

## ESTUDO ESPECTROSCÓPICO DA GALÁXIA COM ANEL POLAR AM2020-504 XIV INIC / X EPG - UNIVAP 2010

**Priscila Freitas Lemes<sup>1</sup>, Irapuan Rodrigues<sup>1</sup>, Maximiliano Faúndez-Abans<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> UNIVAP /IPD – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova - São José dos Campos - SP, priscila@univap.br e irapuan@univap.br

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Astrofísica, Diretoria, Coordenação de Apoio Científico. Rua Estados Unidos 154 – Itajubá – MG, mfaundez@lna.br

**Resumo-** Sabe-se hoje que as interações entre galáxias são muito comuns. Em certos tipos de interação as galáxias formam sistemas conhecidos como galáxias com anel polar, compostos por uma galáxia hospedeira de tipo lenticular, elíptica ou espiral, rodeada por um anel de gás e estrelas que orbitam em um plano aproximadamente polar. Neste trabalho, o objetivo é estudar a galáxia AM2020-504, que provavelmente foi formada por acréscimo, cenário em que a galáxia hospedeira coleta material de uma doadora que dá origem ao anel. O sistema foi observado no telescópio de 1,60 m do OPD-LNA. Obtivemos uma velocidade sistêmica de 5045 Kms<sup>-1</sup>. A curva de rotação indica que a galáxia hospedeira é elíptica e que o anel ainda não é uma estrutura relaxada. Através da análise espectral, baseada no diagrama de diagnóstico de Coziol constatamos que a galáxia hospedeira é uma Galáxia com Núcleo Ativo enquanto que o anel tem características de regiões HII.

**Palavras-chave:** interação de galáxias, espectroscopia, núcleo ativo.

**Área do Conhecimento:** I- CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

### Introdução

Há tempos as galáxias eram vistas como ilhas distantes e estáveis espalhadas em longos espaços no universo. Sabemos hoje que as galáxias não estão distribuídas de modo aleatório no espaço. Elas encontram-se em grupos, onde estão sujeitas à expansão do universo e à interação gravitacional mútua.

A interação de galáxias tem modificado substancialmente as estruturas cósmicas ao longo de toda a evolução do Universo. Esses eventos são implacavelmente determinados pelo caráter atrativo da força da gravidade que, por sua vez, induz nos grandes sistemas, as colisões, a força de maré e o atrito dinâmico (Rodrigues, 1999).

A criação de fortes perturbações nos sistemas interagentes é devido à força de maré. Ela pode chegar a desmembrar grandes quantidades de matéria formando pontes e caudas, injetando assim material interestelar quimicamente processado no espaço intergaláctico, contaminando este meio a distâncias até 10 vezes maiores que o diâmetro das galáxias interagentes (Dottori et al, 1997).

Existe um tipo especial de interação, no qual o disco de uma galáxia fica posicionado perpendicularmente em relação ao disco da outra, e a interação se dá seguindo uma órbita polar. Esses casos podem dar origem às galáxias com anel polar (PRGs), que é o assunto deste trabalho.

### A galáxia com anel polar AM2020-504

Galáxias com anel polar (PRG) são compostas por dois sistemas distintos: a galáxia hospedeira e o anel. O plano onde está o anel e o plano principal da galáxia hospedeira estão inclinados a aproximadamente 90° um em relação ao outro.

Segundo Faundez-Abans & de Oliveira-Abans (1998) é geralmente aceito que a estrutura observada do anel polar provenha do acréscimo de material de uma galáxia vizinha ou por fusão de gás rico de uma galáxia companheira.

As galáxias com anel polar, segundo Faundez-Abans & de Oliveira-Abans (1998), podem ser classificadas em três famílias: *Spindle*, *Saturno* e *Worm-like*.

**Spindle:** correspondem às tradicionais galáxias com anel polar. Estes objetos apresentam um eixo em forma de protuberância (galáxia) com um anel quase perpendicular ao eixo principal da galáxia hospedeira.

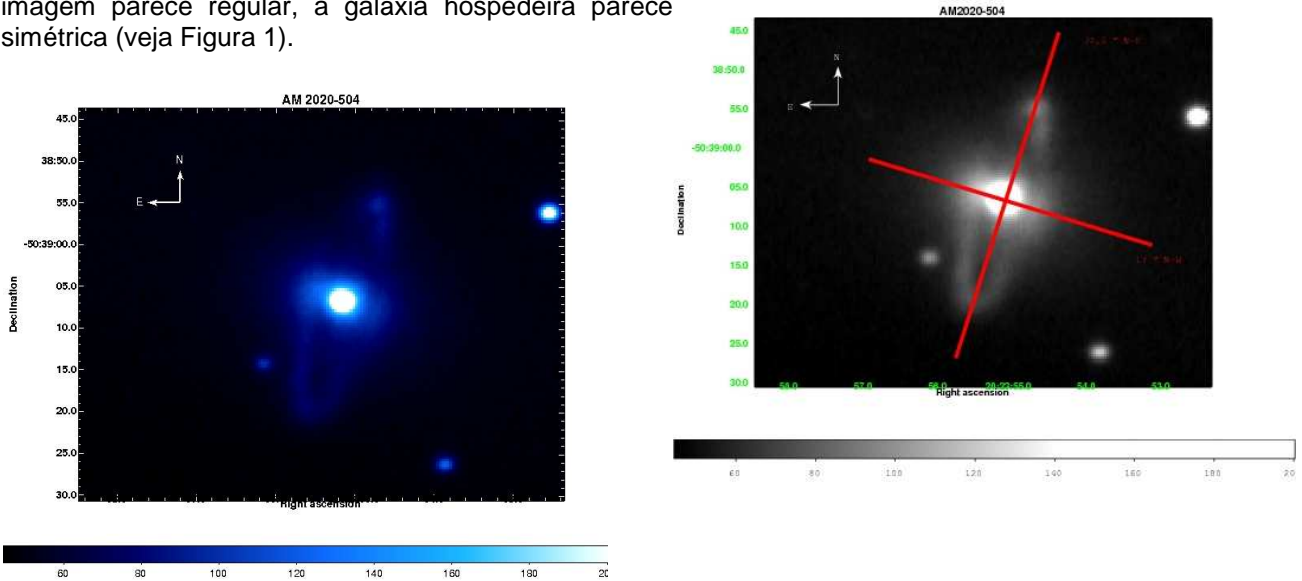
Esta família pode ser dividida em duas categorias. A primeira (i) composta por aquelas que não tem sobras de material proveniente da interação, como por exemplo a galáxia A0226-320.

A segunda categoria (ii) refere-se às galáxias que contém sobra de material, proveniente da interação nas extremidades do anel, como por exemplo, ESO 603-G21.

**Saturno:** estes objetos contêm um bojo esférico rodeada com um anel brilhante. Como por exemplo, a galáxia HRG54103.

**Worm-like:** referente aos objetos que possuem o bojo mais alongado. O anel em torno do bojo geralmente mostra um nó com o anel. Como por exemplo, a galáxia HRG 2302.

Neste trabalho estudaremos a galáxia com anel polar AM2020-504 que é composta de uma galáxia elíptica (hospedeira) rodeada por um anel de poeira, gás e estrelas jovens. No catálogo PRG (Whitmore et al., 1990) esta galáxia foi considerada como o melhor caso conhecido de galáxia com anel estreito. O seu anel é radialmente estreito, apresenta um eixo de simetria ao centro da galáxia hospedeira e não foram observados restos de materiais próximos ao sistema. Apesar de haver um número significativo de referências sobre este objeto, poucos estudos foram dedicados com exclusividade a ele. Na classificação de galáxia com anel polar ela se enquadra na família das Saturnos. O anel apresenta alguns sinais remanescentes de interação, porém na maior parte da imagem parece regular, a galáxia hospedeira parece simétrica (veja Figura 1).



**Figura 1:** Imagem no filtro B da galáxia com anel polar AM2020-504, objeto de estudo deste trabalho.

### Obtenção de Dados e Redução

No presente estudo contamos com um conjunto espectros de fenda longa que foram coletados durante duas noite de observação (28-29 de setembro de 2008 e 04-05 de junho de 2008) no telescópio de 1,60m do Observatório do Pico dos Dias.

Efetamos espectroscopia com duas redes: 300 e 600 linhas/mm. O objetivo do uso da rede de 300 linhas foi ter uma maior abertura espectral enquanto a de 600 linhas foi obter observações mais precisas das principais linhas de emissão desse sistema:  $H\alpha_{6563}$ ,  $H\beta_{4861}$  e  $[OIII]_{5007}$ . Nas observações espectroscópicas usamos duas posições de fenda (Figura 2), uma ao longo do eixo maior do anel e outra no eixo maior da galáxia hospedeira, que cobre aproximadamente o eixo menor do anel. O posicionamento da fenda-1 tem inclinação de  $72,5^\circ$  de N-E e a fenda -2 com inclinação de  $17^\circ$  de N-W.

A redução de dados foi realizada seguindo os padrões básicos de redução do IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*).

**Figura 2:** Posição das fendas sobre uma imagem V.

Após o processo de redução de dados e calibração em fluxo, obtivemos espectros no sentido do anel (veja figura 3) e no sentido da galáxia hospedeira (veja figura 4).

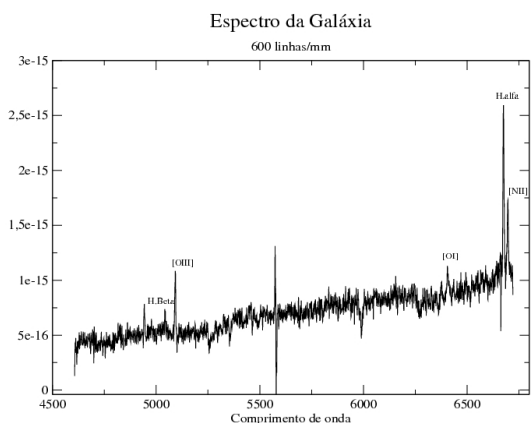


Figura 3: Espectro de 600l/mm na região do anel.

### Curvas de rotação

As velocidades radiais ao longo das fendas foram calculadas com base no deslocamento **Doppler** das linhas do espectro. Quando uma fonte luminosa, no caso a galáxia, se desloca, em relação a nós, ocorre uma alteração no comprimento de onda que chegam até nós. Quando a galáxia se aproxima, observamos uma linha com comprimento de onda menor que seu valor de repouso. Já para o caso do afastamento, a linha aparece em comprimentos de onda maiores.

Para a construção da curva de rotação deste sistema foram utilizadas as linhas de emissão mais fortes, sendo elas: H $\alpha$ , H $\beta$  e [OIII]. Ao longo das fendas, uma posicionada na direção do anel e a outra ao longo da direção da galáxia hospedeira, foram feitas extrações de espectros unidimensionais a fim de se obter as curvas de rotação do sistema, bem como informações de regiões específicas do sistema, como por exemplo a parte NORTE do anel ou a região LESTE da galáxia hospedeira.

Espectro da Galáxia AM2020-504

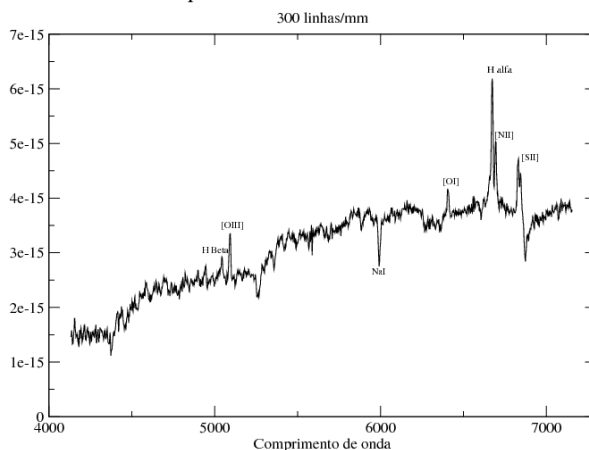
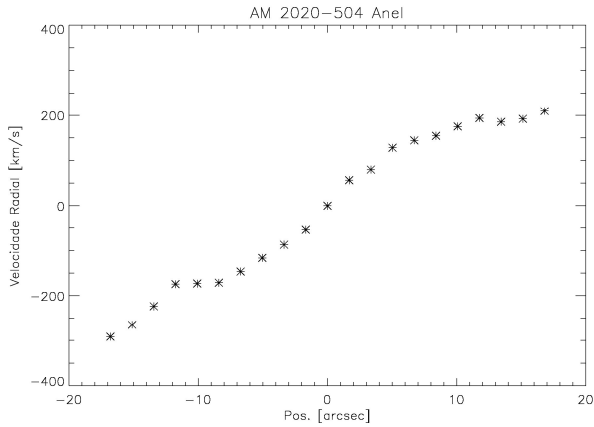


Figura 4: Espectro de 300l/mm na região da galáxia hospedeira.

A velocidade da galáxia foi calculada nas posições centrais de cada fenda e foi feita uma média. A velocidade heliocêntrica para a rede de 300l/mm foi de  $5076 \pm 46$  Km/s e na rede de 600l/mm foi de  $5045 \pm 23$  Km/s. Essa diferença está dentro das barras de erro de cada uma das medidas.

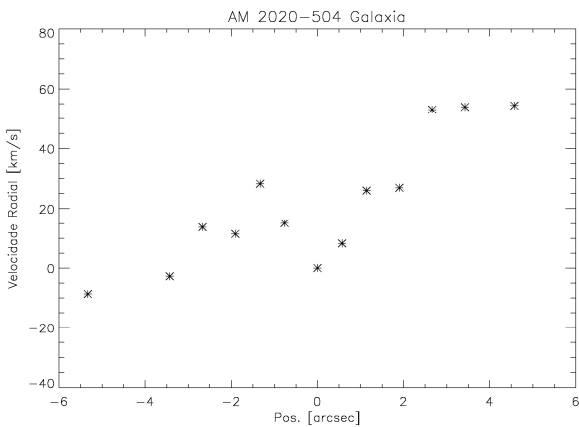
A curva de rotação na direção do anel é mostrada na Figura 5. Pode-se notar que a parte SUL do anel tem velocidades negativas e a parte NORTE tem velocidades positivas. Concluímos que o lado Sul do anel vem na nossa direção enquanto o lado Norte se afasta de nós. A curva de rotação do anel não é simétrica: há uma descontinuidade a partir dos 12" de arco, o que sugere que se tratam de regiões desacopladas cinematicamente.



**Figura 5:** Curva de rotação na direção do anel.

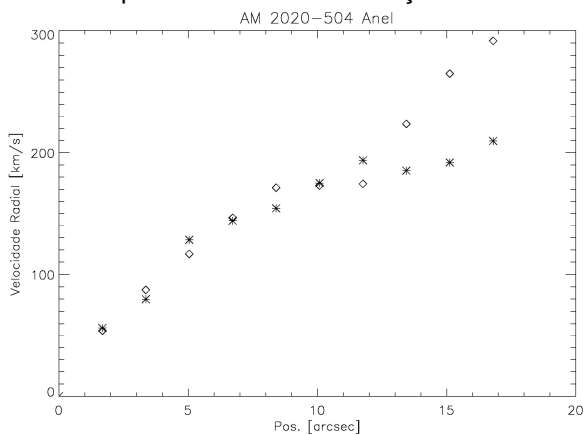
Quando se compara os valores das velocidades nas direções Norte e Sul do anel, notamos uma diferença de aproximadamente 80 Km/s. O anel se apresenta como um objeto desacoplado da galáxia hospedeira, ainda fora do equilíbrio.

Na Figura 6 é mostrada a curva de rotação na direção do eixo maior da galáxia hospedeira.



**Figura 6:** Curva de rotação na direção da galáxia hospedeira.

Uma possível explicação para isso é considerar a hipótese de que a galáxia doadora do material para o anel está oculta atrás do sistema e ainda enviando material para a formação do anel. Esse constante envio de matéria pode resultar na diferença de velocidades detectada.



**Figura 7:** Diferença de velocidades nas regiões norte e sul do anel.

Nos estágios finais do processo de interação pelo efeito de maré, o objeto formado encontra-se fora do equilíbrio virial (Viegas;Oliveira,2004). Com isso, ocorre um espalhamento e uma redistribuição das estrelas,

AGN

H II

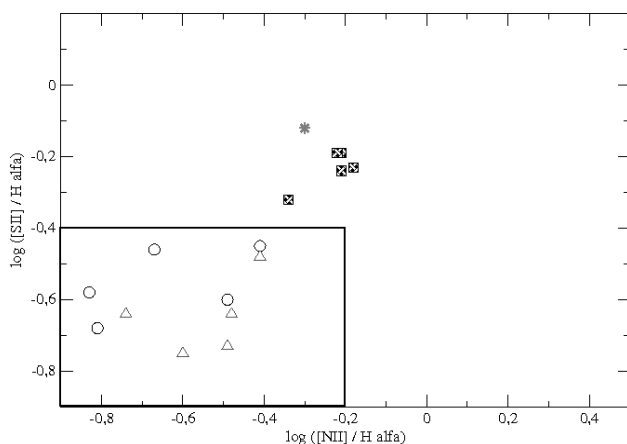
que buscam atingir uma nova configuração de equilíbrio. Este processo é denominado *relaxação violenta*. No cenário em que se apresenta a PRG AM2020-504, podemos supor que esteja passando por este processo já que ainda não é um objeto relaxado e que devido a diferença de velocidade ainda não está em equilíbrio.

## Análise espectral

Estudando o espectro da galáxia AM2020-504 foi possível detectar as linhas de [NII], [SII] e H $\alpha$ , que foram usadas na construção do diagrama proposto por Coziol (1999), que relaciona as razões de linhas [NII]/H $\alpha$  e [SII]/H $\alpha$ . Esse diagrama pode ser dividido em duas regiões, uma correspondente às regiões HII, e outra aos Núcleos Ativos de Galáxias (AGNs). Este diagrama não permite a distinção entre os tipos de AGNs (Seyferts I e II e LINERs), mas as regiões que sofrem fotoionização por estrelas são claramente separadas dos AGNs, cuja fonte de ionização não é estelar.

Para a galáxia estudada o diagrama é exposto na Figura 8, onde vemos a separação entre as regiões fotoionizadas pelas estrelas, que estão localizadas no anel, e a região nuclear. As regiões analisadas entre o anel e a galáxia hospedeira estão na região do diagrama correspondente aos AGNs, isso sugere um efeito residual da atividade do nuclear. Portanto podemos assim notar que ao longo do anel todos os pontos correspondem a regiões HII e a galáxia hospedeira é uma AGN. O estudo do núcleo em outras galáxias com anel polar também tem revelado núcleos ativos, como por exemplo em Faúndez-Abans, M. et al. (2009) para a galáxia HRG54103.

Diagrama de Diagnóstico



**Figura 8:** Diagrama de Coziol para galáxia AM2020-504. A estrela correspondente à região nuclear, os quadrados correspondem à região da hospedeira, os triângulos a região sul do anel e os círculos a região norte do anel.

## Conclusão

Com os resultados obtidos podemos concluir que:

- A velocidade sistêmica encontrada foi de  $5045 \pm 23$  Km/s e está de acordo com Whitmore et al. (1987) e Arnaboldi et al. (1993).
- A instabilidade do anel (figura 7) pode ser explicada pela existência de um objeto, atrás da galáxia, que ainda cede material para o sistema.
- A diferença de velocidade ao longo do anel, na região Norte e Sul são da ordem de  $80 \text{ Kms}^{-1}$ . Indicando que o anel não é ainda um corpo relaxado e possivelmente não está em equilíbrio.
- Analisando o núcleo desta galáxia constatamos que se trata de um AGN. As emissões do [SII] e [NII] correlacionado com o H $\alpha$  foram essenciais para elaborar o diagrama de Coziol (1999), usado para se chegar a tal conclusão. Esse é um resultado inédito e de grande importância. As estatísticas de atividade nuclear em PRGs, apesar de muito pobres, indicam que mais de 50% desses objetos tem um AGN (Reshetnikov, 2001).

## Referências:

Arnaboldi,M.: Capaccioli,M.; Barbaro, G.; Buson, L.; Longo, G. **Studies of narrow polar ring around E galaxies. II – The UV spectrum of AM2020-504.** A&A, v.268, p. 103-107, fev. 1993.

Coziol, R.; Reyes, R.E.C.; Considère,S.; Davoust, E. Contini, T. **The abundance of nitrogen in starburst nucleus galaxies.** A&A, v.345, p. 733-746, maio 1999.

Faúndez-Abans,M.; de Oliveira-Abans,M. **On the morphology of peculiar ring galaxies.** A&AS, v.129, p. 357-361, abr. 1998.

Faúndez-Abans,M.;Fernandes, I.F.; de Oliveira-Abans,M.; Poppe, P.C.R.; Martin, V.A.F. **The ring galaxy HRG 54 103: a first study.** A&A, v.507, p. 1303 – 1311, dez. 2009.

Dottori,H.;Mirabel,F;Rodrigues,I. **Formation of Dwarf Galaxies in Tidal Tails and the Contamination of the Intergalactic Medium.** In: S.M.Viega, R. Gruenwald, & R.R. de Carvalho (Ed.). **Young Galaxies and QSO Absorption-Line Systems.** [S.l.:s.n.], 1997. (Astronomical Society of the Pacific Conference Series, v.114), p-71.

Reshetnikov V.P., Faundez-Abans M., de Oliveira-Abans M. **Nuclear spectra of polar-ring galaxies,** 2001, *MNRAS*, 322, 689

Rodrigues, I. **Interações de sistemas estelares. Tese (Doutorado).** Porto Alegre, BR-RS, 1999: Universidade Federal do Rio Grande. Instituto de Física. Curso de Pós-Graduação em Física, 1999.

Viegas, S.M.M. Oliveira. F. de. **Descobrimo o Universo.** São Paulo:EdUSP, 2004.

Whitmore,B.; McElroy, D.; Schweizer, F. **AM2020-5050 – an Elliptical Galaxy with an Outer Ring.** In: P.T. de Zeeuw (Ed.). **Struture and Dinamics of Elliptcal Galaxies.** [Sl.: s.n.], 1987. (IAU Symposium, v. 127), p.413.

Whitmore, B. C.; Lucas, R.A; McElroy, D.B.; Steiman-Cameron, T.Y.;Sachett, P.D.; Olling, R.P. **New observations and a photographic atlas of polar-ring galaxies.** AJ, v.100, p.1489-1522, nov. 1990.