



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

XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2020

ESPECTROSCOPIA DE GALÁXIAS COM JATOS

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

1. Bolsista PIBIC/FAPESB, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: eliscris.sales@hotmail.com
2. Orientador(a), 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: espectroscopia; galáxias com jatos; redução.

INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva investigar uma classe particular de galáxias do Universo local ($z < 0,1$) que apresentam características de “jatos”, reveladas a partir do survey fotométrico na banda do visível realizado por Arp & Madore (1987). Os objetos que apresentam esta característica peculiar compõem a Categoria 7 (“Galaxies with Jets”) do “Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Association”. Os processos físicos observados nas diversas galáxias que fazem parte desta Categoria, ainda está longe de ser totalmente compreendido, uma vez que tais galáxias com e sem atividade nuclear (ou extranuclear) também apresentam tal característica peculiar. Portanto, para contribuir com essa temática, o presente trabalho busca reunir toda informação espectroscópica (redshift, velocidade, tamanho, etc.) disponível na literatura que, somada aos espectros ópticos de fenda longa obtidos no Observatório do Pico dos Dias (OPD/LNA-MCTIC), permitirá inferir algumas pistas sobre esta natureza peculiar ora observada.

METODOLOGIA (ou equivalente)

Iremos explorar as observações realizadas no OPD/LNA-MCTIC obtidas com o espectrógrafo Cassegrain, no qual foi acoplado ao telescópio 1,60m usando uma rede de 300 linhas/mm e uma fenda com lagura de 3 segundos de arco. De início, temos a parte deste trabalho envolvendo a redução dos dados fotométricos e espectrais com o ambiente IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) e a consequente calibração dos mesmos em fluxo e comprimento de onda. Essa etapa também envolve as correção por redshift e de extinção do avarelhamento devida a nossa Galáxia, empregando os valores publicados por Schlegel et al. (1998).

De posse dos espectros devidamente calibrados, a etapa seguinte envolve o código de síntese espectral STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005), o qual fornecerá um espectro residual formado pela diferença entre o espectro observado e o modelado (sintetizado) pelo código, isento, portanto, das várias contribuições de estrelas subjacentes. O espectro residual irá fornecer, caso existam, portanto, para uma galáxia

ativa, as reais intensidades das linhas de emissão nuclear e extranuclear. Não obstante, também serão determinadas as idades e as metalicidades para cada galáxia estudada.

O terceiro passo consiste em verificar nas imagens do survey (6dFGS) e nos espectros finais a parcela de galáxias com atividade e sem atividade. Serão realizadas, portanto, medidas dos fluxos das principais linhas de emissão e também das respectivas larguras equivalentes. Cálculos para a determinação de vários parâmetros (e.g. velocidade heliocêntrica (km/s), distância (Mpc), redshift, dimensão (segundo de arco), etc.), também serão realizados na quarta parte do trabalho de pesquisa. Finalmente, de posse de todas as informações extraídas, análises envolvendo a construção de gráficos, diagramas, correlações, etc., deverão ser realizadas para extrair pistas que possam apontar conclusões sobre a natureza dos jatos observados nesta particular categoria de galáxias peculiares.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

Trabalhamos com um grupo inicial de seis galáxias (todas representadas na Figura 1). Através do ambiente IRAF, já devidamente reduzidas e calibradas, os espectros nos dá informações como: velocidade (v), distância (d) e redshift (z), estes estão apresentados na Tabela 1. Assumimos ao longo deste estudo a constante de Hubble igual a $H_0=73\text{Km/s/Mpc}$ (Freedman & Madore 2010).

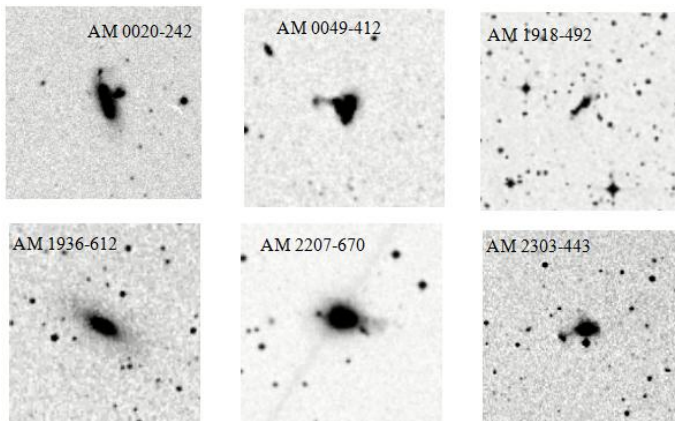


Figura 1. Galáxias Peculiares de Jatos (presentes na Categoria 7 do Catálogo Arp & Madore) estudadas nesse trabalho. Fonte: NED/NASA-IPAC

Tabela 1: parâmetros físicos das galáxias em estudo.

Galáxia	v (Km/s)	z	d (Mpc)
AM 0020-242	9663 +/- 13	0.0327	132.4
AM 0049-412	6967 +/- 24	0.0235	95.4
AM 1918-492	17380 +/- 15	0.0597	238.0
AM 1936-612	1228 +/- 15	0.0041	16.8
AM 2207-670	2060 +/- 5	0.0068	28.1
AM 2303-443	8371 +/- 17	0.0283	114.7

Os parâmetros geométricos foram estimados a partir das imagens fornecidas pelo banco de dados do Aladin Sky Atlas (<http://aladin.u-strasbg.fr>) e através das equações presentes no NED/NASA-IPAC (<https://ned.ipac.caltech.edu/classic/>). Uma vez determinados os semi-eixos maior (a) e menor (b) é possível calcular: razão axial (b/a), elipticidade ($e=1-b/a$), excentricidade ($\epsilon = [(a/b)^2 - 1] / [(a/b)^2 + 1]$), e ângulo de inclinação [$i = \cos^{-1}(b/a)$]. (Tabela 2)

Tabela 2: parâmetros geométricos das galáxias em estudo.

Galáxia	b/a	e	ϵ	i (graus)
AM 0020-242	0.53	0.47	0.55	57
AM 0049-412	0.68	0.32	0.36	47
AM 1918-492	0.22	0.78	0.90	77
AM 1936-612	0.50	0.50	0.60	60
AM 2207-670	0.52	0.48	0.56	58
AM 2303-443	0.41	0.59	0.70	65

A partir da síntese espectral (feita pelo STARLIGHT), obtemos os dados presentes na Tabela 3, 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) e da metalicidade (quantidade de abundância de metais em relação ao hidrogênio).

Tabela 3: porcentagem da população estelar e metalicidade das galáxias estudadas

Galáxia	Jovens	Intermediárias	Velhas	Metalicidade (Z_{Solar})														
AM 0020-242	13%	41%	46%	0.008														
AM 0049-412	88%	10%	2%	0.015														
AM 1918-492	0%	3%	97%	AM 1936-612	21%	55%	24%	0.020	AM 2207-670	51%	49%	0%	0.021	AM 2303-443	2%	32%	66%	0.018
AM 1936-612	21%	55%	24%	0.020														
AM 2207-670	51%	49%	0%	0.021														
AM 2303-443	2%	32%	66%	0.018														

Através do método de diagnóstico (Diagramas BPT), diagramas empíricos que podem ser obtidos usando razões de linhas de emissão (Baldwin et al., 1981), é possível dizer se as galáxias pertencem ao grupo das galáxias de núcleo ativo (AGNs) ou das galáxias HII (com grande formação estelar). Para construir tal diagrama (Figura 2) é preciso remover a população estelar do espectro (através do STARLIGHT), assim deixando apenas as linhas de emissão nebular, pois as estrelas absorvem parte do fluxo de algumas linhas que possuem um papel muito importante como indicadores de formação estelar.

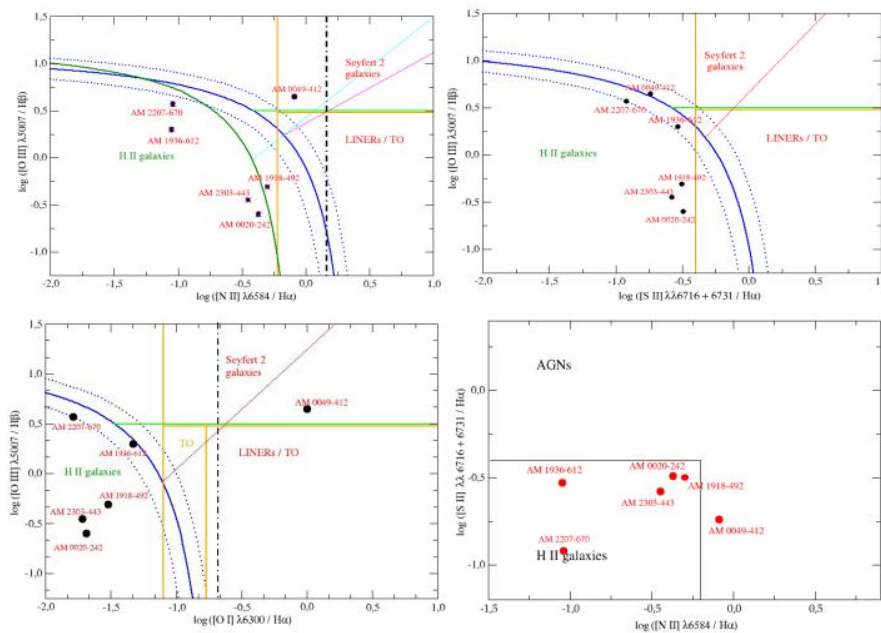


Figura 2: diagramas de diagnósticos. Podemos observar as divisões empíricas entre as galáxias HII, Seyferts e LINERs.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Alguns dos valores encontrados para os parâmetros geométricos são inéditos para os objetos, além do mais, existe uma perspectiva de obtermos imagens fotométricas dedicadas a essas galáxias em uma próxima missão observacional no OPD/LNA. Embora exista uma incerteza (devido ao procedimento não garantir os limites isofotais corretos de cada galáxia), os resultados são satisfatórios para uma primeira análise desses parâmetros.

A partir da síntese de população estelar foi possível determinar os objetos que se enquadram nas Galáxias de Núcleo Ativo e nas Galáxias HII. Temos, portanto, que a galáxia AM 0049-412 é uma AGN que se enquadra no grupo das Seyfert II, o que corrobora com a literatura onde essas galáxias apresentam alta atividade nuclear, sendo a possível causa do jato. Além do mais, outro resultado interessante é a galáxia AM 2207-670 que, na literatura é considerada uma galáxia Wolf-Rayet (Schaerer, Daniel. et.al., 1999), a qual é formada principalmente por estrelas massivas de mesmo nome. No diagrama, notamos sua posição nas galáxias HII (galáxias starburst), que compõe basicamente um berçário de estrelas (jovens e intermediárias) pela presença de HII e poeira remanescente de outras estrelas, além de possuir alta metalicidade ($\geq 0.020Z_{\text{Solar}}$), o que corrobora com o resultado do STARLIGHT (ver Tabela 3). A galáxia AM 1936-612 também é uma Starburst apresentando alta metalicidade e, através dos diagramas, nota-se que esta encontra-se na zona de transição, devendo apresentar uma leve atividade nuclear como jato.

As galáxias AM 0020-242, AM 1918-492 e AM 2303-443 apresentam outras galáxias próximas, devido a essa proximidade, a interação gravitacional e a superposição entre elas podem ser facilmente confundidas com jatos. Há um alinhamento ocasional desses objetos, além do mais, as caudas e filamentos devido ao efeito de maré podem ser critérios fundamentais para confrontar diretamente a peculiaridade apresentada na Categoria 7. Portanto, acreditamos que esse grupo apresenta falsos jatos.

Por fim, os valores de velocidade, metalicidade e porcentagem da população estelar presentes nesses objetos, encontram-se de acordo com o esperado pela morfologia e natureza de cada galáxia. Existe, como perspectiva, pedidos de tempo no telescópio do SOAR (Southern Astrophysical Research Telescope) para complementar os dados espectroscópicos dessas galáxias.

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.
- 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.
- Freedman, Wendy L., and Barry F. Madore. "The hubble constant." *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 48 (2010): 673-710.
- Baldwin J. A., Phillips M. M., Terlevich R., PASP, 1981, 93, 5 (BPT)
- Schlegel D. J., Finkbeiner D. P., Davis M., 1998, ApJ, 500, 525
- Schaerer, Daniel, Thierry Contini, and Maximilien Pindao. "New catalogue of Wolf-Rayet galaxies and high-excitation extra-galactic HII regions." *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 136.1 (1999): 35-52.