

## **XXII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**Síntese Espectral da Galáxia Peculiar AM0004-413.**

**José Henrique Costa Pinto Souza<sup>1</sup>; Paulo César da Rocha Poppe<sup>2</sup>.**

1. José Henrique Costa Pinto Souza, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: henriquecpsouza@yahoo.com.br
2. Paulo César da Rocha Poppe, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@uefs.com

**PALAVRAS-CHAVE:** Espectroscopia; Síntese espectral; IRAF.

### **INTRODUÇÃO**

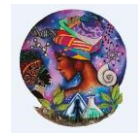
Este trabalho objetiva investigar a contribuição da população estelar na galáxia peculiar AM0004-413, obtida com o espectrógrafo Cassegrain acoplado no telescópio Perkin-Elmer de 1,60m do Observatório do Pico dos Dias (LNA/MCTIC). A análise baseada na síntese espectral é utilizada para obter dados importantíssimos como velocidade, metalicidade e idade de uma população estelar no objeto analisado. As galáxias peculiares, atual objeto de estudo, possuem uma variada população estelar, com estrelas jovens ( $t \leq 5 \times 10^7$  anos), intermediárias ( $5 \times 10^7 < t \leq 2 \times 10^9$  anos) e velhas ( $2 \times 10^9 < t \leq 13 \times 10^9$  anos). mediante dificuldades, distancias absurdamente grandes, torna-se difícil a análise sem o uso de técnicas particulares. Dada a necessidade de analisar a população estelar em uma determinada galáxia de estudo, foram criadas técnicas de síntese espectral que constroem modelos de população estelar de diferentes idades e metalicidades. Mostrando qual deles mais se aproxima do espectro observado, devolvendo também dados preciosos sobre o objeto. Do exposto, este trabalho objetiva investigar a população estelar da galáxia peculiar ESO 293-IG 037.

### **MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)**

Os dados espectrais usados neste trabalho foram obtidos no OPD (Observatório do Pico dos Dias) do Laboratório Nacional de Astrofísica (OPD/LNA-MCTIC). Foi utilizado o telescópio de 1,6m de abertura e o espectrógrafo Cassegrain dotado de uma rede de difração de 300 linhas/mm. O CCD foi o Ikon 13739 com 2048 x 2048 pixels.

Um espectro é análogo a um código de barras, onde cada elemento ao receber determinada energia emite luz, isto é, seus elétrons de determinadas camadas “pulam” para camadas de mais baixa energia e quando retornam emitem ondas eletromagnéticas em forma de luz de diferentes comprimentos de onda. Entretanto, só conseguimos enxergar a soma desses comprimentos de onda e não podemos identificar as cores que formam a luz integrada. Por isso é necessário usar uma rede de difração, onde comprimentos de onda menores difratam mais do que aqueles mais longo. Desse modo, podemos observar quais comprimentos de onda são emitidos por cada elemento, que são chamadas de linhas de emissão. Segundo as leis de Kirchhoff o inverso também é válido, ou seja, apareceram linhas de absorção se uma luz policromática atravessar um gás incolor de baixa temperatura.

Apenas com o espectro bruto, podemos dizer que é quase impossível obter algum dado científico, já que este possui várias contribuições indesejadas que dificultam o processamento de imagem, a exemplo do nivelamento dos pixels (Flat-field) e a contribuição de ruído eletrônico (Bias frame). Para remover essas contribuições



## XXII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

indesejadas foi usado o IRAF1 (*Image Reduction and Analysis Facility*), um dos pacotes de análise e tratamento de dados astronômicos, representa um poderoso software amplamente usado para a redução de imagens astronômicas, tanto de espectroscopia quanto de fotometria.

Com o espectro devidamente corrigido e calibrado, temos que convertê-lo para um arquivo de texto com uma coluna de comprimento de onda associada a um fluxo, erro e uma coluna de *flag* que pode ser usada para mascarar certas partes do espectro que apresentam algum tipo de distorção. Nessa parte foi usado um script produzido pelo nosso grupo de pesquisa em Python, como os demais scripts feitos que serão citados a frente.

No programa de síntese de população estelar com o *Starlight2*, precisamos preencher um arquivo de texto com as principais informações que o programa irá ler, como o comprimento de onda inicial, final, dentre outros que devem ser citados com mais detalhes: Máscara – representa um arquivo que reúne as principais linhas de emissão no intervalo espectral estudado. Se o objetivo é modelar as estrelas subjacentes que se encontram presentes no espectro, estas linhas precisam ser “mascaradas”. Base – representa um conjunto de espectros (observados ou sintetizados) que serão empregados durante a combinação linear que fornecerá o espectro sintético final. Lei de avermelhamento: o código *Starlight* possui a opção de algumas leis de extinção. As usadas nesse trabalho foram *Cardelli, Clayton & Mathis* (CCM) e “*Calzetti law*”(CAL), Cardelli et al (1989) e Calzetti et al (1994).

Ao executar o *Starlight*, o código retorna alguns resultados associados a síntese espectral. O critério usado para julgar a qualidade do modelo final sintetizado foi o  $\chi^2$ , no qual fornece uma medida estatística entre o modelo e o espectro estudado.

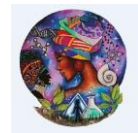
### RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Usando o *spyder*, *software* compilador de linguagem *Python* e com o auxílio das bibliotecas *matplotlib* e *math*, foi produzido um script com o intuito de analisar os dados que saem do código de síntese espectral *Starlight*. Com os dados extraídos, o script avalia os dados de saída, espectro original e sintético, e faz um plot de ambos os gráficos (Fig.1) e também do espectro observado subtraído pelo sintético, chamado de espectro residual, que consiste na remoção da população estelar subjacente, fazendo com que restem apenas linhas de emissão nebular. Após esse procedimento, o script expõe os demais dados relevantes à pesquisa, notadamente a população e a metalicidade.

---

1 Image Reduction and Analysis Facility, distributed by the National Optical Astronomy Observatory, which is operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., under a cooperative agreement with the National Science Foundation. <http://iraf.noao.edu/>

2 STARLIGHT & SEAGal: <http://www.starlight.ufsc.br/>



## XXII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Tabela 1. Razões das linhas espectrais

Veilleux & Osterbrock	AM0004-4413
$[OIII]\lambda 5007/H\beta$	0.462
$[NII]\lambda 6583/H\alpha$	0.540
$[OI]\lambda 6300/H\alpha$	0.087
$[SII](\lambda 6716+\lambda 6731)/H\alpha$	0.330

Para classificar a galáxia AM 0004-413 em uma AGN (Active Galactic Nuclei), é necessário obter o fluxo das linhas SII,  $H\alpha$ , NII, OI, OIII[5007,57Å] e  $H\beta$ . O diagrama de diagnóstico tal como em da Rocha Poppe et al.(2011) consiste na razão entre as linhas de SII e  $H\alpha$ , NII e  $H\alpha$ , OI e  $H\alpha$ , OIII e  $H\beta$ ; encontrados na tabela 1 que podem ser avaliados de acordo com os parâmetros de Narrow Line Radio Galaxy Veilleux & Osterbrock (1987).

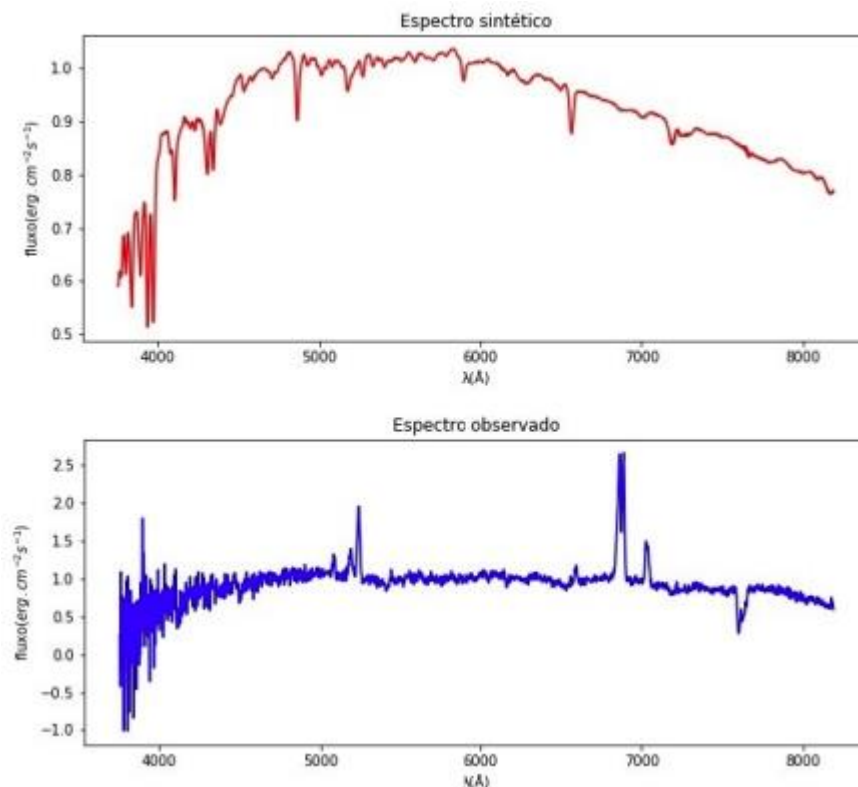
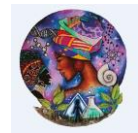


Fig1:Espectro modelado e espectro observado.

Também determinamos a abundância química relativa do Oxigênio através da expressão  $12+\log(OIII/H\alpha)$ . No núcleo o valor foi estimado em 11,695. Usando as demais aberturas foi construído um perfil de rotação da galáxia, Fig, 2, na qual pode representar um processo de interação gravitacional, característico das galáxias peculiares, Dors et al.(2011) e Freitas-Lemes et al (2012).



## XXII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

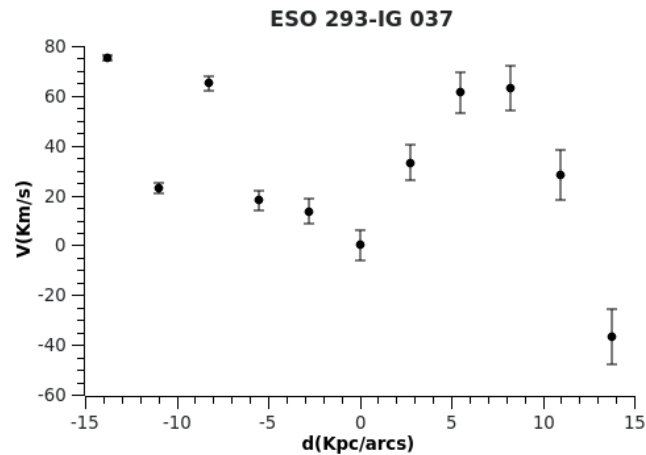


Fig.2: Curva de rotação da galáxia ESO 293-IG 037

### CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Com base na síntese espectral, é possível afirmar que a galáxia peculiar AM0004-4413 possui uma população extimada em 10 bilhões de anos. Com relação a curva de rotação, a Fig 2 revela a característica peculiar de interação, revelada pela assimetria obtida. Nas razões das linhas obtidas para o espectro nuclear e com base nos valores publicados em Veilleux & Osterbrock (1987), podemos sugerir este objeto como uma AGN, ou seja, um Seyfert 2 como classificação espectral. Finalmente, podemos ainda salientar que esta galáxia apresenta um núcleo relativamente pequeno e luminoso em relação com algumas galáxias discutidas em Khachikian e Weedman (1974).

### REFERÊNCIAS

- VEILLEUX, S., & OSTERBROCK D. E. (1987). Spectral classification of emission-line galaxies. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 63, 295-310.
- DA ROCHA-POPPE, P.C.; FAÚNDES-ABANS M.; FERNANDES-MARTIN, V.A.; DE OLIVEIRA-ABANS, M.; FERNANDES, I.F.; Lago, P.J.A., 2011, MNRAS, 410,1145
- DORS JR, O. L., KRABBE, A., HÄGELE, G. F., & PÉREZ-MONTERO, E. (2011). Analysing derived metallicities and ionization parameters from model-based determinations in ionized gaseous nebulae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 415(4), 3616-3626.
- FREITAS-LEMES, P., RODRIGUES, I., FAÚNDEZ-ABANS, M., DORS JR, O. L., & FERNANDES, I. F. (2012). Imagery and long-slit spectroscopy of the polar ring galaxy AM 2020-504. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427(4), 2772-2779.
- KHACHIKIAN, E. Y., & WEEDMAN, D. W. (1974). An atlas of Seyfert galaxies. *The Astrophysical Journal*, 192, 581-589.
- CARDELLI, J. A., CLAYTON, G. C., & MATHIS, J. S. (1989). The relationship between infrared, optical, and ultraviolet extinction. *The Astrophysical Journal*, 345, 245-256.
- CALZETTI, D., KINNEY, A. L., & STORCHI-BERGMANN, T. (1994). Dust extinction of the stellar continua in starburst galaxies: The ultraviolet and optical extinction law. *The astrophysical journal*. Chicago. Vol. 429, no. 2, pt. 1 (July 1994), p. 582-601.