

# Classificação cinemática de AGNs: busca por feedback em galáxias do MaNGA

Clara Rosin Gomes<sup>1</sup>, Diogo Martins Souto<sup>1</sup> e Rogemar André Riffel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria

## Resumo

Galáxias com núcleos ativos (AGN) possuem um buraco negro supermassivo central (SMBH) que emite *outflows* e jatos de radiação e partículas. Em alguns casos, esse SMBH interfere na dinâmica da galáxia hospedeira alterando sua formação estelar. Tal fenômeno é denominado *feedback*. Neste trabalho, é analisada uma amostra de 62 galáxias presente em Sandro B. Rembold et al. (2017) [1] observadas pelo MaNGA para determinar quais são passíveis de apresentar processo de *feedback*. Para isso, examinamos os campos de velocidades das estrelas e do gás H $\alpha$  de cada galáxia para verificar se a rotação de ambos parâmetros é semelhante, visto que galáxias que possuem campos de velocidades distintos são sujeitas a estarem sofrendo processos de *feedback*. As classificações utilizadas neste trabalho são separadas em três classes: campo de velocidades de padrão regular (CVPR), campo de velocidades de padrão irregular (CVPI) e campo de velocidades em contrarotação (CVCR). Cada galáxia da amostra também tem suas regiões nuclear e extranuclear classificadas em seyfert, LINER, composta ou região de formação estelar. Isso é feito através da análise do diagrama BPT de cada galáxia analisada. De acordo com as classificações supracitadas, pode-se fazer um estudo da proporção de cada tipo de classificação para cada tipo de AGN.

## Abstract

Galaxies with active nuclei (AGN) have a central supermassive black hole (SMBH) that emits outflows and jets of radiation and particles. In some cases, this SMBH interferes with the dynamics of the host galaxy, altering its star formation. Such a phenomenon is called feedback. In this work, a sample of 62 galaxies present in Sandro B. Rembold et al. (2017) [1] observed by MaNGA to determine which are likely to present a feedback process. To do this, we examine the velocity fields of the stars and the H $\alpha$  gas of each galaxy to check whether the rotation of both parameters is similar, since galaxies that have different velocity fields are likely to be undergoing feedback processes. The classifications used in this work are separated into three classes: regular pattern velocity field (CVPR), irregular pattern velocity field (CVPI) and counter-rotating velocity field (CVCR). Each galaxy in the sample also has its nuclear and extranuclear regions classified into seyfert, LINER, composite or star-forming region. This is done by analyzing the BPT diagram of each galaxy analyzed. According to the aforementioned classifications, a study can be made of the proportion of each type of classification for each type of AGN.

**Palavras-chave:** astrofísica, buraco negro, galáxia

**Keywords:** astrophysics, black hole, galaxy

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v5nEspecial.44991](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v5nEspecial.44991)

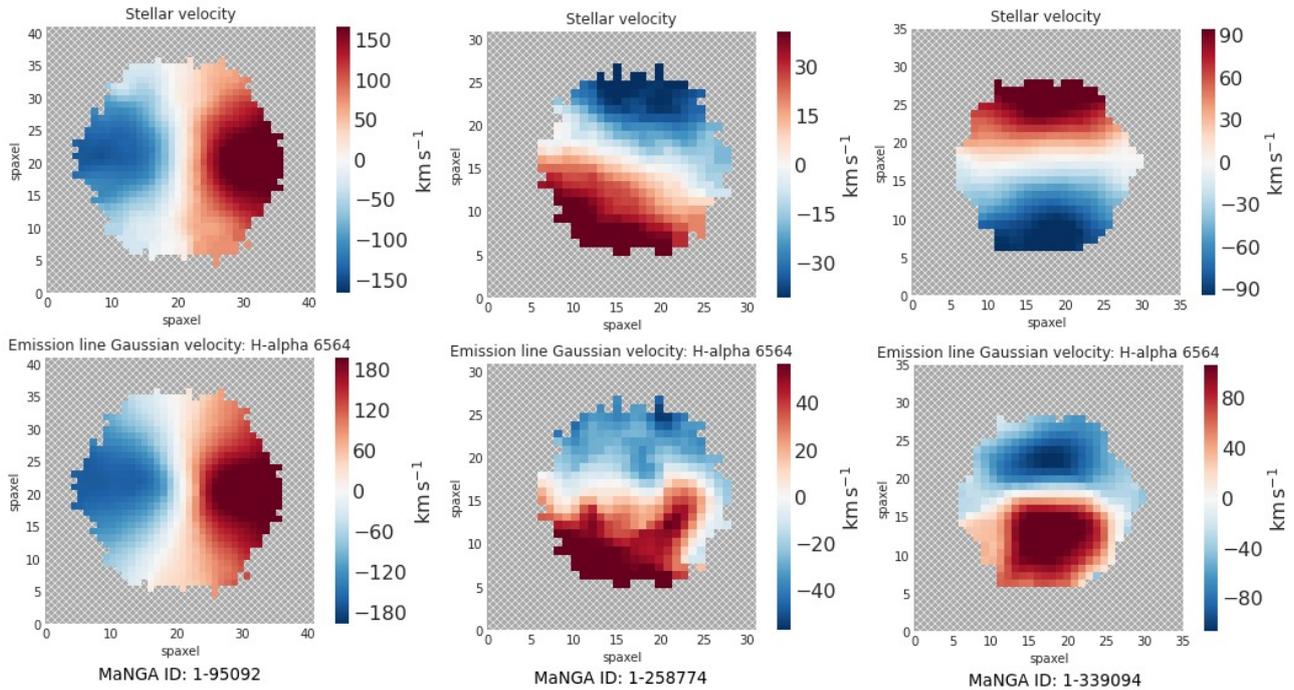
## 1 Metodologia

O MaNGA (*Mapping Nearby Galaxies at Apache Point Observatory*) é um projeto do SDSS (*Sloan Digital Sky Survey*) que visa observar 10 mil galáxias próximas no espectro do visível. Para isso, é utilizado a espectroscopia de campo integral (IFS) que permite observar cada galáxia integralmente de uma só vez. A IFS gera cubos de dados com o espectro de cada spaxel da galáxia (BUNDY, K. et al, 2014) [2].

Neste trabalho, utilizamos 62 galáxias do MaNGA e as analisamos através de um ambiente em Python denominado Marvin (CHERINKAL, B. et al, 2019) [3]. Foram geradas três imagens para cada galáxia: um mapa do campo de velocidades do gás H $\alpha$ , outro de velocidades de estrelas, como é possível ver na figura 1, e um diagrama BPT, assim como nas figuras 2 e 3.

Através da comparação entre os campos de velocidades, é possível classificar a amostra em três grupos:

- *Campo de velocidades com padrão regular*



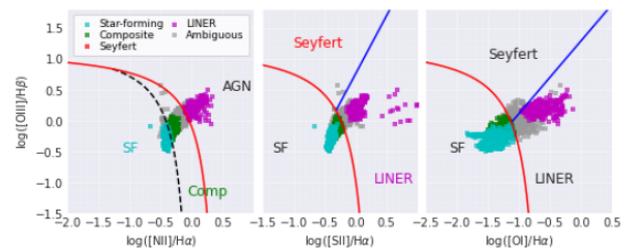
**Figura 1:** Exemplo de três galáxias da amostra: cada uma representa um grupo de classificação. A primeira é CVPR, a segunda é CVPI e a terceira, CVCR. Imagem gerada no Marvin.

(CVPR): o mapa do campo de velocidade do gás  $H\alpha$  é semelhante ao mapa do campo de velocidade das estrelas, ou seja, gás e estrelas rotacionam igualmente conforme o esperado;

- *Campo de velocidades com padrão irregular (CVPR):* gás e estrelas tem campos de velocidades distintos em uma ou mais regiões;
- *Campo de velocidades em contra-rotação (CVCR)* mapa do campo de velocidade do gás  $H\alpha$  e o mapa do campo de velocidade das estrelas mostram que o gás e as estrelas rotacionam em direções opostas.

## 2 Resultados

Através da comparação entre a cinemática estelar e dos gases em escalas de kpc é possível reestudar qualitativamente o possível impacto dos *outflows* do AGN em sua galáxia hospedeira: é esperado que galáxias inativas possuam mapas de campo de velocidades estelar e de gás em larga escala semelhantes pois ambos rotacionam igualmente; já em galáxias com núcleos ativos são esperado mapas de campos de velocidade de gás perturbados em comparação ao



**Figura 2:** Diagrama BPT da galáxia 1-339163 gerado no Marvin.

campos de velocidade estelar devido ao efeito causado pelos fortes *outflows* (ILHA et al, 2019) [4] que geram perturbações no movimento dos gases.

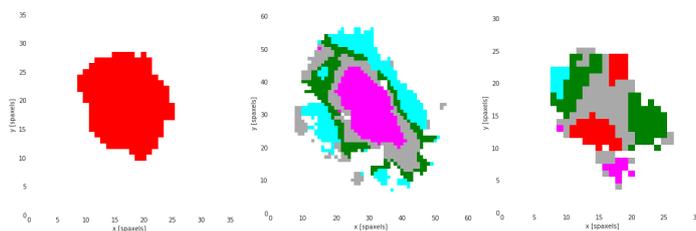
Através da análise de cada mapa de campo de velocidades de  $H\alpha$  e estrelas e do diagrama BPT de cada galáxia da amostra foi possível construir uma tabela com a comparação entre os campos de velocidades de gás e estrelas assim como com a classificação de suas regiões nuclear e extranuclear de acordo com o diagrama BPT de cada galáxia da amostra.

A tabela 1 mostra apenas as 14 primeiras galáxias da amostra.

A partir da análise da tabela da amostra completa foi possível gerar o histograma da quantidade de cada grupo cinemático para cada tipo de AGN, como pode ser observado na figura 4. Também é observado que

| <i>MaNGA ID</i> | <i>Classificação</i> | <i>Região nuclear</i> | <i>Região extranuclear</i>    |
|-----------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1-558912        | CVPI                 | Seyfert               | Seyfert, LINER e composto     |
| 1-269632        | CVPR                 | Ambíguo               | Seyfert, composto, FE e LINER |
| 1-258599        | CVPI                 | Seyfert               | Seyfert                       |
| 1-72322         | CVPR                 | Seyfert               | Seyfert, composto, FE e LINER |
| 1-121532        | CVPI                 | Seyfert e LINER       | LINER e seyfert               |
| 1-209980        | CVPR                 | Seyfert               | LINER e composto              |
| 1-44379         | CVPR                 | Seyfert               | FE, composto e seyfert        |
| 1-149211        | CVPI                 | Seyfert               | Seyfert                       |
| 1-173958        | CVPR                 | Ambíguo               | FE, composto e LINER          |
| 1-338922        | CVPR                 | LINER                 | LINER                         |
| 1-279147        | CVPI                 | Seyfert               | Seyfert, LINER e composto     |
| 1-460812        | CVPR                 | Seyfert               | LINER                         |
| 1-92866         | CVPI                 | LINER                 | LINER                         |
| 1-94784         | CVPR                 | Seyfert               | FE, LINER e composto          |

**Tabela 1:** As galáxias que possuem mais de um tipo de região nuclear e/ou extranuclear foram classificadas de forma decrescente: da maior quantidade de spaxels para a menor. Por exemplo, a galáxia 1-121532 possui mais spaxels classificados como LINER do que seyfert em suas regiões extranucleares.

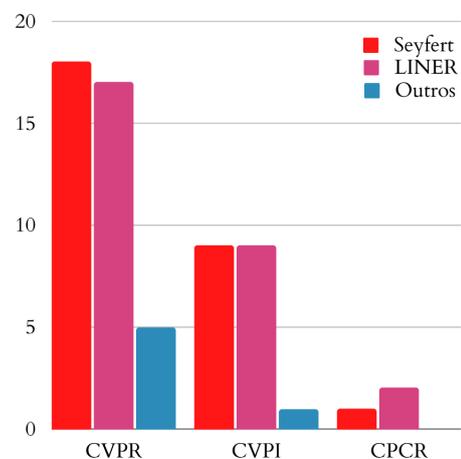


**Figura 3:** Diagrama BPT complementar mostrando a classificação de cada spaxel das galáxias 1-339094, 1-339163 e 1-269632, respectivamente, em coordenadas celeste. Imagem gerada no Marvin.

existem muito mais galáxias com rotação com padrão regular do que irregular ou em contrarotação, como é possível ver na figura 5.

### 3 Conclusões

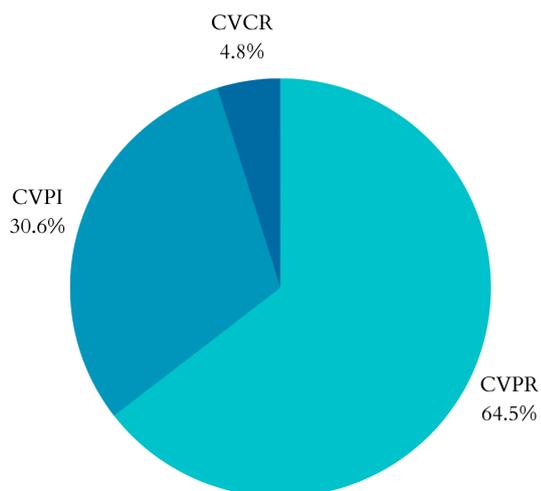
A partir da análise da literatura, dos dados do MaNGA e do ambiente Marvin, foram gerados dois mapas de campos de velocidade para cada galáxia da amostra: um do gás H $\alpha$  e outro das estrelas. A partir da comparação desses mapas foi possível classificar cada galáxia de acordo com a similaridade entre os mapas. Como mostra a figura 5, 64.5% da amostra



**Figura 4:** Histograma de cada tipo de AGN e cada classificação cinemática

possui mapas similares, ou seja, estrelas e gás rotacionam igualmente, o que é esperado de uma galáxia inativa ou que não haja *feedback*. Já os outros 35.5% da amostra possuem perturbações nas rotações sendo 30.6% perturbações irregulares e apenas 4.8% contrarotação.

Com os métodos utilizados neste trabalho, não é possível afirmar a causa exata dos processos que causam perturbações nessas rotações. O programa utili-



**Figura 5:** Gráfico em pizza apontando a quantidade percentual de cada classificação cinemática

zado (Marvin) possui limitações e utiliza apenas uma função para ajustar cada linha de emissão. Assim, não é possível modificar esse parâmetro. Para estudar com mais detalhes as perturbações na cinemática dos gases é indispensável ajustar a quantidade necessária de funções, o que pode ser feita através do software IFSCube (DUTRA, 2022) [5].

### Sobre a autora

Clara Rosin Gomes é graduada em Física ([clara-rosingomes@hotmail.com](mailto:clara-rosingomes@hotmail.com)): Astrofísica pela Universidade Federal de Sergipe (UFS) e atualmente está realizando o mestrado em Física na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Meu trabalho concentra-se no estudo de galáxias com núcleos ativos (AGNs), com foco na investigação da cinemática e estrutura do hidrogênio molecular e ionizado na galáxia MCG+08-11-011.

### Sobre os autores

Diogo Martins Souto é professor adjunto da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Rogemar André Riffel é professor adjunto da Universidade Federal de Santa Maria.

### Referências

- [1] S. B. Rembold et al., *The first 62 AGNs observed with SDSS-IV MaNGA - I. Their characterization and definition of a control sample*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **472**(4), 4382 (2017). [ArXiv:1709.10086](https://arxiv.org/abs/1709.10086).
- [2] K. Bundy et al., *Overview of the SDSS-IV MaNGA Survey: Mapping nearby Galaxies at Apache Point Observatory*, *Astrophysical Journal* **798**(1), 7 (2015). [ArXiv:1412.1482](https://arxiv.org/abs/1412.1482).
- [3] B. Cherinka et al., *Marvin: A Tool Kit for Streamlined Access and Visualization of the SDSS-IV MaNGA Data Set*, *Astronomical Journal* **158**(2), 74 (2019). [ArXiv:1812.03833](https://arxiv.org/abs/1812.03833).
- [4] G. S. Ilha et al., *The first 62 AGN observed with SDSS-IV MaNGA - III: stellar and gas kinematics*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **484**(1), 252 (2019). [ArXiv:1903.08071](https://arxiv.org/abs/1903.08071).
- [5] D. Ruschel-Dutra et al., *AGNIFS survey of local AGN: GMOS-IFU data and outflows in 30 sources*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **507**(1), 74 (2021).