



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

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

### QUAL A NATUREZA NUCLEAR DA GALÁXIA PECULIAR

#### COMPACTA AM0015-372?

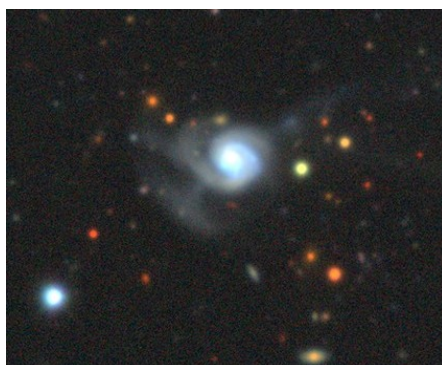
**Samile Araujo Carneiro Dos Santos<sup>1</sup>; Paulo César da Rocha Poppe<sup>2</sup>; e Vera Aparecida Fernandes Martin<sup>3</sup>**

1. Bolsista IC-FAPESB, Graduanda em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [samilearaujo876@gmail.com](mailto:samilearaujo876@gmail.com)
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [paulopoppe@uefs.br](mailto:paulopoppe@uefs.br)
3. Coorientadora, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [vmartin@uefs.br](mailto:vmartin@uefs.br)

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

### INTRODUÇÃO

O astrônomo norte-americano Edwin Powell Hubble (1889-1953) foi o primeiro a observar que as galáxias, que inicialmente eram descritas como objetos difusos e nebulosos, eram corpos distantes da Via Láctea e que se afastavam (velocidade) da mesma de forma proporcional à sua distância mediante um fator de proporcionalidade, a constante (Hubble, 1936). Com o aumento das observações, ele percebeu padrões e semelhanças morfológicas nas galáxias, de modo que as mesmas passaram a ser classificadas como elípticas, espirais e lenticulares. Mais tarde, foi adicionado na classificação as irregulares, que não seguiam nenhum dos padrões anteriores. Na evolução natural da investigação científica, foi observada posteriormente a existência de galáxias que não se adequavam à classificação de Hubble devido a características peculiares, sendo estas denominadas de galáxias peculiares. Esses novos objetos foram catalogados inicialmente pelo astrônomo americano Halton Christian Arp (1927-2013), no Hemisfério Norte (Arp, 1966). Na década seguinte, com a construção de um telescópio de ~1,22 m na Austrália, Arp também iniciou um catálogo de objetos para o Hemisfério Sul com o astrônomo Barry Madore (1948+), Arp & Madore, (1987), o qual engloba a galáxia compacta escolhida para este estudo, a AM0015-372 (Figura 1), que pertence à Categoria 15: “Galaxies with Tails, Loops of Material, or Debris”.



**Figura 1:** Galáxia peculiar AM 0015-372. Fonte: Legacy Survey Team.

O principal objetivo deste estudo foi o de determinar a natureza nuclear, ainda não reportada na literatura, para a galáxia compacta peculiar AM0015-372, com magnitude visual estimada em  $16,43 \pm 0,12$  mag na banda B (Maddox et al., 1990). Para isso utilizamos a técnica de redução de dados espectroscópicos de fenda longa no visível.

## METODOLOGIA

Os dados utilizados no trabalho foram obtidos no Observatório do Pico dos Dias/ Laboratório Nacional de Astrofísica (OPD/LNA) situado em Brasópolis, Minas Gerais, pelo grupo de pesquisa GPGP (Grupo de Pesquisa em Galáxias Peculiare). Foi utilizado o telescópio Perkin & Elmer de 1,60 m e o espectrógrafo Cassegrain (Figura 2) com rede de difração de 300 l/mm. A escala de dispersão foi da ordem de  $0,24 \text{ \AA}/\text{pixel}$ .



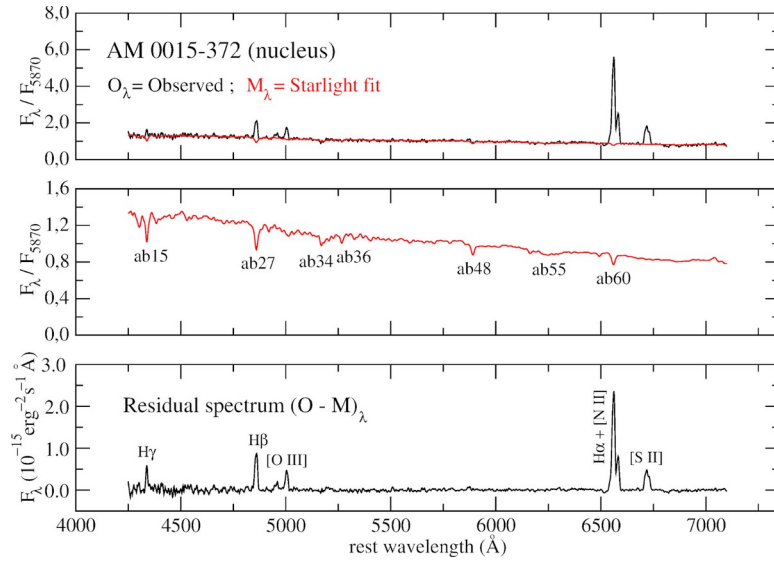
**Figura 2:** Telescópio Perkin & Elmer (1,60 m ) com o espectrógrafo Cassegrain no plano focal. O detector usado foi Ikon 27308 (2048x2048 pixels).

Após a obtenção do espectro óptico, o passo seguinte consistiu na redução de todas as imagens obtidas: bias, flat-field e ciência (galáxia). Nessa etapa também fazemos a calibração do espectro em fluxo por meio de estrelas padrões espectrofotométricas e para a calibração em comprimento de onda utilizamos as lâmpadas de HeAr. A redução foi feita no ambiente IRAF através de uma rotina produzido pelo GPGP na linguagem residente no IRAF (Command Language, CL), onde utilizamos também uma rotina para redução dos raios cósmicos (van Dokkum, 2001).

Os espectros observados (devidamente calibrados) também foram processados com o código de síntese espectral STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005), no qual fornece o espectro residual, observado menos o modelado, isento da contribuição da população estelar subjacente, já que estamos interessados apenas na contribuição espectral do gás nebuloso da galáxia, onde podemos extrair as informações referentes à sua região nuclear. Por meio do residual, conseguimos as informações necessárias para estudar a natureza nuclear da galáxia, assim como outros parâmetros que também foram analisados. Para tal propósito, empregamos diagramas de diagnóstico baseados em razões de linha de emissão na parte azul e vermelha do espectro, como será descrito a seguir.

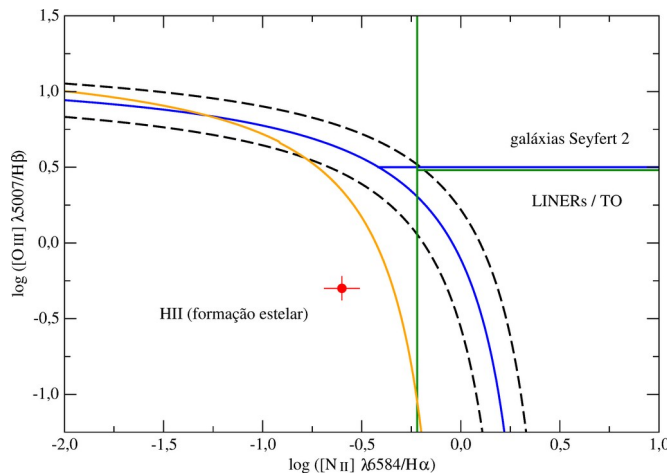
## RESULTADOS

O espectro nuclear residual da galáxia AM0015-372, obtido da subtração do espectro calibrado pelo modelado via síntese espectral, está ilustrada na Figura 3, no qual revela a presença das principais linhas de emissão empregadas para a classificação via diagramas de diagnóstico, e.g., Veilleux & Osterbrock, (1987): H $\gamma$   $\lambda$ 4341Å, H $\beta$   $\lambda$ 4861Å, [OIII]  $\lambda$ 5007Å, H $\alpha$  6563Å, [NII]  $\lambda$ 6584Å, e o duplete [SII]  $\lambda$ 6716,  $\lambda$ 6731Å. Nota-se no espectro residual, após a remoção da população estelar subjacente, as linhas de emissão com maiores intensidades, sobretudo, aquelas da transição da série de Balmer no azul: H $\gamma$   $\lambda$ 4341Å e H $\beta$   $\lambda$ 4862Å. Os principais absorvedores (ab) foram: ab15 (H $\gamma$ ; FeI; FeII), ab27 (H $\beta$ ; TiO; FeI), ab34 (MgI+MgH; C<sub>2</sub>; TiO), ab36 (FeI; TiO; CaI; TiI), ab48 (NaI; TiO; TiI), ab55 (TiO; FeI) e ab60 (H $\alpha$ ; TiO; FeI).



**Figura 3:** Síntese espectral com o código STARLIGHT: Superior. Espectro calibrado em fluxo e comprimento de onda (em preto), superposto pelo resultado da síntese (vermelho). Intermediário: Espectro sintetizado revelando as principais bandas de absorção (ab) relativas às populações estelares. Inferior: Espectro residual sem a contribuição da população estelar subjacente.

Empregado as razões comumente utilizadas,  $\log ([\text{OIII}]/\text{H}\beta) = -0,30$  e  $\log ([\text{NII}]/\text{H}\alpha) = -0,60$ , concluímos que o núcleo hospeda uma região de formação estelar, HII, conforme observado no diagrama de diagnóstico da Figura 4.



**Figura 4:** Diagrama de diagnóstico indicando a classe a qual pertence o núcleo da AM0015-372.

A síntese espectral também forneceu a população estelar, sendo constituída de 31% de estrelas jovens ( $t \leq 5 \times 10^7$  anos), 32% de estrelas com idade intermediária ( $5 \times 10^7 < t \leq 2 \times 10^9$  anos) e 37% de estrelas velhas ( $2 \times 10^9 < t \leq 13 \times 10^9$  anos). Por fim, a velocidade de recessão da galáxia foi estimada em  $16298 \pm 18$  km/s ( $z = 0,054$ ), em acordo com a literatura  $16340 \pm 50$  km/s, ( $z = 0,054$ , Jones et al. 2009).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de Iniciação Científica versou sobre a redução de dados espectrais da galáxia compacta peculiar AM0015-372, na qual apresenta poucos resultados fotométricos e espectroscópicos na literatura. Os dados foram obtidos no OPD/LNA e processados no ambiente IRAF. Empregamos o código de síntese espectral STARLIGHT para determinar a população estelar subjacente, de onde subtraímos do espectro calibrado de modo a determinar os fluxos relativos das linhas de emissão. O núcleo da galáxia foi classificado como uma região HII (formação estelar). As populações obtidas apresentam valores equilibrados entre estrelas jovens, intermediárias e velhas. O próximo passo é realizar a fotometria nas bandas B, V, R e I, de modo a complementar os dados espectroscópicos. Este projeto foi financiado pela FAPESB, da qual agradecemos o apoio, e realizado dentro da Rede AstroPT (Astronomia com Pequenos Telescópios), também financiada pela FAPESB, (Universal FAPESP/SECTI N.012/2022, projeto 5017/2022). O projeto também contou com o apoio da UEFS por meio dos projetos UEFS/PPPG (FINAPESQ 01/2021, 01/2023).

## REFERÊNCIAS

- ARP, H. Atlas of peculiar galaxies. The Astrophysical Journal Supplement Series, v. 14, p. 1, 1966.
- ARP, H. C.; MADORE, B. F. A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- MADDOX, S. J., SUTHERLAND, W. J., EFSTATHIOU, G., LOVEDAY, J., 1990. The APM galaxy survey - I. APM measurements and star-galaxy separation, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 243, 692-712.
- CID FERNANDES, R., MATEUS, A., SODRÉ, L., et al., 2005, Semi-empirical analysis of Sloan Digital Sky Survey galaxies – I. Spectral synthesis method. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 358, (2) 363.
- HUBBLE, E. P.; Realm of the Nebulae. New Haven: Yale University, 1936.
- JONES, D. H., READ, M.A., SAUNDERS, W., 2009, The 6dF Galaxy Survey: final redshift release (DR3) and southern large-scale structures. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 399, Issue 2, pp. 683-698.
- VAN DOKKUM P. G., 2001, Cosmic-Ray Rejection by Laplacian Edge Detection, The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Volume 113, Issue 789, pp. 1420-1427.
- Veilleux, S., Osterbrock, D E., 1987, Spectral Classification of Emission-Line Galaxies, Astrophysical Journal Supplement v.63, p.295