

RESULTADOS ESPECTROSCÓPICOS DO PAR DE GALÁXIAS EM INTERAÇÃO ARP284 (NGC7714/7715)

Rennan Rocha¹; Iranderly Fernandes de Fernandes²

1. Bolsista PIBIC/FAPESB, Graduado em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: nanarrocha@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: irafbear@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia, Metalicidade, Starburst

INTRODUÇÃO

A galáxia espiral NGC7714 fica localizada a cerca de 100 milhões de anos-luz (~37.3 Mpc) da Terra. Num passado recente, esta galáxia passou por eventos violentos, resultando em estranhas formas nos braços de suas espirais e uma névoa dourada emanando de seu centro. A causadora disso tudo está bem ao lado da NGC7714, e é uma galáxia menor e irregular chamada NGC7715. Cerca de 100 ou 200 milhões de anos atrás essas duas galáxias passaram muito perto uma da outra, causando a chamada interação de maré. Que nada mais é do que uma perturbação gravitacional que acontece quando uma galáxia passa próxima a outra.

A partir de então, uma começou a corromper a estrutura da outra e o resultado dessa interação foi o surgimento de uma espécie de ponte entre as duas galáxias. Essa ponte carrega gás e poeira da NGC7715 em direção à sua companheira maior e todo esse material se transforma em estrelas. Ou seja, essa interação entre galáxias pode desencadear um surto de formação estelar (Larson & Tinsley 1978). Juntas, as galáxias NGC7714 e NGC7715, formam o par de interação chamado Arp 284. Existem algumas evidências a partir de simulações que os surtos de formação estelar podem surgir devido à fusão entre galáxias, o que não quer dizer que em galáxias espirais barradas, por exemplo, com intensos fluxos de gás, não ocorram surtos de formação estelar (Norman & Scoville 1988; Elmegreen 1994).

Os astrônomos classificam essas galáxias que apresentam altas taxas de formação de estrelas como galáxias *Starburst* (SBs). A NGC7714 é classificada como uma típica galáxia SBs Nuclear, já que o fenômeno de formação intensa de estrelas acontece concentrado no núcleo desta galáxia (Weedman *et al.* 1981).

Fazer um estudo observacional de galáxias em pares que estão sob uma redistribuição do gás nos fornece importantes informações sobre os efeitos das interações. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo observacional para a galáxia espiral perturbada NGC7714 e para a galáxia irregular NGC7715, do sistema em interação Arp 284. Os principais objetivos específicos deste trabalho são analisar alguns parâmetros cinemáticos, obter a abundância química do gás e estimar as populações estelares destas galáxias, por meio dos espectros ópticos das mesmas.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

Foram utilizadas técnicas de modelagem computacionais para detalhar esses componentes. A metodologia empregada no trabalho foi a seguinte:

- 1) Processamento e correção das imagens retirando efeito de corrente (bias) e corrigindo a sensibilidade por frequência do ccd (flat) utilizando rotinas padrão do IRAF.
- 2) Redução das imagens transformando o espectro tridimensional (espacial x, y X intensidade) em um espectro bi dimensional (intensidade de fluxo X comprimento de onda) utilizando a rotina padrão de extração de aberturas do IRAF (apall).

- 3) Medidas das linhas em emissão e absorção de estrelas presentes no espectro da galáxia. Empregando a rotina `splot` do Iraf são medidas as linhas em emissão das estrelas WR nos comprimentos de onda He II λ 4686, CIII] λ 5008.
- 4) Obtenção da quantidade de estrelas WR comparando o fluxo medido no espectro com o fluxo de um subtipo de estrela WR.
- 5) Obtenção da abundância química dos elementos presentes no gás com relação à quantidade de hidrogênio. O oxigênio por ser o mais abundante e por suas linhas serem mais intensas no gás é utilizado como representativo da abundância dos elementos mais pesados do que o He, ou seja, da metalicidade.

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

3.1. PARÂMETROS CINEMÁTICOS

A galáxia NGC7715 encontra-se visualmente ao lado da galáxia NGC7714 e uma análise da velocidade radial de cada uma pode nos ajudar a determinar se ambas formam de fato um sistema de interação. Como estes objetos possuem valores de velocidades radiais muito próximos, sendo a diferença entre estes valores de aproximadamente 90 km s^{-1} , podemos confirmar que as duas formam um sistema de interação.

Tabela 3.1 – Parâmetros cinemáticos das galáxias estudadas.

OBJETO	z	V_r (km s ⁻¹)	V_r (km s ⁻¹) NED	v_{GSR} (km s ⁻¹)	d (Mpc)	D (Mpc)	D (Mpc) NED
NGC7714	0.0094	2820	2798	2863.38	37.6	37.7	37.3
NGC7715	0.0091	2730	2771	2780.14	36.4	36.5	36.9

3.2 ABUNDÂNCIA QUÍMICA DO GÁS

Os valores de $12+\log(\text{O}/\text{H})$ obtidos para as galáxias são listados na Tabela 3.2, bem como os valores adotados e os encontrados na literatura. A Figura 3.3 mostra a comparação entre os resultados obtidos para a abundância química do gás ao aplicarmos o Método T_e e o Método N2O3.

Tabela 3.2 - Abundância química do gás obtida dos íons de oxigênio.

OBJETO	Regime	T_e	N2O3	Adotado	Δ Max	Literatura *
NGC7714	Baixa	7.96 ± 0.13	8.52	7.96 ± 0.13	0.56	8.14
NGC7715	Baixa	8.01 ± 0.05	8.23	8.01 ± 0.05	0.22	8.19

*Gonzalez-Delgado *et al.* (1995)

3.3 POPULAÇÃO DE ESTRELAS WR E TIPO O

Os valores obtidos para população estimada de estrelas WR, bem como a quantidade de estrelas WNL, WCE e WCL estão listados na Tabela 3.3. O número estimado total de estrelas do tipo O está listado na mesma Tabela, bem como a razão entre o número de

estrelas WR e O, e a razão entre as estrelas WC e WN.

Tabela 3.3 – Parâmetros Nebulares e Estelares das galáxias deste trabalho.

OBJETO	Q_o ($\times 10^{52}$)	$\eta_o(t)$	N_{WNL}	N_{WCL}	N_{WCE}	N_{WR}	N_o	N_{WR}/N_o	N_{WC}/N_{WN}
NGC7714	25.23 ± 4.45	0.12	1654 ± 1280	859 ± 40	1606 ± 815	4119 ± 2135	44375 ± 2490	0.09 ± 0.05	1.49 ± 0.35
NGC7715	3.21 ± 0.42	0.72	532 ± 250	-	-	532 ± 250	3967 ± 385	0.13 ± 0.05	-

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Deste estudo, as principais conclusões são as seguintes:

- Os valores obtidos para o *redshift* foram 0.0094 e 0.0091 respectivamente para a NGC7714 e para a NGC7715. Por estes valores serem positivos, concluímos que ambas as galáxias estão se afastando em relação ao referencial de observação.
- As velocidades radiais para a NGC7714 e para a NGC7715 foram, respectivamente, 2820 km s⁻¹ e 2730 km s⁻¹. Ambas encontram-se visualmente uma ao lado da outra e, sendo a diferença entre as velocidades de 90 km s⁻¹, conclui-se que as duas galáxias estão de fato em interação.
- A distância estimada para cada galáxia foi derivada por dois métodos diferentes, mas os valores obtidos por cada método foram muito próximos, sendo 37.6 Mpc para a NGC7714 e 36.4 Mpc para a NGC7715. Uma vez que o nosso Grupo Local possui um raio de 1.53 Mpc, concluímos que ambas galáxias estudadas não pertencem ao nosso Grupo Local por estarem fora deste raio.
- De acordo com os diagramas de diagnósticos, concluímos que os objetos deste trabalho possuem o mecanismo de ionização do gás predominado por formação intensa de estrelas. Devido ao posicionamento das galáxias nos respectivos diagramas, elas são classificadas de fato como galáxias *Starburst*, como afirmou Weedman *et al.* (1981).
- Encontramos o valor médio de $12+\log(O/H) = 7.96 \pm 0.13$ para a NGC7714 e o valor médio de $12+\log(O/H) = 8.01 \pm 0.05$ para a NGC7715, ambos valores menores que 8.4, comprovando que as galáxias estudadas são *Starburst* de baixa metalicidade, de acordo com Gonzalez-Delgado *et al.* (1995)
- As galáxias apresentam uma alta quantidade de fótons ionizantes disponíveis para a ionização do gás, sendo $Q_o = 25.23 \times 10^{52}$ para a NGC7714 e $Q_o = 3.21 \times 10^{52}$ para a NGC7715. Ainda assim, nos diagramas de diagnóstico elas estão posicionadas abaixo da margem de fótons ionizantes demarcada pela fronteira entre o processo de formação estelar e buraco negro/ondas de choque.
- A estimativa do número de estrelas WR para a NGC7714 foi de 4119 ± 2135 e para a NGC7715 foi de 532 ± 250 . Enquanto que o número de estrelas do tipo O foi de 44375 ± 2490 para a NGC7714 e 3967 ± 385 para a NGC7715. Estas estrelas do tipo O podem evoluir para os diferentes tipos de estrelas WR, aumentando assim o número dessas estrelas no meio intergaláctico. Mas se elas

tiverem massa inicial menor que $25M_{\odot}$, o cenário evolutivo é diferente sem passar pelo estágio WR.

- Variações na quantidade de estrelas WR ao longo da NGC7714, aumentando da direção sudeste para a noroeste, indicam que os surtos de formação estelar se concentram neste lado da galáxia. Como afirmado com uma simulação por Smith & Wallin (1992), foi no lado noroeste da NGC7714 que ocorreu a interação de maré com sua companheira menor.
- Foram encontradas estrelas WR apenas da classe nitrogenadas do tipo tardio (WNL) na NGC7715, sendo esta uma característica de uma galáxia WR velha que está numa fase pós-starburst, como afirmou Bernlohr (1993). A quantidade das estrelas WNL cresce na direção oeste, concordando com as expectativas, pois é onde existe uma “ponte” que a interliga com sua companheira maior.

REFERÊNCIAS

- BERNLOHR, K. *Models and Observations of Starbursts II. Starburst in Interacting Galaxies*. **Astronomy and Astrophysics**, n. 268, 1993.
- CONTI, P. S. **Mem. Soc. R. Sci.** Liege 9: 193. 1976.
- CONTI, P. S. *Wolf-Rayet Galaxies: An Introduction and a Catalog*. **Astrophysical Journal**, n. 377. 1991.
- ELMEGREEN, B. G. *Starbursts by Gravitational Collapse in the Inner Lindblad Resonance Rings of Galaxies*. **Astrophysical Journal Letters**, n. 425. 1994.
- GONZALEZ-DELGADO, R. M., PEREZ, E., DIAZ, A. I., GARCIA-VARGAS, M. L., TERVELICH, E., VILCHEZ, J. M. *The Starburst Galaxy NGC7714*. **Astrophysical Journal**, n. 439. 1995.
- LARSON, R., TINSLEY, B. *Star Formation Rates in Normal and Peculiar Galaxies*. **Astrophysical Journal**, n. 219. 1978.
- NASA/ESA Hubble Space Telescope (<https://www.spacetelescope.org/images/>)
- NASA/IPAC Extragalactic Database (<https://ned.ipac.caltech.edu/>)
- NORMAN, C., SCOVILLE, N. *The Evolution of Starburst Galaxies to Active Galactic Nuclei*. **Astrophysical Journal**. v. 332. 1988.
- OSTERBROCK, D. E. *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*. **University Science Books**. 1989.
- SEARLE, L., SARGENT, W. L. M., BAGNUOLO, W. G. **Astrophysical Journal**, n. 179. 1973.
- SMITH, B. J., WALLIN, J. F. *The Evolutionary History of the Interacting Galaxy System NGC 7714/7715 (ARP 284)*. **Astrophysical Journal**, n. 393. 1992.
- STEIGMANN, G., VIEGAS, S. M., GRUENWALD, R. **Astrophysical Journal**, n. 490. 1997.
- TELLES, E., TERLEVICH, R. J. *The Environment of HII Galaxies*. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, n. 275. 1995.
- TERLEVICH, R. *Starburst Activity in Galaxies*, Puebla, Mexico, 1997.
- VACCA, W. D., CONTI, P. S. **Astrophysical Journal**, n. 401. 1992.
- VACCA, W. D. **Astrophysical Journal**, n. 421. 1994.
- VEILLEUX, S., OSTERBROCK, D.E. **Astrophysical Journal Series**, v. 63. 1987.
- WEEDMAN, D., FELDMAN, F., BALZANO, V., RAMSEY, L., SRAMEK, R., WUU, C. *NGC7714: The Prototype starburst galactic nucleus*. **Astrophysical Journal**. vol. 248. 1981.
- WILLIS, A. J. *Wolf-Rayet Stars and Interrelations with Other Massive Stars in Galaxies*. **IAU Symp.** v. 143. 1991.