



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76

Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024

ESTUDO ESPECTROSCÓPICO DA GALÁXIA PECULIAR AM 0212-412 (ESO 298-IG 024)

Davi Santa Rosa Medeiros¹; Paulo César da Rocha Poppe²; Silvia Carla Cerqueira Porto³ e Vera Aparecida Fernandes Martin⁴

1. Bolsista IC-Júnior/CNPq, Estudante de Eletrotécnica Integrado do Instituto Federal da Bahia - Campus Feira de Santana, e-mail: davi.santarosa.medeiros@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br
3. Coorientadora, Instituto Federal da Bahia - Campus Feira de Santana, e-mail: silviaporto@ifba.edu.br
4. Coorientadora, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Galáxia Peculiar; Espectroscopia; Redução de dados.

INTRODUÇÃO

Galáxias são vastas estruturas compostas por uma variedade de componentes, tais como estrelas, planetas, poeira, radiação e matéria escura, todos ligados gravitacionalmente. Essas formações foram denominadas como “nebulosas” até o século XX, quando se tornou claro que eram sistemas externos à Via Láctea. Em 1923, Edwin Powell Hubble classificou tais sistemas em elípticas, espirais e irregulares (Oliveira & Saraiva, 2017). Contudo, existem galáxias que não se encaixam no esquema de classificação de Hubble por conta da morfologia; estas são as galáxias peculiares.

Galáxias peculiares são aquelas cuja morfologia não é semelhante a de nenhuma galáxia dos tipos da classificação de galáxias de Hubble (Naim & Lahav, 1996). Esses objetos são identificados a partir de características estruturais resultantes de interações gravitacionais como fusões, colisões ou efeitos de maré, além de assinaturas espectrais distintas presentes nas regiões nuclear e extranuclear.



Figura 1: Galáxia peculiar AM 0212-412. Fonte: Legacy Survey Team.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar o tipo de atividade nuclear da galáxia peculiar AM 0212-412 (ESO 298-IG 024, ver Figura 1), formada pela interação gravitacional entre os objetos ESO 298-IG 024 NED 01 e ESO 298-IG 024 NED 02 (NASA/IPAC Extragalactic Database, 2024). Essa galáxia está catalogada na Categoria 15 (galáxias com caudas, loops de matéria e detritos) no Catálogo de Galáxias Peculiares do Hemisfério Sul (Arp & Madore, 1987).

A justificativa maior desta pesquisa reside na necessidade de compreender os mecanismos responsáveis pela formação e evolução das galáxias peculiares, bem como o impacto na estrutura morfológica e na atividade desses sistemas. A compreensão das propriedades espectrais da AM 0212-412 pode contribuir para o desenvolvimento de modelos teóricos mais precisos sobre a formação e a dinâmica das galáxias peculiares.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

O espectro da galáxia, na faixa do comprimento de onda visível, aproximadamente entre 4000 e 7000 Å, foi adquirido no Observatório do Pico dos Dias/Laboratório Nacional de Astrofísica (OPD/LNA-MCTI) com a utilização do Telescópio Perkin-Elmer de 1,6 m e do Espectrógrafo Cassegrain, esse equipado com uma fenda longa com largura de 3 segundos de arco (Brasil, 2024). Após a obtenção do espectro e de outros dados espectroscópicos (*bias* e *flat-fields*, lâmpada de Hélio-Argônio e estrelas espectrofotométricas) foram reduzidos no ambiente PyRAF, programa que, segundo a PyRAF Community (2024), é uma interface baseada na linguagem de script *Python* construída sobre os pacotes do IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*, Tody, 1986). Para calibrar o espectro em fluxo e em comprimento de onda, foi aplicado o código *galpec.cl*, desenvolvido em *Command Language* (linguagem nativa do IRAF) pelo Grupo de Pesquisa em Galáxias Peculiares (GPGP).

Com a calibragem do espectro da galáxia, foi empregado o STARLIGHT, código de síntese espectral capaz de decompor espectros observados em termos de populações estelares de diferentes idades e metalicidades (STARLIGHT Project, 2024). Também foi utilizado o *xcsao*, tarefa IRAF no pacote *rvsao* que fornece um recurso interativo para determinar *redshifts* e dispersões de velocidade através da correlação cruzada de um espectro com espectros de modelos de velocidades conhecidas (Kurtz & Mink, 2024).

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A partir dos espectros calibrados em fluxo e comprimento de onda, empregamos o código STARLIGHT para remover a contribuição estelar e obter os fluxos reais que determinaram as razões de linhas empregadas nos diagramas de diagnóstico. O espectro residual, observado menos o modelado pelo código, revelou linhas de emissão nas regiões azul ($[\text{OIII}]\lambda 5007\text{\AA}/\text{H}\beta$) e vermelha ($[\text{NII}]\lambda 6584\text{\AA}/\text{H}\alpha$) do espectro que indicaram um núcleo do tipo LINER - (*Low Ionization Nuclear Emission-line Regions*) (Heckman, 1980), conforme descrito no diagrama BPT (Baldwin et al., 1981) que classifica galáxias comparando razões de linhas de emissão (Figura 2). Os diagramas BPT apresentam uma classificação semi-empírica para a distinção de galáxias com formação estelar de galáxias com núcleos ativos (Torres & Portilla, 2012). Um segundo diagrama alternativo, proposto por Pérez-Montero et al. (2003), também foi incluído para ratificar o resultado obtido. Nesse caso, não há separação entre as classes de AGN

e LINER. O tipo de atividade nuclear obtido para a galáxia AM 0212-412, com linhas de emissão de baixa ionização, é a principal contribuição científica deste trabalho, ou seja, inédita, pois nenhuma análise espectral na literatura foi reportada até então. Embora as LINERs sejam essencialmente versões menos luminosas dos núcleos *Seyfert*, ainda há muito a ser investigado para a compreensão desses objetos no contexto mais amplo da pesquisa de núcleos ativos de galáxias (Diniz, 2017).

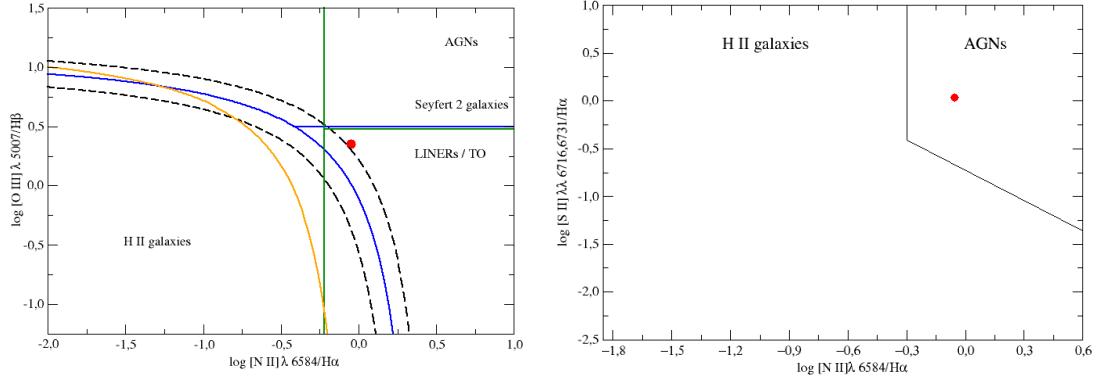


Figura 2: Diagramas BPT (esquerda) e alternativo (direita) para determinar a natureza nuclear da galáxia peculiar AM 0212-412. Fonte: Autor.

Um segundo resultado obtido com o código STARLIGHT foi a determinação da população estelar, constituída em 66,3% de estrelas jovens ($t \leq 5 \times 10^7$ anos), 27,2% de estrelas com idade intermediária ($5 \times 10^7 < t \leq 2 \times 10^9$ anos) e 6,5% de estrelas velhas ($2 \times 10^9 < t \leq 13 \times 10^9$ anos). A metalicidade foi estimada em 0,017, definida em termos da metalicidade solar. A lei de extinção usada foi aquela definida em Cardelli *et al.* 1989. Finalmente, a velocidade radial da galáxia foi determinada em 13896 ± 50 km/s, em bom acordo com o valor de referência na literatura, 14095 ± 128 km/s (Strauss et al., 1992). Contudo, diante da baixa resolução do espectrógrafo, $R \sim 1000$, não foi possível separar as duas componentes espectrais. Com a velocidade radial, foi possível extrair tanto o *redshift* ($z \approx 0,0463$) para a correção do desvio que o espectro residual sofre para a parte vermelha da faixa eletromagnética, como a distância da galáxia. A constante de Hubble, H_0 , usada neste estudo foi de $73,8 \text{ km/s/Mpc}$ (NASA, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

A pesquisa realizada nesta Iniciação Científica teve como foco o estudo espectroscópico da galáxia peculiar AM 0212-412, composta pelas galáxias interagentes ESO 298-IG 024 (NED 01 e NED 02). Os dados espetrais do OPD/LNA foram processados pelo software IRAF e corrigidos adequadamente. A remoção da contribuição estelar foi realizada com o código STARLIGHT, resultando em um espectro residual que, depois de ajustado o *redshift* conseguido pelo *xcsao*, revelou as principais linhas de emissão para a elaboração dos diagramas de diagnóstico (Figura 2). Com base no espectro residual e no diagrama BPT, foi possível classificar a galáxia como pertencente à categoria LINER, caracterizada pela presença de linhas de emissão de baixa ionização em seu núcleo ativo. A identificação da AM 0212-412 como LINER, embora consonante com o conhecimento atual, revela a necessidade de investigações adicionais para elucidar as origens das linhas de baixa ionização.

Ainda, como produto do STARLIGHT, foram determinadas as porcentagens da população estelar e a metalicidade. Os resultados da análise da população estelar corroboram com o estudo, destacando a presença significativa de estrelas jovens e intermediárias, o que fornece a perspectiva de realizarmos um estudo fotométrico nas bandas BVRI para complementar os resultados espectroscópicos.

REFERÊNCIAS

- ARP, H. C.; MADORE, B. F. A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- BALDWIN, J. A.; et al. Classification parameters for the emission-line spectra of extragalactic objects. PASP, v. 93, p. 5-19, 1981.
- BRASIL. Laboratório Nacional de Astrofísica. OPD (Observatório do Pico dos Dias). Disponível em: <https://www.gov.br/lna/pt-br/composicao-1/coast/obs/opd>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- CARDELLI, J. A.; et al. The Relationship between Infrared, Optical, and Ultraviolet Extinction. Astrophysical Journal, v. 345, 1989.
- DINIZ, S. I. F. Investigando a natureza LINER da galáxia elíptica NGC 5044. 114 p. Tese (Doutorado em Ciências) - UFRGS, Rio Grande do Sul, 2017.
- HECKMAN, T. M. An Optical and Radio Survey of the Nuclei of Bright Galaxies - Activity in the Normal Galactic Nuclei. Astronomy and Astrophysics, v. 87, 1980.
- KURTZ, M. J.; MINK, D. J. xcsao do pacote rvsao. Disponível em: <http://tdc-www.harvard.edu/iraf/rvsao/xcsao/xcsao.html>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- NAIM, A.; LAHAV, O. What is a peculiar galaxy?. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, v. 286, n. 4, p. 969-978, 1997.
- NASA. Universe Expansion: The Hubble Constant. Disponível em: https://map.gsfc.nasa.gov/universe/uni_expansion.html. Acesso em: 24 jun. 2024.
- NASA/IPAC Extragalactic Database. Home. Disponível em: <https://ned.ipac.caltech.edu/>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e Astrofísica. 4. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.
- PYRAF Community. PyRAF. Disponível em: <https://iraf-community.github.io/pyraf.html>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- PÉREZ-MONTERO, E.; et al. The cosmic evolution of oxygen and nitrogen abundances in star-forming galaxies over the past 10 Gyr. A&A, v. 549, 2013.
- STARLIGHT Project. STARLIGHT. Disponível em: <http://www.starlight.ufsc.br/>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- STRAUSS, M. A; et al. A Redshift Survey of IRAS Galaxies. VII. The Infrared and Redshift Data for the 1.936 Jansky Sample. ApJS, v. 83, 1992.
- TODY, D. The IRAF Data Reduction and Analysis System. Instrumentation in astronomy VI; Proceedings of the Meeting, Tucson, AZ, Mar. 4-8, 1986. Part 2 (A87-36376 15-35). Bellingham, WA, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, v. 733, 1986.
- TORRES, J.; PORTILLA, J. G. Diferenciación de Galaxias Activas de Líneas Delgadas a Partir de Diagramas BPT. Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía La Plata Argentina, v. 55, p. 365-369, 2012.