

ESTUDO DA POPULAÇÃO ESTELAR DA GALÁXIA 02401

Círia Lima Dias¹; Vera Aparecida Fernandes Martin², Paulo César da Rocha Poppe³, Iranderly Fernandes de Fernandes⁴, Giuana Alves da Silva⁵

1. Bolsista PROBIC, Graduanda em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: ciriafisica@gmail.com
2. Orientadora do projeto de pesquisa (Gap), Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana e-mail: vmartin1963@gmail.com
3. Co-Orientador do projeto de pesquisa (Gap), Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana e-mail: paulopoppe@gmail.com
4. Co-orientador do projeto de pesquisa (Gap), Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana e-mail: irafbear@gmail.com
5. Participante do projeto de pesquisa, Graduanda em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: giuanafisica@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Galáxias, População Estelar, Síntese Espectral.

Introdução

Em uma linguagem simples e usual, as galáxias são comumente chamadas de blocos de construção do Universo, e isso implica que estas são unidades completas, indivisíveis, verdadeiros blocos monolíticos que compõem todas as outras estruturas cósmicas (Gnedin, 2009). Porém, desde o emprego do sistema de classificação morfológica proposta por Hubble em 1936 (“tuning fork diagram” ou “diagrama de diapasão”), sabemos que existem algumas galáxias que não se encaixam nesse tipo de arranjo, como as chamadas “galáxias irregulares”. Muitas dessas galáxias são frutos de um processo de colisão, fusão ou efeito de maré com outra galáxia, onde estas interações podem dar condições físicas necessárias para ocorrer uma alta taxa de formação estelar.

Para ajudar a compreender a estrutura evolutiva destas galáxias, encontraremos como estão distribuídas as populações estelares neste objeto, utilizando o código de síntese espectral STARLIGHT (Cid Fernandes et al. 2005) para este objetivo.

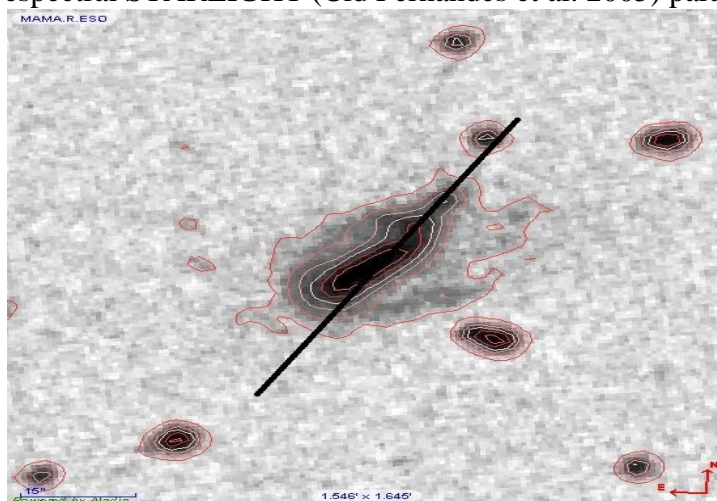


Figura 1: A galáxia HRG 02401, obtida do Atlas Virtual Aladin (<http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl>). Imagem da galáxia no óptico, filtro R, campo de 30”, com algumas estrelas de campo e contorno realçando subestruturas. A linha preta representa, aproximadamente, o posicionamento da fenda, ao longo da galáxia. As direções Norte e Leste são também representadas.

Neste trabalho de Iniciação Científica (PROBIC/UEFS), apresentaremos os resultados espectroscópicos obtidos para a galáxia HRG 02401 (Figura 1), observadas em 2006, com o Telescópio de 1,6m do OPD/LNA – MCT (Observatório do Pico dos Dias/Laboratório Nacional de Astrofísica)

Materiais e métodos

Os espectros de baixa resolução ($R \sim 600$) estudados neste trabalho, foram obtidos com o espectrógrafo Cassegrain fabricado pela Boller & Chivens (modelo 26767, http://www.lna.br/opd/instrum/manual/Manual_160mOPD_Cap2.pdf). Algumas modificações instrumentais foram realizadas, para permitir a utilização do mesmo no telescópio de 1.6m, com os diversos detectores CCD e redes de difração disponíveis.

Nas observações realizadas no OPD/LNA para a galáxia HRG 02401, os espectros foram obtidos usando a rede de difração de 600 linhas por milímetro. O CCD utilizado foi o 105 o qual possui uma matriz de 1048x1048 pixels, com tamanho do pixel de 13,5x13,5 microns, corrente de escuro de $1,5 \cdot 10^{-4}$ elétrons/pixel/segundo, e ruído de leitura 2,5 elétrons (<http://www.lna.br/opd/instrum/ccd/ccd105.html>).

Para análise e redução dos espectros, foi utilizado o pacote IRAF (Image Reduction and Analysis Facility, <http://iraf.noao.edu/>, Valdes 1986), que consiste de uma ampla coleção de tarefas para uso geral, para redução e análise de dados astronômicos, fotométricos e/ou espectroscópicos. Estrelas padrão (Landolt 1992) e lâmpadas de calibração He-Ar foram observadas na mesma noite, sendo estas utilizadas para calibrar os espectros em fluxo e comprimento de onda, respectivamente.

Para estudar a população estelar presente no espectro total, utilizamos neste trabalho o código de síntese espectral STARLIGHT, o qual modela o espectro observado, a partir de uma base de espectros contendo estrelas de várias idades e metalicidades. O STARLIGHT modela os espectros seguindo a seguinte equação:

$$M_\lambda = M_{\lambda_0} \left[\sum_{j=1}^{N_*} x_j T_{j,\lambda} r_\lambda \right] \otimes G(v, \sigma_*)$$

Onde “ M_λ ” é o espectro sintético, “ M_{λ_0} ” é um fator de normalização definido como o fluxo total do espectro sintético no comprimento de onda λ_0 , “ $T_{j,\lambda}$ ” é o espectro da j -ésima ($j=1 \dots N$) componente da base normalizado λ_0 . A base pode ser construída tanto por estrelas ou combinações de estrelas observadas, quanto por estrelas ou populações de estrelas teóricas; “ x_j ” é a fração com que cada elemento $T_{j,\lambda}$ da base, contribui para o fluxo de M_λ . A quantidade $r_\lambda \equiv 10^{-0.4(A_\lambda - A_{\lambda_0})}$ leva em conta os efeitos de extinção por poeira; “ $G(v, \sigma)$ ” é uma distribuição gaussiana de velocidades na linha de visada, centrada em v e alargada por σ ; “ \otimes ” expressa uma convolução. Define-se como o melhor ajuste aquele que minimiza o χ^2 entre o espectro observado e modelado (Cid Fernandes et al. 2005), o χ^2 é calculado da seguinte forma:

$$X^2 = \sum_{\lambda} [(O_\lambda - M_\lambda) \omega_\lambda]^2 \text{ onde } \omega_\lambda \text{ é o inverso do erro em } O_\lambda.$$

Resultados e Discussões

Com o espectro devidamente corrigido (instrumental, efeito Doppler e desarvermelhamento), utilizamos o STARLIGHT e obtivemos 8 soluções de combinações de idades e metalicidades para cada abertura, sendo a solução utilizada àquela que forneceu um menor chi-quadrado, $\chi^2=0.646$ (Figura 2).

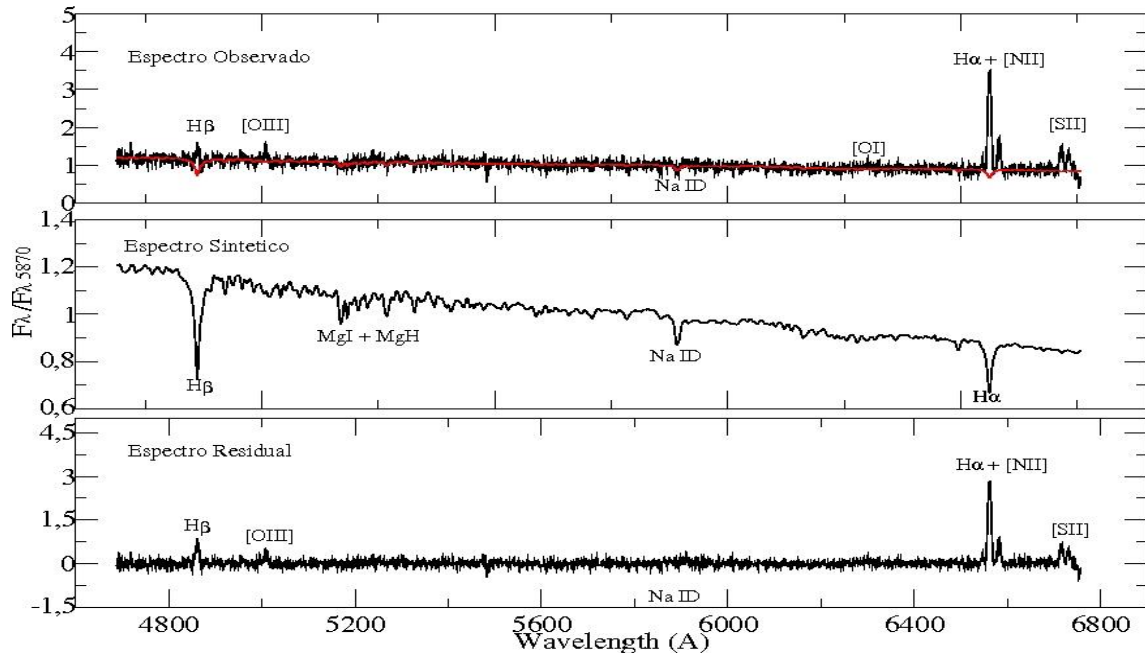


Figura 2: HRG 02401. Painel superior ilustra o espectro observado com o modelado sobreposto (em vermelho). O Painel do meio ilustra a população estelar modelada pelo código, e no painel inferior o espectro observado menos o modelado.

Fizemos uma única extração do perfil, deste objeto, para aumentar o sinal sobre o ruído (S/N). Com este espectro, construímos 100 outros espectros, os quais foram gerados fazendo o sinal oscilar dentro do seu próprio erro, com o intuito de observar se no resultado da síntese, é mais importante a base utilizada, ou o S/N.

Foram utilizadas quatro bibliotecas: (a) MILLES, que é uma biblioteca empírica que possui uma média resolução, cobrindo todo o espectro no óptico, onde as SSPs (Single-metallicity Stellar Populations) desta base foram observadas na vizinhança solar. (b) Padova e (c) Geneva que são bibliotecas sintéticas (Coelho et al. 2009). A Padova possui três metalicidades, $Z= 0.019, 0.008$ e 0.004 , e uma cobertura de 4Myr a 17Gyr. A Geneva possui 5 metalicidades $Z= 0.001, 0.004, 0.008, 0.020$ e 0.040 , porém para este trabalho somente utilizamos $Z= 0.004, 0.020$, e 0.040 , possuindo uma cobertura de 1Myr a 10Gyr. Temos também a (d) Bruzual & Charlot (BC03, Bruzual e Charlot 2003), onde nesta base utilizamos as metalicidades $Z=0.004, 0.020$ e 0.050 , possuindo uma cobertura na idade de 1Myr a 13Gyr.

Todas as SSP's e os espectros das galáxias foram colocadas em um formato “texto” exigido pelo STARLIGHT, com o comprimento de onda espaçado em 1Å , para facilitar a comparação das SSPs da base com os espectros dos objetos. Para a geração destes arquivos foi utilizado o IDL 7.1. Com os dados obtidos utilizando o STARLIGHT, construiu-se a Tabela 1.

Tabela 1: Porcentagem das idades das galáxias HRG02401 para as quatro bases, Geneva, Padova, MILLES e Bruzual & Charlot. Estes valores foram obtidos com 100 espectros gerados oscilando o erro do espectro original.

HRG02401			
Bibliotecas	Idades		
	Jovem	Intermediária	Velha
Geneva	55,70±2,23	0,20 ±0,74	44,10 ± 2,05
Padova	71,76 ± 5,60	5,16± 6,03	23,08 ± 4,21
MILLES	0	99,37 ± 1,97	0,53±1,57
Bruzual & Charlot	39,14 ± 2,91	55,81 ± 3,93	5,05± 2,90

Considerações Finais

Consideramos neste trabalho estrelas jovens, com idade menor que $5 \cdot 10^7$ anos, estrelas intermediárias, entre $5 \cdot 10^7$ e $2 \cdot 10^8$ anos, e por fim, estrela velhas, maior que $2 \cdot 10^8$ anos. Para a galáxia HRG 02401, obtiveram-se resultados distintos, para bases distintas. As bases Geneva e Padova, concordam que existiram dois surtos de formação estelar, já que mostram uma maior população jovem, seguida de uma população velha. Porém a Bruzual & Charlot (BC03) também demonstra que houve dois surtos, já que as maiorias das populações são de idades intermediárias e jovens. Pelo fato da MILLES não possuir SSPs jovens e este objeto ser uma região HII/Starbust, o STARLIGHT coloca toda a população para intermediária, com o intuito de compensar a falta de população jovem nesta base.

Com os 100 espectros gerados oscilando o erro do espectro, notou-se que o STARLIGHT modifica a porcentagem das SSP existente nas galáxias, porém mantém os surtos de população na mesma faixa. Contudo para a galáxia HRG02401, as porcentagens das SSP mudam não somente com os 100 espectros, mas também com a mudança das bases.

Referência

Gnedin, N.Y. astrophysics: Hidden chaos in cosmic order. **Nature**, v. 507, p. 1303-1311, dez. 2009

Valdes F. 1986, *Reduction of long slit spectra with IRAF*. IN: Instrumentation in astronomy VI; Proceedings of the Meeting, Tucson, AZ. Part 2 (A87-36376 15-35). Bellingham, WA, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, p. 749-756

Coelho, P.; Oliveira, C. M. & Fernandes, R. C. 2009, MNRAS, 1-10

Cid Fernandes, R., Mateus, A., Sodré, L., Stasiska, G., Gomes, J. M., 2005, MNRAS, 358, 363

Landolt, A. U. 1992, AJ, 104, 340

Vazdekis, A., Sánchez-Blázquez, P., Fálcon-Barroso, J., Cenarro, A. J., Beasley M. A.; Cardel N., Gorgas J., Peletier R. 2009, MNRAS, 1 – 32.