



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

XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2021

SOBRE A NATUREZA NUCLEAR DA GALÁXIA PECULIAR AM0212-412 (ESO 298-IG 024)

Elis Cristina Silva Sales¹; Vera Aparecida Fernandes Martin²; Paulo César da Rocha Poppe³

1. Bolsista PIBIC/FAPESB, Graduando em Bach. em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: eliscris.ssales@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin@uefs.br
3. Co-orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: galáxias peculiares; natureza nuclear; classificação espectral.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho de Iniciação Científica faz parte de um projeto de colaboração que envolve a UEFS, o LNA/OPD-MCTIC e pesquisadores da UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba/SP), que estuda galáxias peculiares, objetos que, na década de sessenta, foram catalogados (com base em seu formato aparente) por Arp & Madore e apresentam alguma deformação ou mudança em seu comportamento devido à interação, fusão ou colisão entre galáxias.

Nesta pesquisa, buscamos determinar a verdadeira natureza nuclear da galáxia AM 0212-412 (Figura 1), pertencente à Categoria 15 do catálogo (Galáxias em Interação que geram caudas, *loops* de matéria e detritos) de Arp & Madore, formada pelo par interagente: ESO 298-IG 024 NED01 e ESO 298-IG 024 NED02, tendo sido observada no OPD/LNA (Observatório do Pico dos Dias/Laboratório Nacional de Astrofísica) com o telescópio Perkin-Elmer (1,60m) e o espectrógrafo Cassegrain. Sua classificação espectral na literatura é ainda incerta: um possível núcleo ativo de galáxia (AGN), do tipo Seyfert 2 ou LINER. A principal dificuldade desta interpretação está associada ao espectro óptico publicado, de baixa razão sinal/ruído e com uma forte absorção observada na linha Balmer H β (λ 4862Å), necessária para uma correta classificação espectral do objeto via diagrama de diagnóstico.

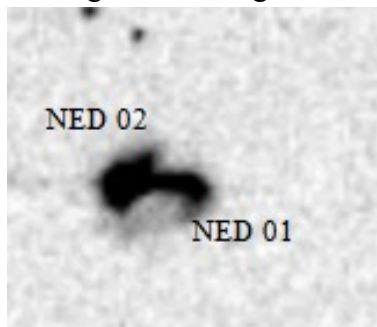


FIGURA 1: Galáxia peculiar AM 0212-412 (é possível ver a interação entre as galáxias ESO 298-IG 024 NED01 e NED 02) selecionada para este trabalho. Fonte: NED/NASA-IPAC.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Iremos explorar as observações realizadas no OPD/LNA-MCTIC obtidas com o espectrógrafo Cassegrain, o qual foi acoplado ao telescópio 1,60 m usando uma rede de difração de 300 linhas/mm e uma fenda com largura de 3 segundos de arco. A redução dos dados é feita através do software IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*), em que fazemos a remoção dos efeitos aditivos ao observar esse objeto, ou seja: subtrair o bias, normalizar o flat, corrigir o dark e fazer a remoção dos raios cósmicos. Por fim, é necessário corrigir o avermelhamento e o efeito Doppler sofrido na obtenção desses dados.

Porém, para investigar a natureza peculiar da galáxia, é necessário remover a contribuição estelar e deixar apenas as linhas de emissão nebulares. Para isso, utilizamos o código de síntese de população estelar: STARLIGHT - um software que modela o melhor representativo dessas galáxias, e nos fornece, como resultado, um espectro residual i.e. fluxo observado subtraído pelo fluxo sintético. Os espectros cobrem um alcance do comprimento de onda que inclui algumas das linhas de emissão mais importantes para o diagrama-diagnóstico: (1) linhas de baixa excitação, como [OI] ($\lambda 6300\text{\AA}$), [NII] ($\lambda 6584\text{\AA}$) e [SII] ($\lambda 6716, 6731\text{\AA}$); (2) linhas de oxigênio de alta excitação, como [OIII] ($\lambda 5007\text{\AA}$); e (3) as linhas Balmer, em particular H β ($\lambda 4862\text{\AA}$) e H α ($\lambda 6563\text{\AA}$). Através do método de diagnóstico, diagramas empíricos que podem ser obtidos usando razões de linhas de emissão (como notado primeiramente por Baldwin et al., 198), é possível dizer se a galáxia pertence ao grupo das galáxias de núcleo ativo (AGN) ou das galáxias HII (com grande formação estelar).

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

Com os espectros já devidamente reduzidos, feitas as correções e calibração em fluxo através do IRAF, as velocidades foram obtidas com o pacote externo RVSAO (*Radial Velocity of Smithsonian Astrophysical Observatory*, Kurtz & Mink 1998), o qual calcula as velocidades radiais dos espectros usando correlação cruzada e técnicas de ajuste nas linhas de emissão. Além do mais, a partir da relação $d = v/H_0$ é possível determinar a distância do par interagente em estudo até a nossa Galáxia. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos neste trabalho. Assumimos ao longo dessa pesquisa que $H_0 = 68,8 \text{ Km/s/Mpc}$ (Macauley, Eric., et al. 2019).

TABELA 1: Parâmetros físicos determinados para a galáxia em estudo.

Galáxia	v (km/s)	z	d (Mpc)
AM 0212-412 (este estudo)	14005.0 +/- 38.9	0,004712	206,56
AM 0212-412 (Strauss, Michael A., et al. 1992)	14095.0 +/- 128.0	0.004702	205,47

Já que nosso objetivo principal é revelar a natureza nuclear da galáxia AM 0212-412, precisamos retirar a contribuição estelar presente no espectro final fornecido pelo IRAF. Para isso usamos o código STARLIGHT^[2]. Feito isso, o resultado final é um espectro residual, representado pela Figura 2. É importante ressaltar que algumas linhas são produzidas num processo de baixa ionização, de forma que necessitam de maior energia de excitação para aparecer e acabam sendo sobrepostas pelo ruído. Além do

mais, a dispersão observada no azul está relacionada com a baixa eficiência quântica do detector (da ordem de 40%), o que dificulta a medida do fluxo.

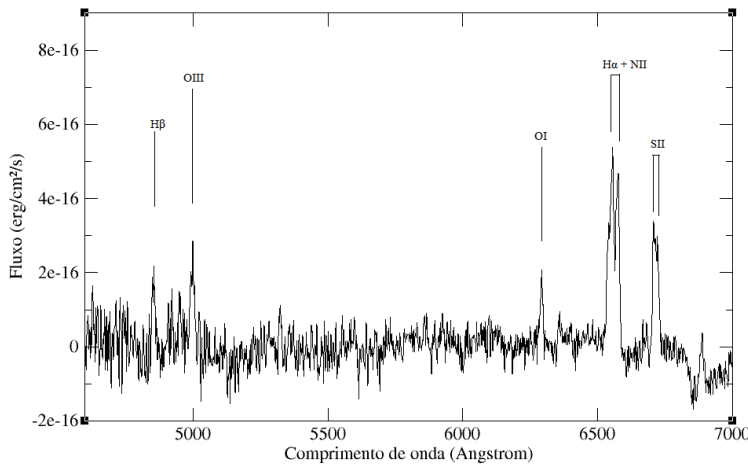


FIGURA 2: Espectro residual (fluxo observado subtraído pelo fluxo sintético) da galáxia em estudo. É possível notar as linhas de emissão. Fonte: Autor.

O próximo passo dessa pesquisa é montar os diagramas de diagnóstico através dos fluxos das linhas de emissão fornecidas pelo espectro residual. Os três primeiros são construídos através do logaritmo das razões OIII ($\lambda 5007/H\beta$) versus SII ($\lambda\lambda 6716 + 6731/H\alpha$), NII ($\lambda 6583/H\alpha$) e OI ($\lambda 6300/H\alpha$). Já o último foi feito através da relação SII ($\lambda\lambda 6716 + 6731/H\alpha$) versus NII ($\lambda 6583/H\alpha$). Por fim, através dos diagramas presentes na Figura 3, podemos observar as divisões empíricas entre as galáxias HII, Seyfert e LINER.

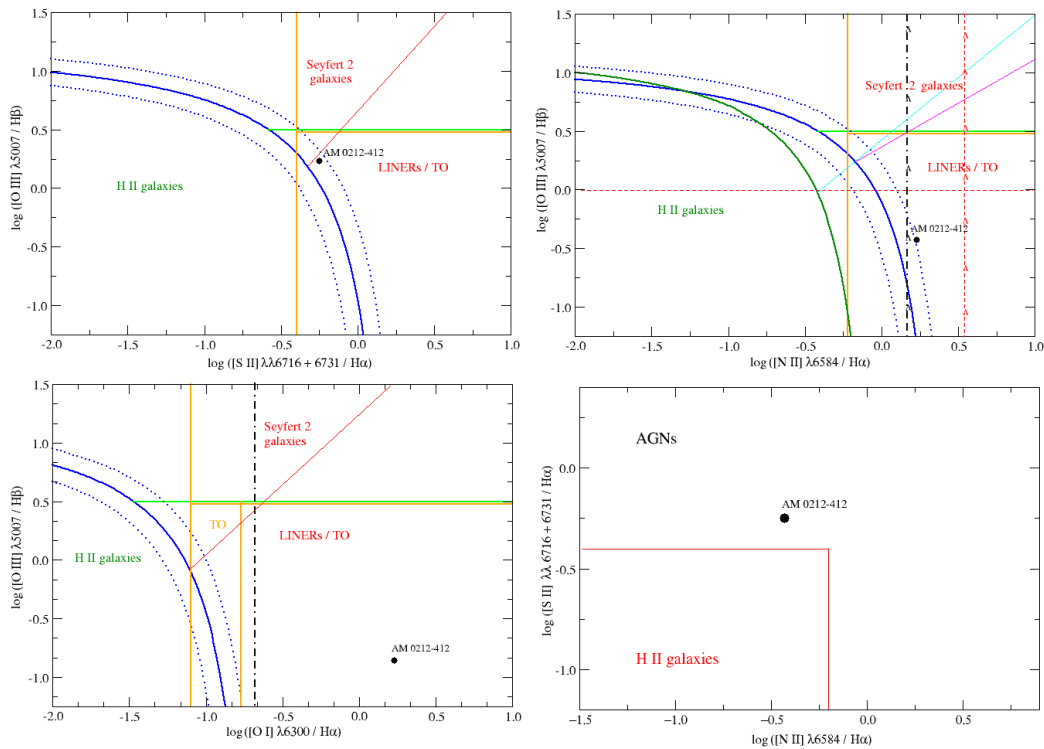


FIGURA 4: Diagramas de diagnóstico feitos para determinar a natureza nuclear da galáxia AM 0212-412.

Nota-se, portanto, que a galáxia trabalhada nessa pesquisa (AM 0212-412) é uma AGN do tipo LINER. No primeiro e segundo diagramas a galáxia está na área de transição, o que indica uma leve incerteza à qual região esse objeto pertence. Porém, é

notável o resultado no terceiro diagrama. A galáxia é confirmada como uma galáxia de núcleo ativo pertencente ao grupo LINER, galáxias que apresentam linhas de baixa ionização, como o OI ($\lambda 6300/H\alpha$) e o NII ($\lambda 6583/H\alpha$) relativamente fortes - é possível notar no espectro residual da Figura 2.

Por fim, outro resultado importante do STARLIGHT trata-se da população de estrelas presentes no espectro estudado. O código permite calcular as respectivas idades e a metalicidade envolvida para as estrelas subjacentes nos espectros observados. A partir da síntese espectral, obtivemos, em termos das estrelas jovens ($t \leq 5 \times 10^7$ anos), de idade intermediária ($5 \times 10^7 \leq t \leq 2 \times 10^9$ anos) e velhas ($2 \times 10^9 \leq t \leq 13 \times 10^9$ anos) 35%, 55% e 10%, respectivamente. A metalicidade - quantidade de abundância de metais em relação ao hidrogênio - é igual a $0,028 Z_{\text{Solar}}$. Além do mais, é possível obter o resultado da velocidade de dispersão do par interagente (σ): 357,17km/s.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

O principal objetivo do trabalho foi a determinação da natureza nuclear da galáxia peculiar AM 0212-412, formada pelo par interagente ESO 298-IG 024 NED01 e NED02. Os dados espectrais obtidos no OPD/LNA foram reduzidos e devidamente corrigidos através do software IRAF. Em seguida, foi necessário remover a contribuição estelar através do código STARLIGHT. Temos como resultado um espectro residual mostrando as principais linhas de emissão para o estudo dos diagramas de diagnóstico (Figura 2). Portanto, os fluxos foram medidos e, com os devidos cálculos de razão de linha e logaritmo, foi possível montar os diagramas e revelar a verdadeira natureza nuclear da galáxia: uma AGN (galáxia de núcleo ativo) pertencente ao grupo das LINER. Por fim, ainda com o STARLIGHT, foi possível determinar as porcentagens da população estelar presente nessa galáxia, além da metalicidade e velocidade de dispersão. Os resultados da população estelar corroboram com o estudo pois, o espectro originalmente obtido pelo IRAF, apresenta uma grande absorção na linha do H β (galáxias com maior presença de estrelas jovens e intermediárias indicam uma região com grande quantidade de HII e poeira remanescente de estrelas) o que faz com que o espectro final não seja fiel à verdadeira natureza nuclear da galáxia.

Portanto, o trabalho com o STARLIGHT foi essencial para confirmar a atividade nuclear da galáxia ESO 298-IG 024 NED 02 e determinar sua presença no grupo das LINER.. O resultado desse estudo nos leva a acreditar que a interação existente entre a galáxia quiescente ESO 298-IG 024 NED 01 com a galáxia ativa (do tipo LINER) ESO 298-IG 024 NED 02 pode gerar - futuramente - uma fusão entre esses objetos.

REFERÊNCIAS

- Arp, Halton C., Barry F. Madore, and B. Madore. A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations: Volume 1, Positions and Descriptions. Vol. 1. Cambridge University Press, 1987.
- Baldwin, Jack A., Mark M. Phillips, and Roberto Terlevich. "Classification parameters for the emission-line spectra of extragalactic objects." *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 93.551 (1981): 5.
- Fernandes, Roberto Cid, et al. "Semi-empirical analysis of Sloan Digital Sky Survey galaxies-I. Spectral synthesis method." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 358.2 (2005): 363-378.
- Kurtz, Michael J., and Douglas J. Mink. "Rvsao 2.0: Digital redshifts and radial velocities." *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 110.750 (1998): 934.

Macaulay, Eric, et al. "First cosmological results using Type Ia supernovae from the Dark Energy Survey: measurement of the Hubble constant." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 486.2 (2019): 2184-2196.

Strauss, Michael A., et al. "A redshift survey of IRAS galaxies. VII-The infrared and redshift data for the 1.936 Jansky sample." *The Astrophysical Journal Supplement Series* 83 (1992): 29-63.