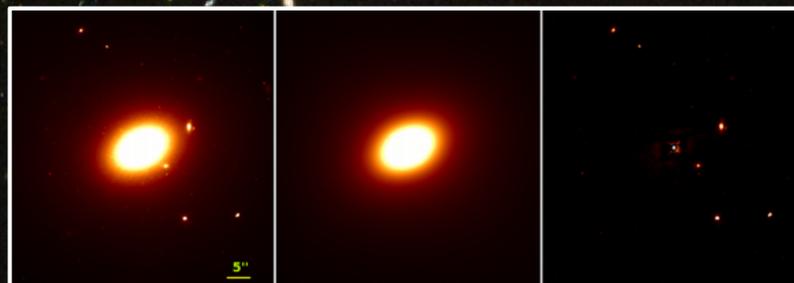
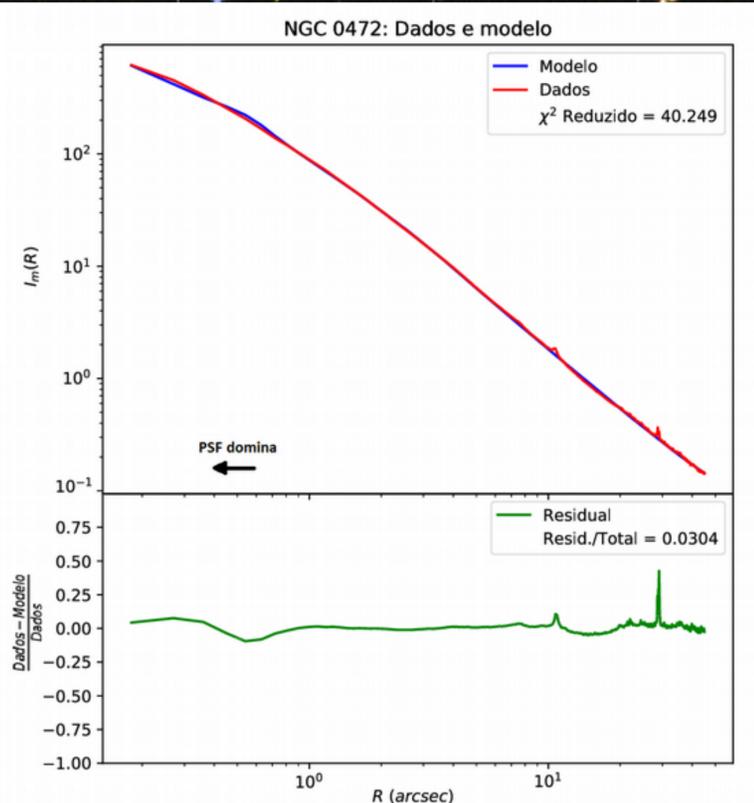


Figura 5 - *Esquerda*: Imagem da galáxia NGC 0472 obtida com filtro F160W. *Centro*: Modelo de duas componentes Sérsic gerado com software IMFIT. *Direita*: Resíduo remanescente da subtração modelo-imagem. Todas as três imagens encontram-se na mesma escala de intensidade. Nestas imagens o tamanho angular 5'' corresponde ao tamanho físico de aproximadamente 1.8 kpc.

Referências

- [1] Yildirim, A. et al. *The structural and dynamical properties of compact elliptical galaxies*, MNRAS, 2017.
[2] Graham, A.W. and Driver, S.P., *A Concise Reference to (Projected) Sérsic $R^{1/n}$ Quantities, Including Concentration, Profile Slopes, Petrosian Indices, and Kron Magnitudes*, PASA, 2005.



Resultados

Os ajustes com uma componente Sérsic em sua maioria resultaram em índices $3.5 < n < 5$, porém estruturas significativas no resíduo indicam que as galáxias da amostra não podem ser totalmente descritas com uma única componente. Ajustando-se duas componentes Sérsic obteve-se dois tipos principais de modelo:

- A) Comp. central ($R_e < 3$ kpc) compacta ($n > 5$) + Comp. externa esferoidal ($2 > n > 4$);
B) Comp. central ($R_e < 3$ kpc) compacta ($n > 5$) + Comp. disco ($n \sim 1$);