

BUSCANDO PROTAGLOMERADOS NO UNIVERSO DISTANTE

AS ASTROCIENTISTAS

 **M.R. da Costa**

Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Rio de Janeiro, 20.080-090, Brasil,
marianarubet@astro.ufrj.br

 **K. M. Delmestre**

Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Rio de Janeiro, 20.080-090, Brasil,
kmd@astro.ufrj.br

 **T. S. Gonçalves**

Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Rio de Janeiro, 20.080-090, Brasil,
tsg@astro.ufrj.br

RESUMO

Protoaglomerados são os progenitores das estruturas mais massivas do Universo, os aglomerados de galáxias. Presentes nos estágios iniciais do Universo, quando as grandes estruturas estavam em formação, eles são caracterizados por alta densidade numérica de galáxias e, portanto, são excelentes laboratórios naturais para investigar de que forma efeitos ambientais podem afetar a evolução das galáxias. Esses ambientes tipicamente abrigam galáxias com intensa formação estelar e, frequentemente, galáxias obscurecidas por poeira, resultando em grandes luminosidades nas bandas infravermelhas. Uma população de objetos distantes com intensa formação estelar obscurecida por poeira é a de galáxias submilimétricas (conhecidas como SMGs - submillimeter galaxies), cuja emissão no infravermelho é desviada para a região submilimétrica do espectro por efeito do redshift cosmológico. Neste trabalho, usamos SMGs como alvos para identificar potenciais regiões de protoaglomerados. Combinamos imageamento profundo e observações espectroscópicas para identificar galáxias emissoras da linha Lyman α (conhecidas como LAEs - Ly α emitters) nos redshifts de SMGs ($\Delta z = \pm 0.03$), como um meio de avaliar a presença de galáxias tipicamente em formação estelar nas vizinhanças de SMGs. Identificamos 4 regiões candidatas a protoaglomerados no intervalo de redshift $z = 1 - 5$. A análise preliminar do campo COSMOS aponta para um leve excesso de densidade de LAEs em torno de SMGs em $z \sim 4.5$, em comparação com a densidade de LAEs no campo. Este resultado preliminar é consistente com um cenário em que SMGs traçam estruturas mais típicas do Universo, com massas moderadas, em vez das estruturas mais massivas, que se tornam aglomerados semelhantes a Coma no Universo local. As SMGs podem ser, portanto, uma população ainda pouco explorada para compreender a formação de grupos e aglomerados de galáxias mais típicos e não apenas os mais massivos.

Palavras-chave estrutura em larga escala, galáxias submilimétricas, alto redshift

1 Introduction

É conhecido por meio de observações que galáxias em ambientes densos têm características diferentes das encontradas no campo [por exemplo, [1](#)]. No entanto, como o ambiente afeta a evolução intrínseca das galáxias ainda é uma questão em aberto. Para entender esta relação galáxia-ambiente podemos investigar ambientes densos desde seus estágios iniciais de formação. Aglomerados de galáxias são as estruturas mais densas do Universo local. Eles se formaram a partir de flutuações de densidade no Universo primordial e, devido ao colapso gravitacional, se tornaram atualmente as estruturas de grande escala

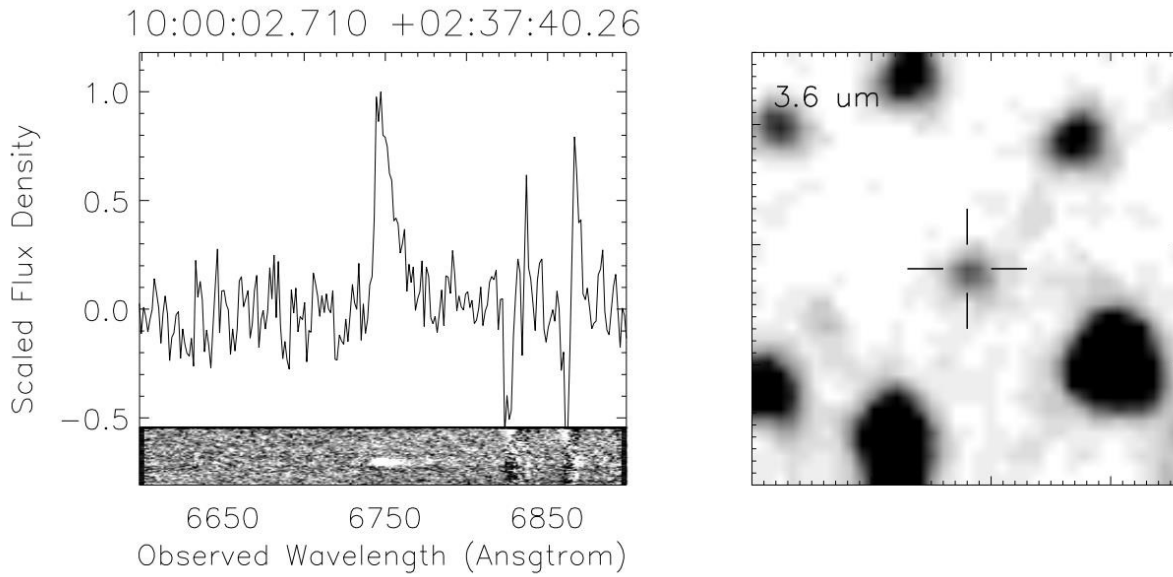


Figura 1: Esquerda: Detecção espectroscópica de uma LAE com a câmera IMACS em Baade, Observatório de Las Campanas (Chile). Direita: Imagem em infravermelho médio do arquivo Spitzer/IRAC, da LAE detectada à esquerda. Imagens de arquivos públicos em outras bandas abrem a possibilidade de estimar propriedades de galáxias individuais (por exemplo, massa estelar e presença de AGN).

mais massudas do Universo ($M \geq 10^{14} M_{\text{sol}}$). Estes sistemas abrigam centenas a milhares de galáxias agrupadas num mesmo redshift [$\Delta v \simeq 1000 \text{ km/s}$; [2](#)], com pequenas distâncias projetadas entre elas [1-5 Mpc; [2](#)]. Protoaglomerados são os estágios iniciais de formação dessas grandes estruturas, em alto redshift. Eles constituem sistemas esparsos de galáxias, que ocupam uma extensão da ordem de dezenas de Mpc [3](#). Identificar esses sistemas esparsos é desafiador, e uma estratégia usada para este fim é procurar por objetos que tenham uma alta probabilidade de habitar halos massudos em alto redshift. Buscas foram feitas com radiogaláxias, que são potenciais progenitoras de galáxias elípticas massivas comumente encontradas nos centros de aglomerados de galáxias locais [4](#). Outra classe de objetos usados como alvos são quasares (QSOs), embora ainda não haja consenso se eles habitam halos densos ou não (vide [5](#) [6](#)). Neste trabalho usamos galáxias submilimétricas (SMGs) como alvos para identificar protoaglomerados. SMGs são galáxias muito empoeiradas, com alta taxa de formação estelar, em alto redshift. Por serem objetos muito distantes, a radiação infravermelha emitida pela poeira sofre redshift cosmológico e é observada na região submilimétrica do espectro eletromagnético. Trabalhos anteriores [7](#) previram que SMGs habitam halos massudos ($M \simeq 10^{13} M_{\text{sol}}$) em redshift $z \sim 2$. Recentemente, baseados no fato de que as SMGs detectadas por telescópios de antena única são muitas vezes fontes misturadas, estudos [8](#) sugerem que os halos que abrigam SMGs podem ser até 4 vezes menos massudos do que [7](#) haviam previsto. Outros estudos [9](#) encontraram SMGs habitando regiões mais típicas, de menor massa, passando por episódios ativos de formação estelar. Este cenário sugere que SMGs podem traçar diferentes tipos de ambientes, associados a halos de massas mais moderadas e mais representativas dos halos típicos. Neste trabalho, usamos SMGs como alvos para potenciais regiões de protoaglomerados. Combinamos imageamento profundo e observações espectroscópicas para identificar galáxias emissoras da linha $\text{Ly}\alpha$ (conhecidas como LAEs) nos redshifts das SMGs ($\Delta z = \pm 0.03$). Como a linha $\text{Ly}\alpha$ é a linha mais forte emitida na recombinação do átomo de Hidrogênio neutro e ela está frequentemente associada a regiões de formação estelar, esta é uma forma de buscar por uma população de galáxias típicas em formação estelar, nas vizinhanças das SMGs. Dentre 4 potenciais regiões de protoaglomerados na faixa de redshift $z = 1 - 5$, que corresponde a um intervalo de tempo de mais de 4 Giga anos, estamos neste trabalho analisando uma região no campo COSMOS, em redshift $z = 4.56$.

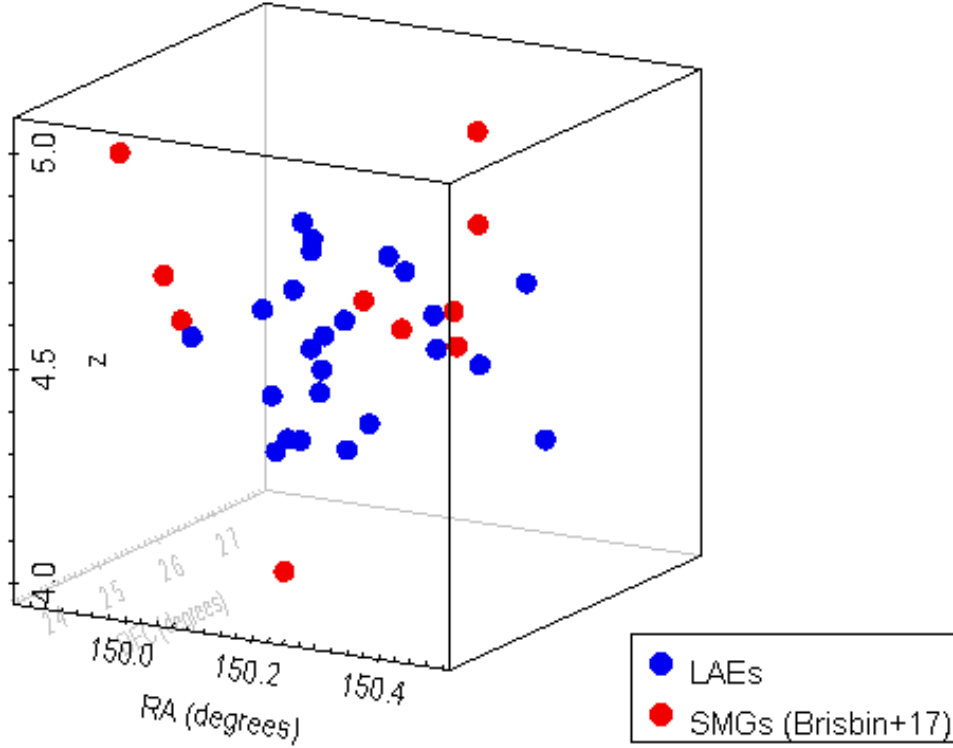


Figura 2: Gráfico em 3D de regiões candidatas a protoaglomerado em redshift $z \sim 4.5$, no campo COSMOS. Círculos vermelhos mostram a localização de SMGs com redshifts espectroscópicos conhecidos ([10], [11]); os azuis, LAEs detectadas espectroscopicamente por nossa equipe com o instrumento IMACS, no Observatório de Las Campanas.

2 Metodologia

LAEs dominam a extremidade menos luminosa da função de luminosidade [vide [12]], e permitem identificar uma população ordinária de galáxias, em processo de formação estelar, nas regiões sobredensas. Usamos SMGs com redshifts espectroscópicos previamente determinados (por exemplo [10], [11]) como alvos para regiões potencialmente sobredensas e combinamos imageamento profundo e observações espectroscópicas para identificar LAEs nos redshifts dessas SMGs ($\Delta z = \pm 0.03$). Para verificar se as regiões observadas são sobredensas, comparamos a densidade de LAEs detectadas em nosso estudo com a densidade de LAEs no campo em redshifts semelhantes [por exemplo [13]]. Isso nos permite caracterizar o ambiente que estamos investigando.

Estamos atualmente analisando uma região no campo COSMOS, em $z = 4.56$. A câmera IMACS do Telescópio Magellan Baade, no Observatório de Las Campanas, tem um campo de visão cujo diâmetro é 27 minutos de arco, que nos permite sondar regiões de $\sim 10\text{Mpc}$ em extensão, em redshift $z \sim 4$. Com base apenas nas detecções espectroscópicas de LAEs feitas com o IMACS (Figura 1, uma das detecções), uma análise preliminar da distribuição LAEs nos redshifts das SMGs dentro do campo COSMOS mostra um grupo de 7 LAEs e 2 SMGs em $z = 4.56(\pm 0.03)$. O volume desta região, $1.12 \times 10^5 \text{ cMpc}^3$, é consistente com dimensões do protoaglomerados [3]. Usamos o trabalho de [13], sobre a distribuição espacial de LAEs neste mesmo redshift, como uma amostra controle para definir a densidade numérica de LAEs no campo. Medimos uma sobredensidade numérica de LAEs de 0.26 considerando a seguinte definição:

$$\delta = (n - \bar{n})/\bar{n},$$

em que n é a densidade de LAEs da região observada no campo COSMOS e \bar{n} é a densidade de LAEs em [13]. Este resultado aponta um leve excesso de densidade de LAEs na região observada. Esta análise preliminar é consistente com um cenário em que SMGs traçam estruturas de massas moderadas, como em [9].

3 Próximos Passos

LAEs identificadas através de observações em banda estreita nesta mesma região em $z = 4.56$ do COSMOS serão incluídas na análise da sobredensidade. Calcularemos também a sobredensidade em massa e a massa do halo em $z = 0$ desta estrutura. Com isto buscamos compreender que tipo de estrutura está sendo traçada por SMGs.

Agradecimentos

MRC agradece o apoio da Fundação CAPES. KMD agradece o apoio do Instituto Serrapilheira (bolsa Serra-1709-17357) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (bolsa CNPq 312702/2017-5) e da Fundação Carlos Chagas Filho pelo apoio à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro (bolsa FAPERJ E-26/203.184/2017), Brasil.

Referências

- [1] A. Dressler. Galaxy morphology in rich clusters: implications for the formation and evolution of galaxies. , 236:351–365, March 1980.
- [2] Neta A. Bahcall. Large-scale structure in the universe indicated by galaxy clusters. , 26:631–686, January 1988.
- [3] Roderik A. Overzier. The realm of the galaxy protoclusters. *The Astronomy and Astrophysics Review*, 24(1), Nov 2016.
- [4] C. Collet, N. P. H. Nesvadba, C. De Breuck, M. D. Lehnert, P. Best, J. J. Bryant, D. Dicken, H. Johnston, R. Hunstead, and D. Wylezalek. Defying jet-gas alignment in two radio galaxies at $z \sim 2$ with extended light profiles: Similarities to brightest cluster galaxies. *Astronomy Astrophysics*, 579:A89, Jul 2015.
- [5] J. F. Hennawi, J. X. Prochaska, S. Cantalupo, and F. Arrigoni-Battaia. Quasar quartet embedded in giant nebula reveals rare massive structure in distant universe. *Science*, 348(6236):779–783, May 2015.
- [6] Hisakazu Uchiyama, Jun Toshikawa, Nobunari Kashikawa, Roderik Overzier, Yi-Kuan Chiang, Murilo Marinello, Masayuki Tanaka, Yuu Niino, Shogo Ishikawa, Masafusa Onoue, and et al. Luminous quasars do not live in the most overdense regions of galaxies at $z \sim 4$. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 70(SP1), Dec 2017.
- [7] Ryan C. Hickox, J. L. Wardlow, Ian Smail, A. D. Myers, D. M. Alexander, A. M. Swinbank, A. L. R. Danielson, J. P. Stott, S. C. Chapman, K. E. K. Coppin, and et al. The laboca survey of the extended chandra deep field-south: clustering of submillimetre galaxies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, page no–no, Jan 2012.
- [8] Cristina Garcia-Vergara, Jacqueline Hodge, Joseph F. Hennawi, Axel Weiss, Julie Wardlow, Adam D. Myers, and Ryan Hickox. The clustering of submillimeter galaxies detected with alma, 2020.
- [9] S. C. Chapman, A. Blain, R. Ibata, R. J. Ivison, I. Smail, and G. Morrison. Do Submillimeter Galaxies Really Trace the Most Massive Dark-Matter Halos? Discovery of a High- z Cluster in a Highly Active Phase of Evolution. , 691(1):560–568, January 2009.
- [10] I. Aretxaga, G. W. Wilson, E. Aguilar, S. Alberts, K. S. Scott, N. Scoville, M. S. Yun, J. Austermann, T. P. Downes, H. Ezawa, B. Hatsukade, D. H. Hughes, R. Kawabe, K. Kohno, T. Oshima, T. A. Perera, Y. Tamura, and M. Zeballos. AzTEC millimetre survey of the COSMOS field - III. Source catalogue over 0.72 deg^2 and plausible boosting by large-scale structure. , 415(4):3831–3850, August 2011.
- [11] Drew Brisbin, Oskari Miettinen, Manuel Aravena, Vernesa Smolčić, Ivan Delvecchio, Chunyan Jiang, Benjamin Magnelli, Marcus Albrecht, Alejandra Muñoz Arancibia, Hervé Aussel, and et al. An alma survey of submillimeter galaxies in the cosmos field: Multiwavelength counterparts and redshift distribution. *Astronomy Astrophysics*, 608:A15, Nov 2017.
- [12] Eric Gawiser, Harold Francke, Kamson Lai, Kevin Schawinski, Caryl Gronwall, Robin Ciardullo, Ryan Quadri, Alvaro Orsi, L. Felipe Barrientos, Guillermo A. Blanc, and et al. Ly-emitting galaxies at $z \sim 3.1$: progenitors experiencing rapid star formation. *The Astrophysical Journal*, 671(1):278–284, Dec 2007.
- [13] Steve Dawson, James E. Rhoads, Sangeeta Malhotra, Daniel Stern, JunXian Wang, Arjun Dey, Hyron Spinrad, and Buell T. Jannuzi. A Luminosity Function of Ly α -emitting Galaxies at $z \sim 4.5$. , 671(2):1227–1240, December 2007.